

GEO kompakt

Nr. 28

Die Grundlagen des Wissens

GEO kompakt Intelligenz, Begabung, Kreativität



INTELLIGENZ, BEGABUNG, KREATIVITÄT

Wie genial sich Kinder ihr Wissen aneignen

Was wir von Künstlern lernen können

Wie Erbgut und Erziehung unseren Verstand formen

www.GEOkompakt.de

BIOLOGIE

Wodurch Forscher die
Vernunft enträtseln

ROBOTER

Wann Maschinen schlauer
sein werden als wir

GEFÜHLE

Warum es Streit gibt um die
»Emotionale Intelligenz«

MEDIZIN

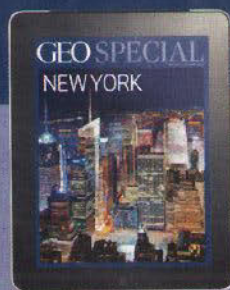
Was Hirndoping
wirklich bringt



Jetzt im Handel

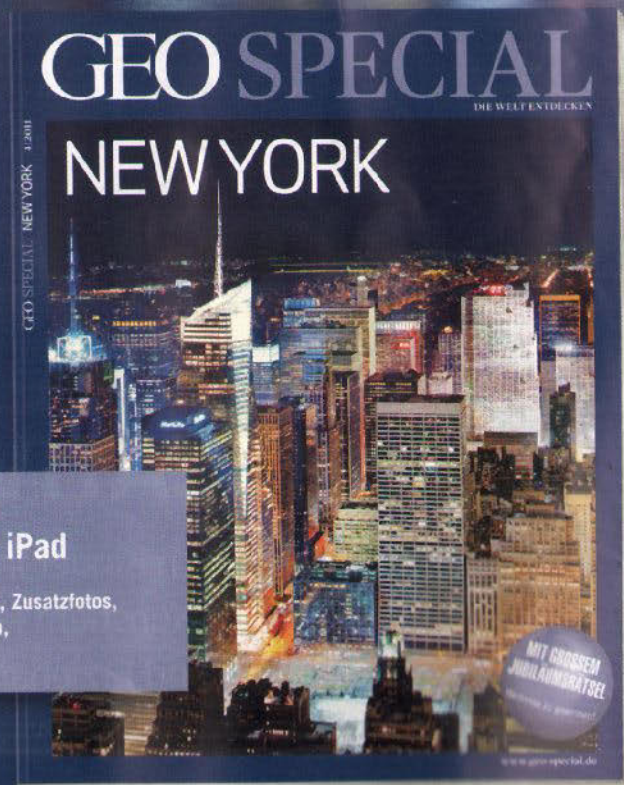


Wir haben uns stark auf die erste Silbe dieser Stadt konzentriert: New York.



Jetzt im App-Store:
Das Heft fürs iPad

- mit Videos, Audios, Zusatzfotos,
- interaktiven Karten,
- noch mehr Tipps





Liebe Leserin, lieber Leser,

der Erfolg des Menschen beruht maßgeblich auf zwei Eigenschaften, in denen er jedes andere Lebewesen auf dem Planeten bei Weitem übertrifft: seiner Intelligenz und seiner Kreativität. Kein anderes Geschöpf verfügt auch nur annähernd über einen derart hohen Verstand, einen so ausgeprägten Scharfsinn sowie die Gabe, hochkomplexe Probleme allein kraft seiner Gedanken zu lösen – und immer wieder Neues zu erfinden.

Als unsere Ahnen vor zweieinhalb Millionen Jahren nach und nach größere Gehirne entwickelten, als sie allmählich lernten, in die Zukunft zu planen, und sie schließlich die Gesetze der Natur immer tiefer durchdrangen, begannen sie auch, die Welt um sich herum gezielt zu verändern. Damit erhoben sie sich über viele Zwänge und Unwägbarkeiten der Umwelt – und nahmen gewissermaßen ihre Evolution selbst in die Hand.

Seither ist der Mensch geradezu getrieben von unentwegtem Schöpferdrang, vom Ziel, sich stetig weiterzuentwickeln, seinen Verstand zu nutzen, um sich selbst zu verstehen und die Welt für seine Zwecke zu gestalten.

Nicht ohne Grund sind es deshalb bis heute genau diese beiden Wesensmerkmale – Intelligenz und Kreativität –, die Menschen mehr begehren als jede andere Eigenschaft und die Forscher mit immer neuen Methoden zu entschlüsseln

versuchen. Schon seit Jahrhunderten spüren sie den Wurzeln des Verstandes nach. Den Quellen der Kreativität. Den besonderen Eigenarten, die dem Genie innewohnen.

Psychologen und Sozialwissenschaftler, Informatiker, Biochemiker und Hirnforscher fragen sich etwa, weshalb Menschen überhaupt unterschiedliche Talente besitzen. Warum der eine besonders scharfsinnig ist, der andere hochmusikalisch oder sprachbegabt.



Der Biologe Rainer Harf hat das Konzept für diese Ausgabe erarbeitet

Herzlich Ihre

Rainer Harf

Heftredakteur

Und sie versuchen herauszufinden, wie sich kognitive und kreative Fähigkeiten erkennen und fördern lassen. Dafür entwerfen Wissenschaftler immer ausgefeiltere Tests zur Vermessung von Intelligenz und Kreativität.

Sie suchen nach Genen und Hormonen, die unser Denkvermögen steuern, die uns geistig schnell oder schwerfällig machen. Sie untersuchen, ob sich die neuronalen Schaltkreise von Hochbegabten und Durchschnittsbürgern unterscheiden.

Pharmakologen entwickeln Substanzen, die den Verstand anregen sollen und Menschen vermeintlich besser lernen lassen. Computerspezialisten versuchen, den menschlichen Geist immer besser virtuell zu simulieren und Maschinen zu entwerfen, die vernunftbegabt, ja vielleicht sogar intelligent sind. Und möglicherweise – so zumindest sagen es einige Zukunftsforscher voraus – wird es irgendwann sogar dazu kommen, dass Roboter klüger sein werden als Menschen.

In diesem Heft präsentieren wir Ihnen unter anderem den neuesten Stand der Forschung zu der Frage, was Intelligenz überhaupt ist, wie sich Begabung fördern lässt – und was das Geheimnis der Kreativität ist. Darüber hinaus kommen in ausführlichen Interviews drei der renommiertesten deutschen Wissenschaftler zu Wort: der Neurobiologe Prof. Dr. Gerhard Roth (darüber, wie man Kinder am besten fördert), der Paläoanthropologe Prof. Dr. Nicholas Conard (über den Sinn der Kunst für den Steinzeitmenschen) sowie der Informatiker Prof. Dr. Frank Kirchner (über die Möglichkeiten und Grenzen der Künstlichen Intelligenz).

Viel ist in den vergangenen zwölf Monaten über das Wesen und die Herausbildung von Intelligenz diskutiert worden – ausgelöst nicht zuletzt durch die umstrittenen Thesen Thilo Sarrazins. Das vorliegende Heft soll Ihnen helfen, zwischen Sinn und Unsinn in dieser Diskussion zu unterscheiden.

Michael Steger

Chefredakteur



006 Wunderwerk Hirn: Wie aus biologischer Materie ein wacher Geist entsteht, der es den Menschen ermöglicht, die Welt zu begreifen.



030 Mit modernster Technik versuchen Wissenschaftler, das Zusammenspiel der Nervenzellen in unserem Gehirn zu entschlüsseln.



084 Manche Vögel übertreffen an Scharfsinn selbst Affen und Delfine. Was macht ihre winzigen Denkgorgane so einzigartig?



060 Der Bremer Hirnforscher Gerhard Roth erklärt, wie Kinder ihren Intellekt optimal entfalten und zu Bildungserfolg gelangen.



106 Werden Mikrochips dereinst klüger sein als der Mensch? Der Roboter-Experte Frank Kirchner über intelligente Maschinen.



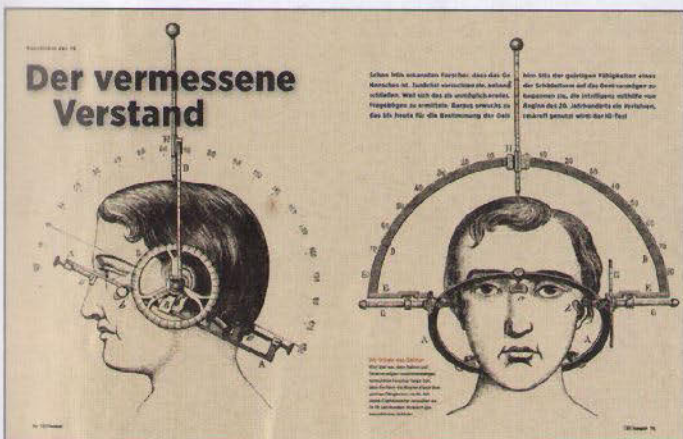
118 Wie entsteht Kreativität? Was fördert, was hemmt sie? Und kann jeder die schöpferische Energie in sich wecken?



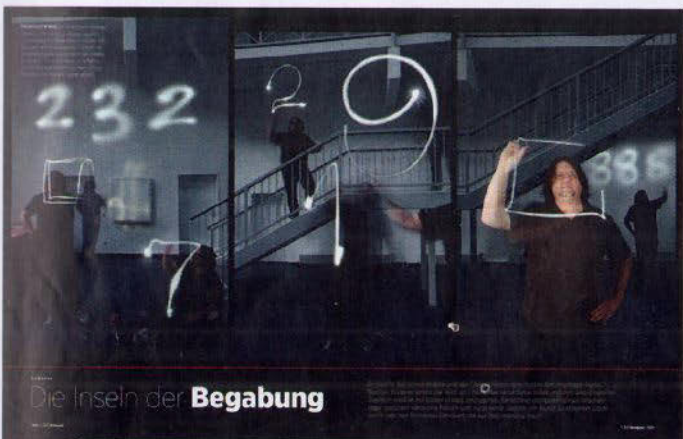
Die Geburt der Gedanken

Um ihren Verdienst zu fördern, gehen Babys ähnlich vor wie Wissenschaftler: Sie experimentieren. Jede einzelne Erkenntnis, die über die Welt gewonnen wird, beruht auf unperfektem Gelingen. Erst vor Kurzem haben Forscher herausgefunden, wie die überaus grobe Modellierung des Menschen aussieht.

046 Jede Erkenntnis, die Kinder über die Welt gewinnen, hinterlässt Spuren im jungen Gehirn. So reift, nach und nach, ihr Verstand.



074 Lange schlossen Forscher anhand der Schädelform auf das Denkvermögen. Bis der **Franzose Alfred Binet** den Intelligenztest schuf.



Die Inseln der **Begabung**

130 George Widener ist Autist – und zugleich superbegabt. Erst als er Künstler wurde, fand er seinen Weg im Leben.

PROLOG

Weshalb unser Körper schlau ist, Tiere im Schwarm
eine eigene Form von Intelligenz entwickeln und keine
Nervenzelle in unserem Kopf einer anderen gleicht

INTELLIGENZ

Was ist Intelligenz? Psychologen und Neuroforscher ergründen das Wesen der menschlichen Geisteskraft **20**

Die Anatomie des Scharfsinns Wie 100 Milliarden Nervenzellen ein denkendes Selbst hervorbringen **30**

Was Hirndoping wirklich bringt Viele Menschen schlucken Pillen, um besser zu denken – meist ohne Erfolg **41**

Studien: Wie das Leben uns prägt Die Wirkung von Musik, Meditation und Sport auf das Gehirn **58**

Der vermessene Verstand Auf welche Weise Psychologen das Standardmaß für die Intelligenz entwickelten: den IQ **74**

Was sie wohl denken? Obwohl sie nur kleine Gehirne haben, gehören Vögel zu den intelligentesten Tieren der Welt **84**

Tiere und ihre kognitiven Leistungen Welche Vielfalt an Denkorganen die Natur in Jahrmillionen hervorgebracht hat **94**

Der Geist aus Silizium Werden uns Roboter geistig übertreffen? Der Experte Frank Kirchner über Künstliche Intelligenz **106**

Forschung: Warum Sport schlau macht Wie Bewegung und Ernährung den Verstand formen **116**

Von schnellen und schweren Hirnen Zahlen, Zahlen, Zahlen zum Phänomen Intelligenz **152**

BEGABUNG

Die Geburt der Gedanken Wie sich Jungen und Mädchen Wissen aneignen und ihre Geisteskraft ausbauen **46**

Gene und Erziehung Der renommierte Hirnforscher Gerhard Roth erklärt, wie man Kinder am besten fördert **60**

„Emotionale Intelligenz“ Warum manche Menschen besonders begabt sind, sich in andere einzufühlen

KREATIVITÄT

Das Atelier im Kopf Forscher enträtseln, was im Hirn geschieht, wenn uns ein Geistesblitz ereilt **118**

Die Inseln der Begabung Wie ein Genie die Welt sieht und was wir daraus lernen können **130**

Weshalb der Mensch die Kunst erfand Der Paläoanthropologe Nicholas Conard über die ältesten Kunstwerke der Welt **144**

Bildnachweis 143

Impressum	143
-----------	-----

Vorschau: »Der Urknall« 154

Redaktionsschluss: 25. August 2011

Alle Fakten und Daten in diesem Heft sind vom GEOkompakt-Verifikationsteam auf

ihre Präzision, Relevanz und Richtigkeit überprüft worden.

Weitere Informationen zum Thema und Kontakt zur Redaktion unter www.geokompakt.de

Titelbild: Illustration von
Tim Wehrmann



Wie unser Geist die Welt bewegt

Unser Gehirn ist ein
WUNDERWERK aus Milliarden
Zellen, die Magisches vollbringen:
Sie erschaffen aus Materie einen wachen
Geist. Ein intelligentes **SELBST**, das
Zusammenhänge begreift, unzählige
Ereignisse erinnert, Probleme löst – und
sich **GEDANKEN** darüber macht,
wie überhaupt Gedanken
entstehen

Texte: Rainer Harf

Um ihren Verstand optimal zu entfalten, brauchen Heranwachsende zahlreiche geistige Anregungen: Im Spiel lernen sie, Strategien zu entwerfen und sich in Mitmenschen hineinzusetzen





Geistige Artenvielfalt

Lange vermutete man, nur der Mensch verfüge über einen Verstand. Heute ist klar, dass sich viele Tiere Gedanken machen und komplexe Probleme lösen können: Sie ersinnen beispielsweise Tricks, um an Nahrung zu gelangen, und können sogar Symbole verstehen.



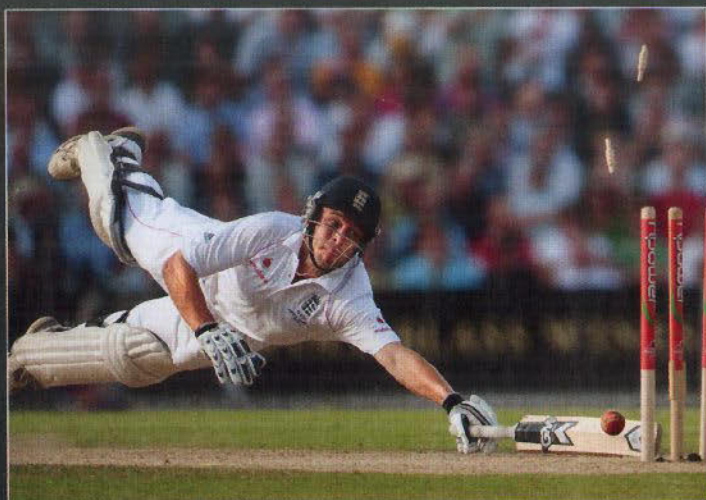
Kapuzineraffen zählen zu den intelligentesten aller Tiere. Die südamerikanischen Primaten benutzen Werkzeuge: Mit schweren Steinen schlagen sie hartschalige Nüsse auf.



Delfine verfügen über ein ausgezeichnetes Gedächtnis, kommunizieren mithilfe komplexer Pfeiflaute und haben – wie nur wenige Tiere – ein Bewusstsein ihrer selbst.



Kraken gehören zu den wirbellosen Tieren, doch sie besitzen erstaunliche kognitive Fähigkeiten: Sie erkennen, wenn sich in einem Behälter Futter befindet, und schrauben den Deckel ab.



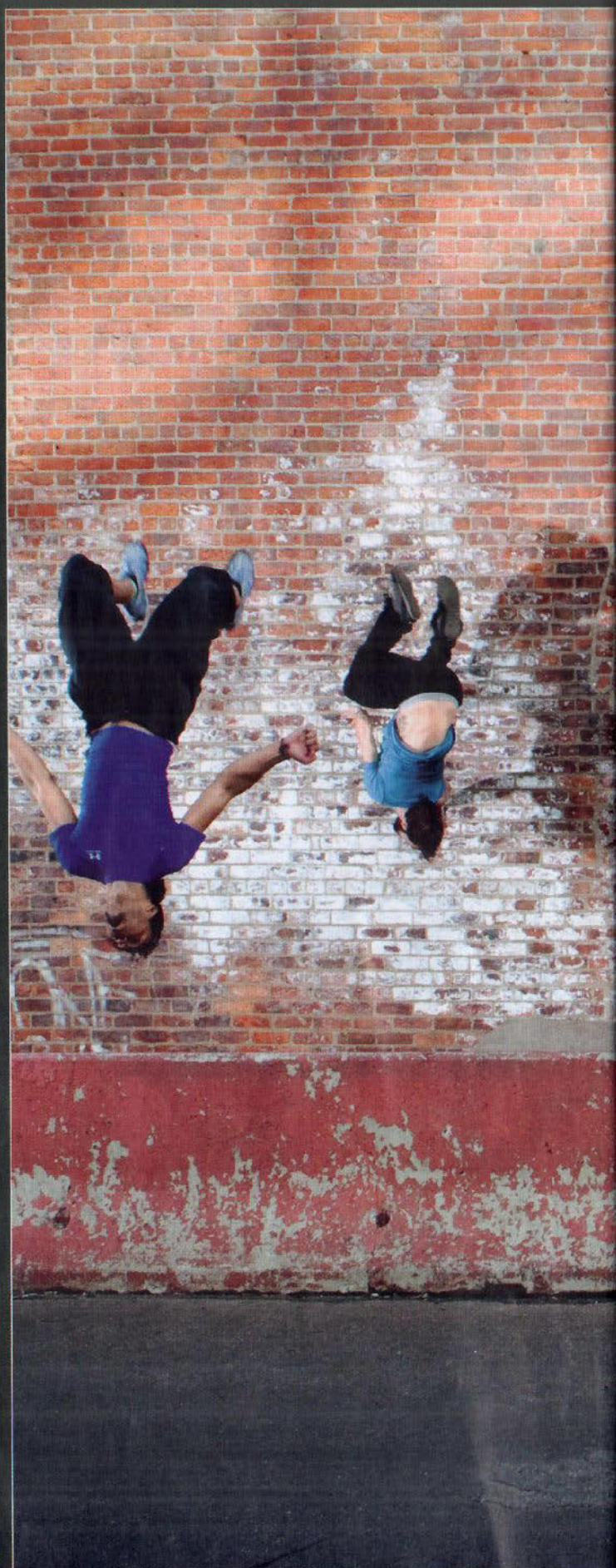
Der Körper denkt mit

Intelligenz entsteht aus dem Wechselspiel zwischen Hirn, Körper und Umwelt: Arme und Beine, Augen und Ohren senden ständig Reize ans Denkorgan, das diese verarbeitet und Befehle an die Muskeln schickt. Nur so können wir uns sinnvoll in der Welt bewegen.

■ Geistige Höchstleistung: Die Stellung der Gelenke im Sprung einzuschätzen, die richtigen Muskeln anzuspannen und das Gleichgewicht zu halten erfordert komplexe Denkprozesse.

■ Manche Menschen verfügen über ein ausgezeichnetes Ballgefühl: Sie vermögen – wie dieser Kricketspieler – in Sekundenbruchteilen zu entscheiden, wohin sie springen müssen.

■ Damit ein Schwimmer möglichst schnell durchs Wasser gleitet, muss sein Gehirn sekundlich Millionen Informationen auswerten und die komplexen Bewegungsabläufe koordinieren.









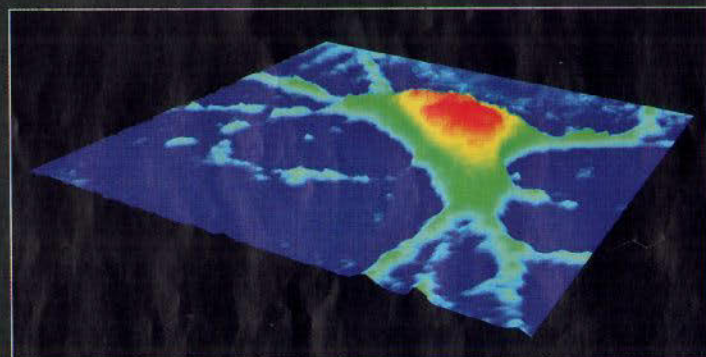
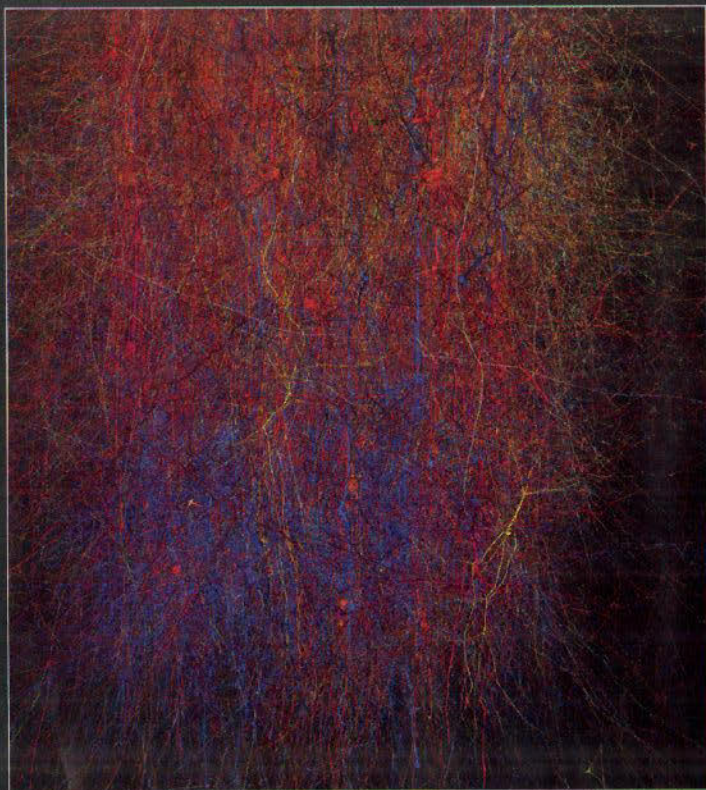
Die Entdeckung des Wissens

Die rasante Entwicklung der Geisteskraft ist der wohl erstaunlichste Prozess im Leben eines jeden Menschen: Innerhalb weniger Jahre lernen Kinder sprechen, schreiben, rechnen; sie vermögen komplexe Geschichten zu erzählen und abstrakte Gedanken nachzuvollziehen.

■ Müheless folgen Kinder dem Puppenspiel. Dabei leistet ihr Hirn Verblüffendes: Es verleiht den leblosen Holzfiguren verschiedene Charaktere und versetzt sich obendrein in sie hinein.

■ Immer dann, wenn Kinder etwas Neues dazulernen, sich etwa die Bilder eines „Memory“-Spiels merken, bilden sich neue Verschaltungen zwischen den Nervenzellen im reifenden Hirn.

■ Mit etwa sechs Jahren entwickeln Kinder ein „Quellengedächtnis“: Sie wissen, woher sie eine Information haben, etwa aus dem Internet, und schauen bei Bedarf noch einmal nach.



Die Bausteine der Gedanken

Forscher haben viele jener komplexen biophysikalischen Prozesse entschlüsselt, die in unserem Hirn ablaufen. Sie können erklären, wie Nervenzellen Impulse erzeugen, welche Stoffe sie produzieren – doch wie genau ein Gedanke entsteht, ist immer noch ein Rätsel.



Neurone besitzen stets einen Zellkörper (rechts unten), viele dünne Verzweigungen, die Reize aufnehmen – und meist einen längeren Fortsatz, mit dem sie Signale weiterleiten.

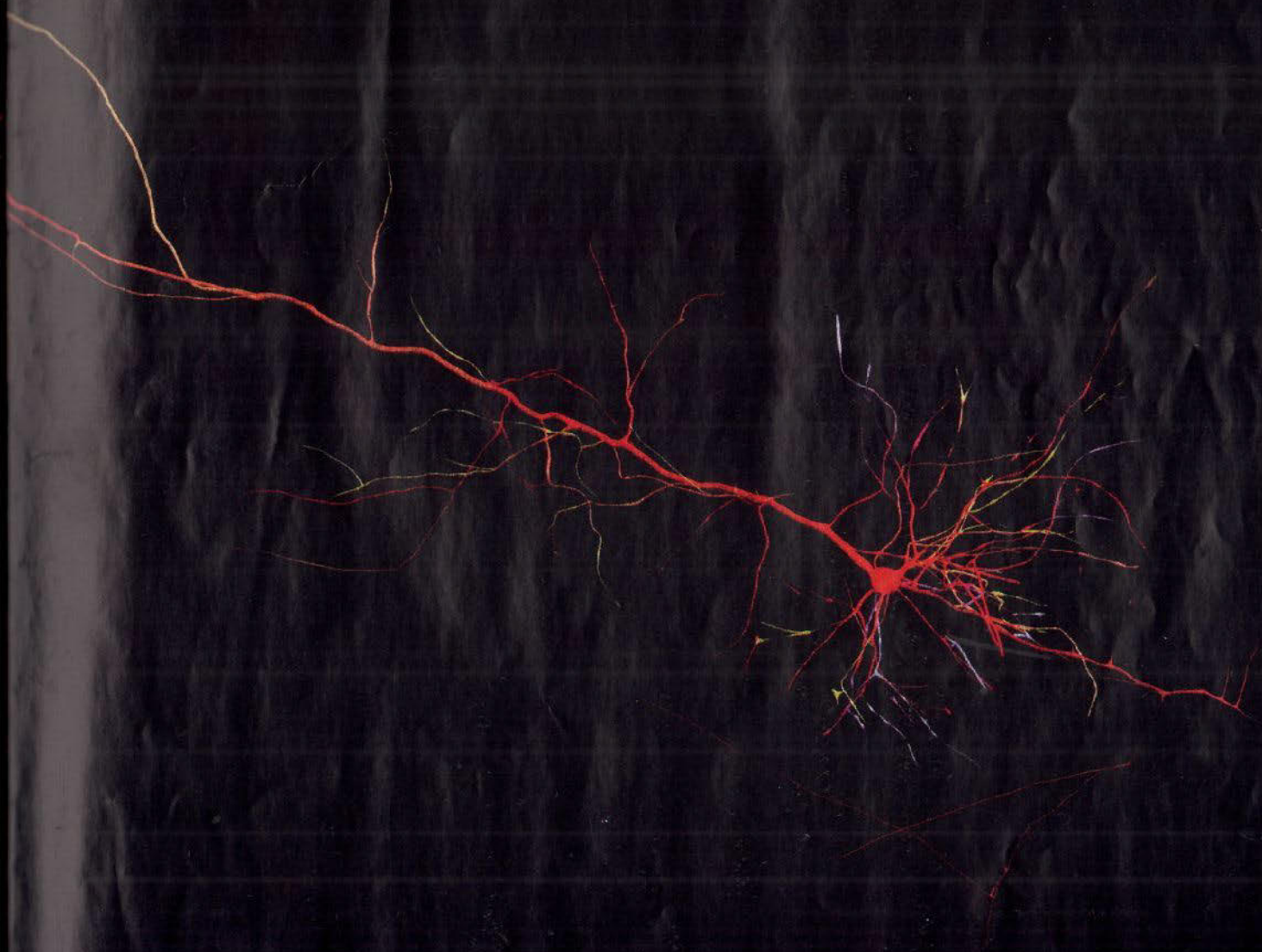


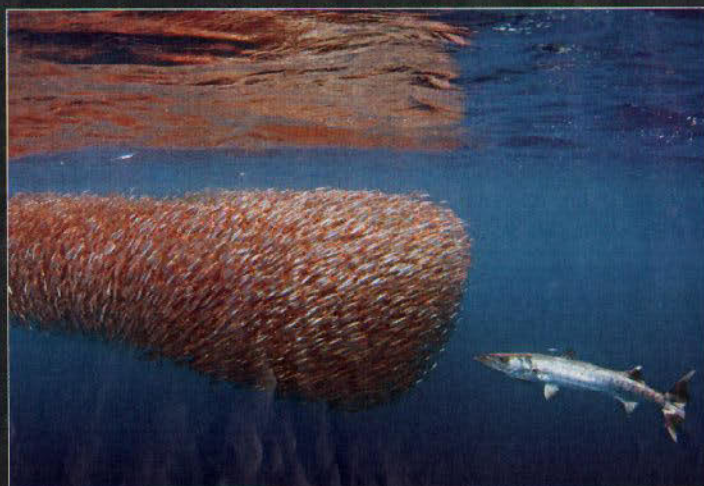
Diese Darstellung des „Blue Brain Projects“, Lausanne, zeigt die komplexe Verdrahtung in der Hirnrinde: Jedes Neuron baut Tausende Schaltstellen zu anderen Nervenzellen auf.



Die Topografie einer Zelle: Ein technisches Verfahren erlaubt es, lebende Nervenzellen (farbig auf blauem Untergrund) hochauflösend mit dem Mikroskop zu beobachten.







Klug in der Masse

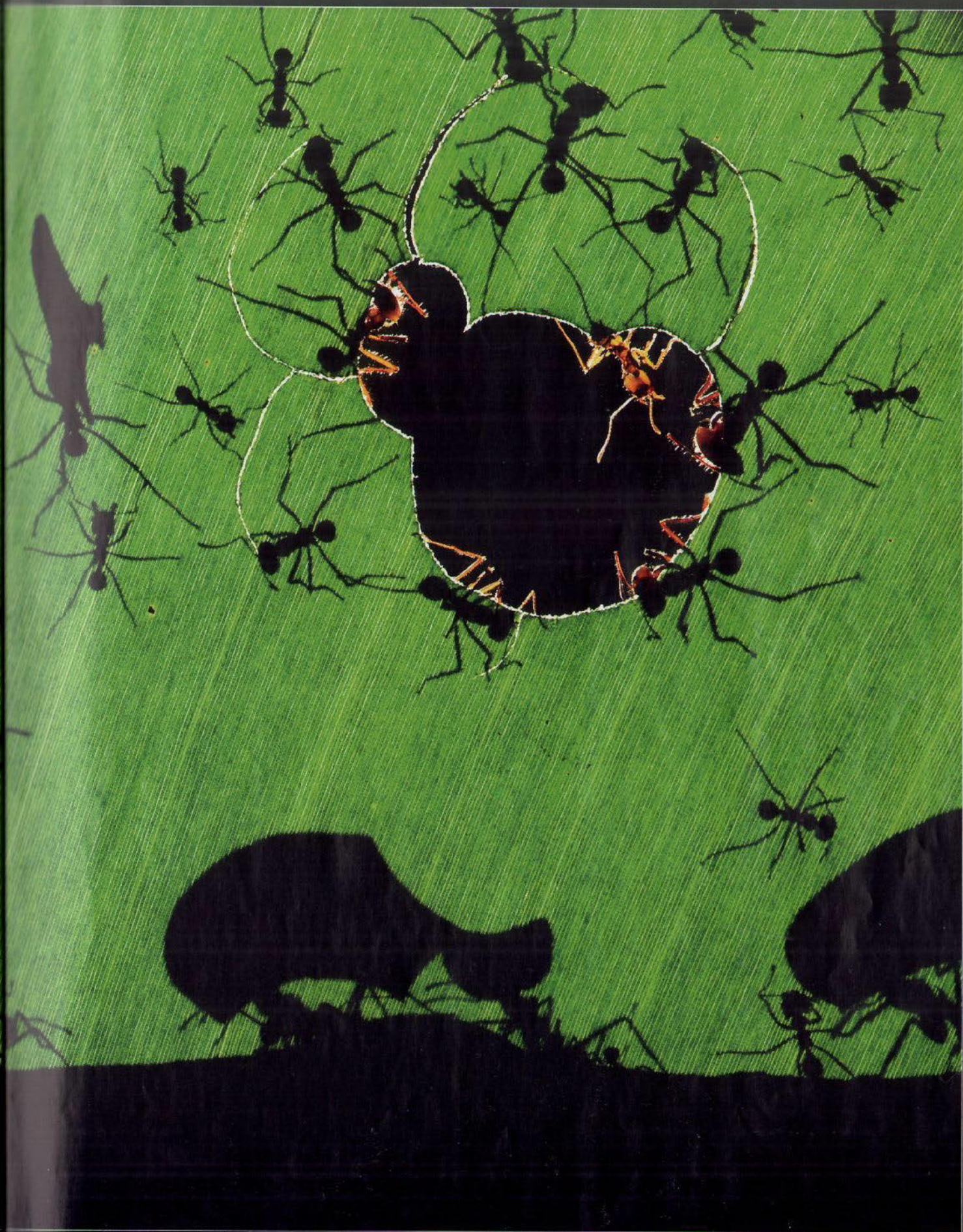
Viele Tiere vermögen als Einzelgänger nicht zu überleben: Sie können keine Feinde abwehren, kein Nest bauen, finden keine Nahrung. Diese Fähigkeiten erlangen sie erst im Schwarm, einem Gebilde, das einem riesigen Organismus gleicht und – wie Wissenschaftler meinen – eine eigene Verstandesform hervorbringt: Schwarmintelligenz.

■ Blattschneiderameisen bilden Staaten von Abermillionen Tieren, die perfekt im Team arbeiten: Manche zerschneiden Blätter und bringen sie zum Bau, wo andere das Grünzeug verarbeiten.

■ Schwarmfische (hier Großmaulmakrelen) reagieren sofort auf ihre Nachbarn: Hat ein Fisch etwa Nahrung gefunden, bewegt sich die gesamte Gruppe in die entsprechende Richtung.

■ Schlau im Schwarm: Einen einzelnen Hering könnte der Barrakuda leicht verfolgen und fressen – die Choreografie des Schwarms jedoch verwirrt den Raubfisch.










Begabung in Höchstform


Manche Kinder können schon mit vier Jahren komplexe Gleichungen lösen, lernen schnell mehrere Sprachen oder bringen sich in kurzer Zeit das Klavierspielen bei. Die Förderung Höchstbegabter aber ist schwierig: Sie können soziale Defizite entwickeln.

 **IQ 228:** Als Mädchen erzielte die heute 65-jährige Marilyn vos Savant den höchsten je gemessenen IQ. Ob Werte über 150 aber noch aussagekräftig sind, bezweifeln Forscher.

 **Musikalisch Hochbegabte** zeigen oft auch mathematisches Talent. Daniil Boiko, Sohn russischer Eltern, komponierte eine Oper, schreibt aber auch Computerprogramme

 **Schon mit vier Jahren** malte die in Binghampton, New York, geborene Marla Olmstead virtuöse Bilder, die aus der reifen Hand eines erfahrenen Künstlers zu stammen scheinen. □





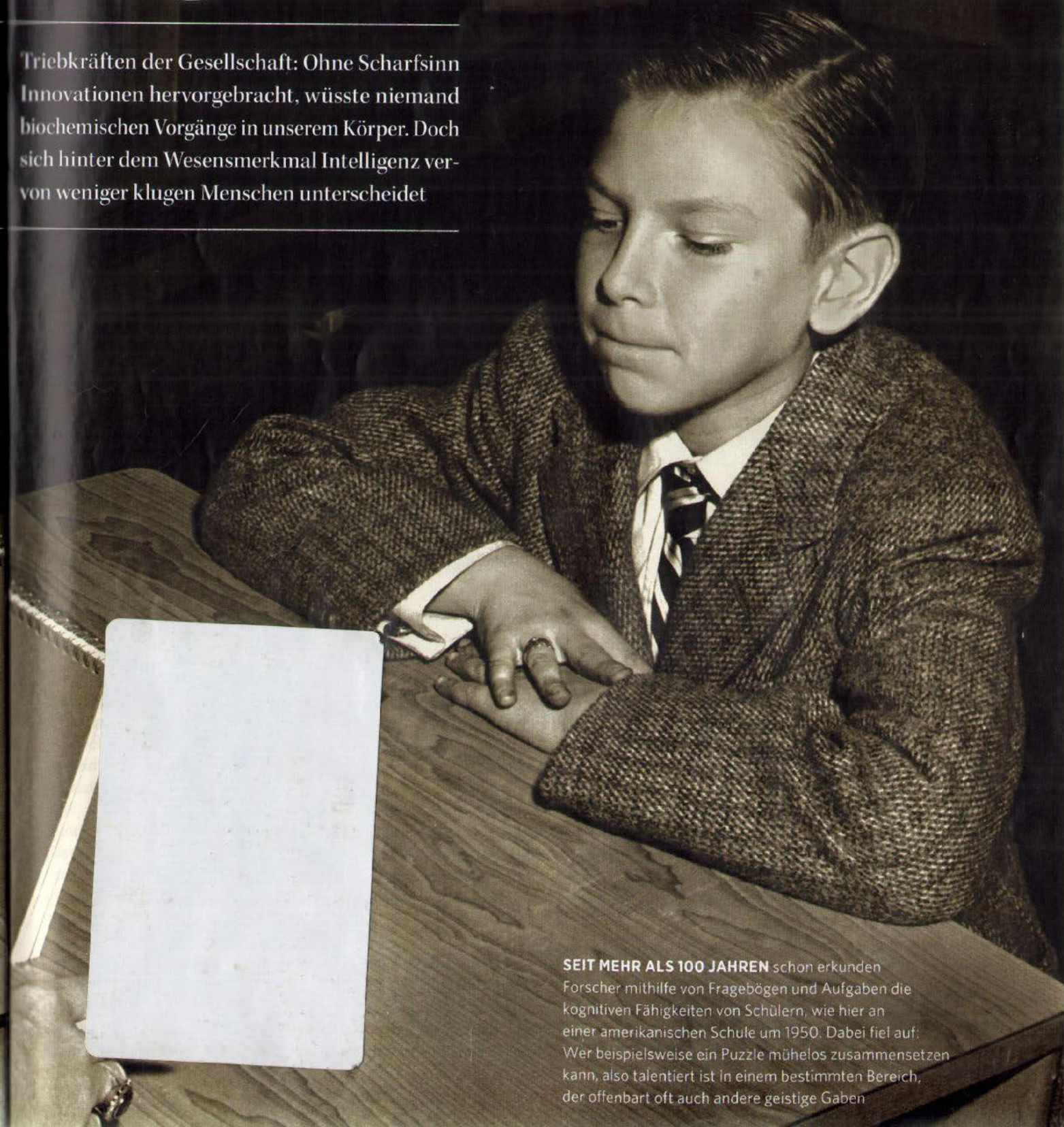
Neuropsychologie

Was ist **Int**

Seit jeher zählt der Verstand zu den stärksten
hätten unsere Vorfahren keine technischen
Bescheid über die Gesetze der Physik oder die
noch immer streiten Forscher darüber, was genau
birgt, wie es entsteht – und was scharfsinnige

Intelligenz?

Triebkräften der Gesellschaft: Ohne Scharfsinn Innovationen hervorgebracht, wüsste niemand biochemischen Vorgänge in unserem Körper. Doch sich hinter dem Wesensmerkmal Intelligenz von weniger klugen Menschen unterscheidet



SEIT MEHR ALS 100 JAHREN schon erkunden Forscher mithilfe von Fragebögen und Aufgaben die kognitiven Fähigkeiten von Schülern, wie hier an einer amerikanischen Schule um 1950. Dabei fiel auf: Wer beispielsweise ein Puzzle mühelos zusammensetzen kann, also talentiert ist in einem bestimmten Bereich, der offenbart oft auch andere geistige Gaben

S

chleimpilze sind denkbar simple Geschöpfe: Sie besitzen weder Kopf noch Glieder, manche bestehen nur aus einer riesigen Zelle und sehen aus wie schmierige Farbkleckse, die über den Waldboden kriechen. Und obwohl sie kein Gehirn haben, ja nicht einmal eine einzige Nervenzelle, scheinen sie dennoch recht komplexe Probleme lösen zu können.

Das zeigte sich, als der Japaner Toshiyuki Nakagaki einen Schleimpilz in den Eingang eines Labyrinths setzte. An dessen Ausgang platzierte er Haferflocken, ein begehrtes Futter. Wie geschickt sich ein Wesen in diesem Test dabei anstellt, den Weg durch die verzweigten Gänge zu finden, gilt in der Verhaltensbiologie als guter Indikator dafür, wie intelligent es ist.

Der hirnlose Einzeller meisterte die Aufgabe mit Bravour: Er fand den Weg zu den Haferflocken – und wählte sogar die kürzeste Route.

Sind Schleimpilze also intelligent? Verfügen sie demnach über eine Eigenschaft, die wir gemeinhin nur bei hoch entwickelten Geschöpfen erwarten? Wohl eher nicht.

Oder doch?

Es ist erstaunlich, dass die meisten Menschen diese Frage nicht auf Anhieb beantworten können. Im Alltag denken wir offenbar selten darüber nach, wie Intelligenz definiert wird – was verblüffend ist: Denn kaum ein anderes Wesensmerkmal prägt unser Leben so mächtig, lenkt unseren Werdegang so

Text: Ute Eberle

entscheidend. Ob ein Mensch für intelligent gehalten wird oder nicht, bestimmt heutzutage in modernen Gesellschaften meist, welche Schule er besuchen darf, ob er studiert, welchen Beruf man ihn ausüben lässt, ob er Karriere macht. Oftmals auch, mit wem er verkehrt, welchen Freundeskreis er aufbaut, welchen Partner er findet.

Mit anderen Worten: welches Dasein er führt.

So trafen in den 1920er Jahren Tausende, die wegen der Wirtschaftskrise in die USA emigrieren wollten, auf US-Einwanderungsbeamte, die von den Behörden den Auftrag erhalten hatten, die potenziellen Immigranten auf deren Intelligenz zu prüfen – und jeden, den sie für „zu dumm“ hielten, zurückzuschicken.



DER 1916 VON DEM US-PSYCHOLOGEN Lewis Terman entwickelte »Stanford-Binet-Test« (hier eine Version von 1937) umfasste 90 Aufgaben und soll besonders geeignet gewesen sein, hochbegabte Kinder zu identifizieren

Der Verstand eines Menschen kann sogar über Schuld und Unschuld, über Leben und Tod entscheiden. So wird in manchen Staaten, in denen es noch die Todesstrafe gibt, eine Hin-

richtung mitunter ausgesetzt, wenn der Verdacht besteht, der Täter sei nicht intelligent genug gewesen, um seine Tat richtig einzuschätzen.

SEIT JEHER zählt der Verstand zu den wichtigsten Werten der Gesellschaft – und zu einer ihrer stärksten Triebkräfte. Schließlich gründet unsere Zivilisation auf der Denkleistung intelligenter Menschen. Ohne Scharfsinn hätten unsere Vorfahren weder Ackerbau noch Viehzucht erfunden, hätten keine Städte erbaut, keinerlei technische Innovation hervorgebracht.

Niemand hätte sich je kluge Gedanken gemacht über den Sinn des Seins, niemand wüsste etwas über die Gesetze der Physik, den Aufbau des Universums, über die Wirkkraft von Arzneimitteln, die biochemischen Vorgänge in unserem Körper. Oder über die Evolution – also letztlich unsere Herkunft.

Wohl kaum eine andere Eigenschaft begehren Menschen daher mehr als Intelligenz. „Man darf fast alles über die Kinder anderer Leute sagen – dass sie faul, frech, aggressiv, nervös, zerknirscht oder schüchtern sind“, schreiben die Kognitionsforscher Rolf Pfeifer und Josh Bongard: „Aber bloß nicht, dass sie unintelligent sind!“

All dies setzt eines voraus: dass wir überhaupt wissen, was Intelligenz eigentlich ist.

Die Antwort darauf mag zunächst recht einfach erscheinen.

Der Begriff Intelligenz leitet

sich vom lateinischen Verb „intelligere“ („einsehen“, „verstehen“) ab. So kann man diese Eigenschaft vereinfachend als die Gabe ansehen, möglichst schnell Informationen aufzunehmen und zu



IM EINWANDERERZENTRUM VON ELLIS ISLAND, New York, prüften Anfang des 20. Jahrhunderts Beamte die Intelligenz potenzieller Immigranten. Wen sie für minderbegabt hielten, den schickten sie zurück

verarbeiten, Zusammenhänge herzustellen, Probleme zu lösen – kurz: schlussfolgernd zu denken.

Doch was genau verbirgt sich hinter dieser Fähigkeit? Wie entsteht Intelligenz? Was unterscheidet scharfsinnige von weniger klugen Menschen? Wo in unserem Kopf ist der Verstand untergebracht? Und beschränkt er sich allein auf unser Gehirn?

Seit Langem schon beschäftigen sich Psychologen und Bildungsexperten, Biologen, Informatiker und Neurowissenschaftler mit diesen Fragen. Das aber stellt sie vor Probleme. Denn Intelligenz kann man weder greifen noch

riechen, weder schmecken noch ertasten oder sehen.

Daher gestaltet sich ihre Erforschung so kompliziert wie die des Bewusstseins. Die Experten versuchen gewissermaßen nichts Geringeres, als das

Wo in unserem Kopf
ist der **Verstand**
lokalisiert? Beschränkt
er sich allein auf
das Gehirn?

Wesen von etwas Wesenlosem zu ergründen. Einer strukturlosen Macht Struktur zu verleihen. Zudem ist Intelligenz nicht bloß eine unsichtbare Erscheinung – sondern eine der vielschichtigsten überhaupt.

Und schließlich urteilen Menschen in verschiedenen Kulturen höchst unterschiedlich darüber, ob ein Mitbürger über einen hohen Verstand verfügt; nicht jeder, der beispielsweise in der westlichen Welt als schlau gilt, wird auch überall sonst so angesehen.

„Bei den Buschmännern in Australien“, so der renommierte Intelligenzforscher Detlef Rost von der Universität Marburg, „würde ein in



DIE ERSTEN STANDARDISIERTEN Intelligenztests wurden während des Ersten Weltkriegs entwickelt und bei der Auswahl neuer Rekruten für die US-Armee eingesetzt

unserer Gesellschaft hochgeschätzter und als besonders intelligent angesehener Informatiker vermutlich jämmerlich versagen und wäre kaum lebensfähig.“

Selbst bestimmte Charakterzüge werden je nach Kulturkreis gänzlich anders ausgelegt.

Tratschen etwa gilt in der westlichen Welt zwar als unhöflich, aber nicht unbedingt als dumm. Bei manchen Völkern dagegen schon: Dort zeichnet es intelligentes Verhalten unter anderem aus, wie geschickt jemand innerhalb einer Gruppe für Harmonie sorgt.

Beim Volk der Luo in Kenia gibt es gleich vier Wörter, die sich auf Intelligenz beziehen. Dabei bezeichnet allein der Begriff *rieko* eine der westlichen

Vorstellung ähnliche intellektuelle Kompetenz. Die Worte *luoro* und *winjo* dagegen beschreiben, wie respekt- und rücksichtsvoll jemand mit seinen Mitmenschen umgeht. Und *paro*, ob er begonnene Vorhaben auch zu Ende führt.

Chinesische Taoisten wiederum sehen Selbsterkenntnis und Bescheidenheit als wichtige Intelligenzfaktoren. Und für Menschen in Estland zählt dazu, wie emotional stabil jemand ist, wie gewissenhaft und weltoffen.

Was exakt sich hinter dem Phänomen Intelligenz verbirgt, ist deshalb eine der verwirrendsten Fragen der modernen Wissenschaft. Mittlerweile aber gewinnen Forscher ein immer

genaueres Bild davon, was unseren Verstand – zumindest aus westlicher Sicht – kennzeichnet.

DAMIT EIN WESEN überhaupt eine Form von Intelligenz besitzt, darin sind sich die Wissenschaftler einig, muss es Eindrücke aufnehmen und speichern, es muss Informationen abrufen und verknüpfen können. Zudem stellt es seinen Verstand gewöhnlich unter Beweis, indem es Probleme löst.

Vor einigen Jahren einigten sich 52 international angesehene Experten auf folgende Beschreibung der menschlichen Geisteskraft: „Intelligenz ist eine sehr allgemeine geistige Kapazität, welche die Fähigkeit zum schluss-

folgenden Denken, zum Planen, zur Problemlösung, zum abstrakten Denken, zum Verständnis komplexer Ideen, zum schnellen Lernen und zum Lernen aus Erfahrung umfasst.“

Dieser Auffassung liegt ein Phänomen zugrunde, das Wissenschaftlern bereits vor mehr als 100 Jahren auffiel: War ein Schüler in einem bestimmten Bereich talentiert – konnte er beispielsweise mühelos Zahlenkolonnen addieren –, offenbarte er häufig auch andere geistige Fähigkeiten, er drückte sich etwa besonders gewandt aus. Es fiel ihm leicht, eine Fremdsprache zu erlernen, oder er fand flink Wege, um komplizierte Knoten zu lösen.

Sprach ein Schüler dagegen holprig, dann rechnete er oft auch schlecht, konnte sich schwer Vokabeln einprägen und zeigte häufig ein unzureichendes Verständnis für Gesetzmäßigkeiten.

Aus dieser Beobachtung erwuchs schließlich eine Theorie, die bis heute unter Wissenschaftlern die mit Abstand größte Zustimmung findet. Sie besagt, dass jeder Mensch eine Art geistige Energie besitzt – die allgemeine (oder „fluide“) Intelligenz –, die jedoch individuell unterschiedlich stark ausgeprägt ist.

Daraus speist sich die kognitive Leistungsfähigkeit jedes Einzelnen – also die Schnelligkeit und Effektivität, mit denen jemand Informationen verarbeitet: wie leicht er lernt, wie rasch er logische Zusammenhänge herstellen kann oder wie verlässlich er sich neues Wissen einzuprägen vermag.

Die allgemeine Intelligenz wiederum bildet die Basis für die bereichsspezifische (oder „kristalline“) Intelligenz. Darunter verstehen Wissenschaftler unsere spezifischen Begabungen oder Talente, zum Beispiel verbale Fertigkeiten wie etwa Sprachgefühl, mathematisches Geschick oder räumliches Vorstellungsvermögen – also die von Mensch zu Mensch unter-

Das gängigste aller Intelligenzmodelle lässt sich mit dem Wachstum eines Baumes vergleichen

schiedliche Gabe, in bestimmten Bereichen Kenntnisse zu erwerben, Kompetenz zu entwickeln und schließlich eine Art Expertenwissen („kristallines Wissen“) aufzubauen.

Man kann dieses gängigste aller Intelligenzmodelle mit dem Wachstum eines Baumes vergleichen. Die allgemeine Intelligenz entspricht demnach einem fruchtbaren Humusboden, aus dem gewissermaßen der Strunk des Verstandes sprießt. Von dessen Dicke hängt die Ausprägung der bereichsspezifischen Intelligenz ab. Denn der Stamm verzweigt sich in die Talente

Stamm und damit auch dickere Äste, die wiederum eine mächtigere Krone entwickeln.

Menschen mit wenig allgemeiner Intelligenz bilden einen vergleichsweise schlanken Stamm, aus dem dünnere Äste ragen. Die Krone bleibt schlichter, karger.

VOR ALLEM unter Bildungsforschern und Psychologen genießt dieses Modell eine breite Unterstützung und stellt das Fundament für die meisten gebräuchlichen Intelligenztests. In diesen Tests wird die Geistesstärke unter anderem dadurch gemessen, dass Probanden Rechenaufgaben lösen, Reimwörter finden, Buchstabenfolgen ergänzen oder eine Reihe unterschiedlicher Muster sinnvoll um ein weiteres Symbol vervollständigen.

Dabei hat sich gezeigt, dass wir uns Daten und Zusammenhänge je nach Tagesform mal besser, mal weniger gut merken können. Sind wir beispielsweise müde, vermögen wir uns schlechter zu konzentrieren, und unser Verstand lässt nach.

Fühlen wir uns überarbeitet, ist unser „Arbeitsgedächtnis“ kleiner: Wir können dann nicht mehr so viele Informationen wie sonst gleichzeitig im Kopf behalten – was dazu führt, dass uns komplexe Denkvorgänge mehr Mühe bereiten.

Ansonsten aber ist die allgemeine Intelligenz eines Menschen verblüffend stabil: Studien belegen, dass sich die Werte im Laufe eines Lebens nur wenig ändern.

Darüber hinaus haben Forscher herausgefunden, dass ein Intelligenztest überraschend verlässlich voraussagen kann, wie sich das Leben des Probanden entwickeln wird: Wie empirische Studien belegen, üben Menschen mit hoher allgemeiner Intelligenz eher als durchschnittlich begabte Mitbürger angesehene Berufe aus, genießen höhere Einkommen und leben in sozial stabileren Verhältnissen.



BEI DIESEM TESTVERFAHREN, das der Brite John Raven 1936 erfand, sollten Kinder vorhandene Muster verstehen und fehlende Teile aus einer Reihe von Möglichkeiten ergänzen

und Begabungen. Freilich sind nicht alle Äste exakt gleich dick, alle Begabungen gleich stark ausgeprägt. Doch wer über viel allgemeine Intelligenz verfügt, der bildet einen kräftigeren

Menschen mit niedrigerer allgemeiner Intelligenz dagegen sind der Statistik nach häufiger arbeitslos und von Armut bedroht, leben überdurchschnittlich oft in Scheidung. Sie werden zudem eher kriminell, verbüßen mehr Gefängnisstrafen. Und sie sterben jünger – möglicherweise, weil sie weniger auf ihre Gesundheit achten und sich schwerer tun, im Krankheitsfall die Ratschläge eines Arztes umzusetzen.

Aufgrund all dieser Erkenntnisse, so der Marburger Forscher Detlef Rost, sei das Konzept einer allgemeinen Intelligenz „das am besten gesicherte Ergebnis der Intelligenzforschung“.

UND DOCH: Manche Wissenschaftler halten diese Theorie für zu einseitig. Denn, so ihr Argument, neben den allseits talentierten Menschen gebe es ja durchaus solche, die allein in einem einzigen Bereich brillieren, in etlichen anderen dagegen keine besondere Begabung zeigen. Einen Extremfall solch begrenzter Fähigkeiten finden Forscher bei autistischen Menschen, die sich mitunter im Leben kaum zurechtfinden –

und doch auf manchen Gebieten mental unschlagbar sind (siehe Seite 130).

Deshalb haben Intelligenzforscher Alternativmodelle entwickelt, um die Geisteskraft eines Menschen zu definieren, das bekannteste stammt von dem US-Psychologen Howard Gardner. Der an der Harvard University lehrende Wissenschaftler behauptet, es gebe mehr als nur einen Nährboden, aus dem sich unsere Begabungen speisen.

Vielmehr verfüge der Mensch über verschiedene Intelligenzen, die unabhängig voneinander existieren, etwa:

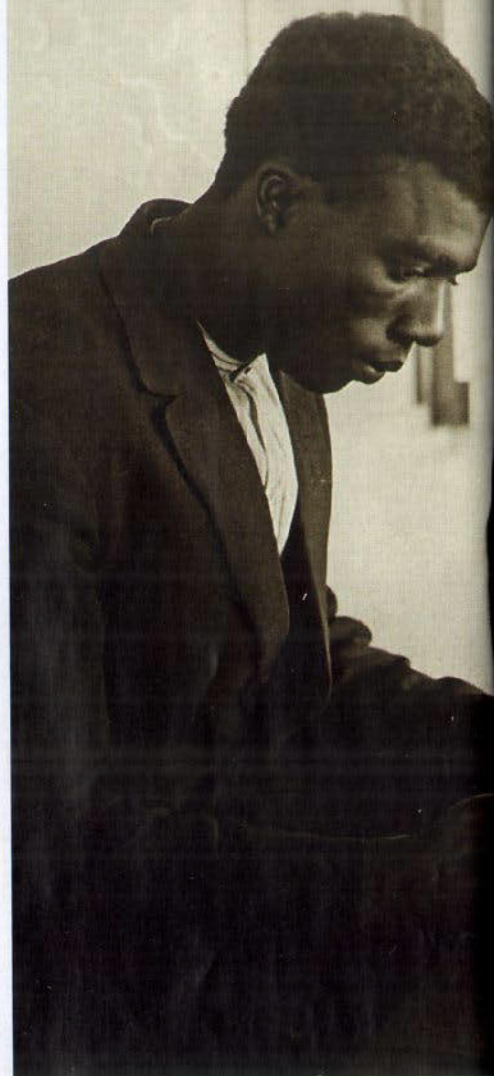
- die logisch-mathematische,
- die sprachliche,
- die naturkundliche,
- die musikalische,
- die visuell-räumliche,
- die körperlich-kinästhetische (wie sie etwa Sportler auszeichnet),
- die sozial-interpersonale Intelligenz,
- die sozial-intrapersonale Intelligenz (die uns zur Selbstreflexion und Selbstmotivation befähigt).

Nach Gardners Modell könnte man den Verstand mit einer Pralinenschachtel vergleichen. Jede Intelligenz ent-

spreche einer anderen Süßigkeit – die eine ist mit Nougat gefüllt, eine weitere mit Weinbrand oder Marzipan. Die Pralinen stehen untereinander nicht in Verbindung, sie verfügen über keine gemeinsame Basis.

Ein Mensch müsse also nicht über eine Intelligenz verfügen, um eine andere zu besitzen. Er könne auf einem Gebiet ein Virtuose sein, auf einem anderen eine Niete.

Gardners Konzept stößt vor allem bei vielen Laien auf Resonanz, seine Bücher sind internationale Bestseller. Zudem ist seine Theorie einer der Grundsteine für ein weiteres, höchst



populäres Konzept: das der Emotionalen Intelligenz (siehe Seite 100).

Doch die meisten Psychologen und Bildungsexperten kritisieren, dass Gardners Modell kaum auf wissenschaftlich fundierten Studien und empirischen Erhebungen fußt.

Mehr noch: Seit wenigen Jahren haben auch die Neurowissenschaftler dazu beigetragen, dass das Modell der allgemeinen Intelligenz heute von einem Großteil der Forscher bevorzugt wird.

DENN VIELE JAHRZEHNTE lang hatten die Intelligenzforscher nur mittels Fragebögen – also indirekter Methoden – ausloten können, wie der menschliche Verstand beschaffen ist. Inzwischen aber sind die Neurobiologen in der Lage, direkt zu untersuchen, wie sich unsere Geisteskraft auf zellu-



IN DIESEM INTELLIGENZTEST für Kinder (von 1983) sollten zweidimensionale Vorlagen in Gedanken zu Würfeln gefaltet und dann einer abgebildeten Figur zugeordnet werden. Die Kuben veranschaulichten die Lösungen



US-MILITÄRS ermittelten während des Ersten Weltkriegs (hier in einem Rekrutierungsbüro der US Army 1918) den IQ von mehr als 1,7 Millionen Rekruten. Die Fülle an Daten diente auch der Forschung

gen waren – ob ein Proband beispielsweise Zahlenreihen vervollständigen sollte, abgebildete Figuren allein in seiner Vorstellungskraft zu drehen hatte oder ungeordnete Buchstaben zu Wörtern zusammensetzen musste –, stets traten die gleichen Regionen in Aktion, darunter Bereiche im präfrontalen Kortex, dem stirnnahen Teil der sogenannten Großhirnrinde (siehe Illustration Seite 30).

Daraus schlossen die Forscher, dass genau dort die allgemeine Intelligenz zu verorten ist.

Denn dieses Gebiet steuert jene höheren geistigen Prozesse, die wie Planen, Entscheiden oder Lernen unerlässlich für intelligente Leistungen sind. Auch wichtige Teile des Arbeitsgedächtnisses haben ihren Sitz im präfrontalen Kortex.

Umgekehrt können Verletzungen in diesem Bereich der Großhirnrinde die kognitive Leistungsfähigkeit eines Menschen ganz erheblich beeinträchtigen: Manche Patienten, bei denen ein Teil des präfrontalen Kortex beschädigt ist, erkennen keine Zusammenhänge mehr und können keine unbekannten logischen Probleme mehr lösen.

ALLERDINGS IST der präfrontale Kortex nicht die einzige Hirnregion, die aktiv wird, wenn Menschen angestrengt denken. Immer sind auch andere Bereiche des Denkorgans beteiligt – etwa nahe der Schläfe oder unterhalb des Scheitels (siehe Seite 32).

Darüber hinaus haben Forscher verblüffenderweise auch Zonen ausgemacht, die sie lange Zeit nicht mit intellektuellen Fähigkeiten in Verbindung brachten. So tritt bei manchen Denkprozessen häufig auch das Kleinhirn in Aktion, das stammesgeschichtlich älter ist als

lärer Ebene organisiert. Mithilfe hochmoderner Hirnscanner können sie dem Menschen beim Denken gleichsam zusehen – und somit auch überprüfen, welche Vorstellung von Intelligenz am ehesten der Arbeitsweise unseres Denkorgans entspricht.

Die raffinierten Geräte machen beispielsweise den Stoffwechsel der Nervenzellen im Gehirn sichtbar und vermögen so jene Areale aufzuspüren, in denen die Neurone etwa bei der Bearbeitung einer Rechenaufgabe besonders aktiv sind.

Sollte es tatsächlich, wie die meisten Forscher glauben, eine allgemeine Intelligenz geben, dann müssten bei der Lösung höchst unterschiedlicher Teilaufgaben eines Intelligenztests stets die gleichen Hirnregionen beteiligt sein – Gebiete also, in denen sich gewisser-

maßen der alles speisende Nährboden des Verstandes verbirgt.

Wenn es dagegen, wie Howard Gardner annimmt, viele unabhängig voneinander existierende Intelligenzen gibt, dann müssten bei unterschiedlichen Aufgaben jeweils unterschiedliche Hirnregionen aktiv sein.

Das Ergebnis: Welche Teilaufgaben auch immer in einem Test zu bewälti-

Menschen, denen eine
Gehirnhälfte entfernt
wurde, können IQ-Tests
ebenso gut lösen wie
vor dem Eingriff



VERMESSUNG DES VERSTANDES: Lange Zeit wird die individuelle Kopfform (wie hier an einer Londoner Schule 1937) mit spezifischen Begabungen in Verbindung gebracht

die gefurchte Großhirnrinde und vornehmlich den richtigen Ablauf von Körperbewegungen regelt.

Auch der Hippocampus wird oft aktiviert – jene Struktur im Großhirn, die Erinnerungen verarbeitet, zwischenspeichert und sie an andere Hirnareale weiterleitet.

All diese Hirnregionen, so vermuten die Forscher inzwischen, bilden die Grundlage für unsere unterschiedlichen Begabungen und Talente, also die bereichsspezifischen (oder „kristallinen“) Intelligenzen; sie repräsentieren gleichsam die Äste, in die sich der Baum unseres Verstandes verzweigt.

Und so ist unsere Geisteskraft nie allein auf die Aktivität des präfrontalen Kortex zurückzuführen, sondern gilt als eine über das gesamte Gehirn verbreitete Erscheinung. Zudem spielt, wie man heute weiß, die

„weiße Substanz“ eine wichtige Rolle bei Denkprozessen. So nennen Wissenschaftler jene Milliarden von Nervenfasern, die die unterschiedlichen Hirnareale miteinander verbinden (siehe Seite 42).

Selbst simple
Schleimpilze
vermögen einen
Intelligenztest
zu bestehen

DARÜBER HINAUS haben Forscher noch etwas herausgefunden: Nicht alle Menschen setzen bei der Bearbeitung eines Problems die gleichen Hirnregionen ein.

Schon die Geschlechter nutzen ihr Denkorgan unterschiedlich: Frauen arbeiten bei bestimmten Aufgaben eher mit der linken Gehirnhälfte, Männer mit der rechten. Möglicherweise ist das auch einer

der Gründe dafür, dass Männer bei mathematischen Schlussfolgerungen und Problemen der Raumvorstellung statistisch besser abschneiden – Frauen dagegen, wenn es etwa gilt, Dinge schnell wahrzunehmen, sich sprachlich gewandt auszudrücken oder Texte rasch zu erfassen.

Erstaunlicherweise aktivieren, wie Versuche gezeigt haben, sogar Probanden eines Geschlechts mitunter unterschiedliche Hirnareale.

„Menschen können den gleichen IQ haben und die gleiche Aufgabe gleich schnell und gut lösen, aber dazu verschiedene Bereiche im Gehirn verwenden“, erläutert der US-Psychologe Richard Haier. Das gilt sogar für eineiige Zwillinge.

Auch in diesen Fällen zeigen uns die Untersuchungen der Neurowissenschaftler also, wie dynamisch und wandelbar jenes Nervengeflecht in unserem Kopf ist, das den menschlichen Verstand hervorruft.

EIN BESONDERES Beispiel für diese Formbarkeit sind jene Menschen, denen – meist in jungen Jahren – aufgrund einer Erkrankung eine Gehirnhälfte (Hemisphäre) entfernt werden musste.

Obwohl im Kopf dieser Patienten nach dem Eingriff eine gewaltige Lücke klafft, schneiden sie in der Regel bei Intelligenztests nicht schlechter ab als vor der Operation: Die noch vorhandene Hemisphäre hat dann viele Funktionen der herausoperierten Hirnhälfte übernommen.

Die Erkenntnis der Forscher: Der Verstand hat eben keine starre Struktur, die, einmal ausgereift, sich später niemals mehr erneuern oder wandeln kann. Im Gegenteil: Von Geburt an verändert sich das Gebäude unserer Geisteskraft ununterbrochen. Damit derartige Umformungen im Hirn überhaupt möglich sind, ist der Mensch auf Reize von außen angewiesen.

Deshalb auch wäre eine kognitive Entwicklung ohne einen Körper und dessen Fähigkeit, Kontakt zur Umwelt aufzunehmen, schlicht undenkbar. Anders ausgedrückt: Ohne Daten, die uns die Sinnesorgane liefern, könnte es keine Intelligenz geben.

Memo: **INTELLIGENZFORSCHUNG**

► **Jeder Mensch besitzt** eine Art geistige Energie, die allgemeine (oder „fluide“) Intelligenz. Aus ihr speist sich die gesamte kognitive Leistungsfähigkeit, also die individuelle Schnelligkeit, mit der ein Mensch Informationen verarbeitet.

► **Die allgemeine Intelligenz** bildet die Basis für die bereichsspezifische (oder „kristalline“) Intelligenz. Darunter verstehen Wissenschaftler all unsere besonderen Begabungen und Talente, etwa Sprachgefühl oder mathematisches Geschick.

► **Manche Forscher** gehen aber auch davon aus, dass der Mensch über verschiedene Intelligenzen – unter anderem eine sprachliche, musikalische und naturkundliche – verfügt, die unabhängig voneinander existieren.

► **Einigkeit herrscht darüber**, dass Intelligenz weniger eine reine Kopf- als vielmehr eine Ganzkörperangelegenheit ist und stets aus dem Kontakt zur Umwelt entsteht.

Schon im Kindesalter reift die Geisteskraft allein dadurch heran, dass Jungen und Mädchen ihre Mitmenschen beobachten, Worte hören, Gegenstände betasten, in den Mund nehmen, daran riechen (siehe Seite 46).

Nur so vermögen sie eine Sprache zu erlernen und Objekte in Kategorien einzuordnen: Decken und Kissen sind weich, Kuchen und Bonbons schmecken süß, Messer und Glascherben sind scharf. Erst mit diesem Wissen können sie eine Basis für abstraktes Denken und somit für sämtliche höheren kognitiven Fähigkeiten aufbauen.

Deshalb gehen die meisten Forscher heute davon aus, dass unsere Intelligenz nicht nur von unserem Hirn, sondern vom gesamten Körper geprägt wird. Und dass sie stets aus dem Kontakt zur Umgebung entsteht.

Das zeigt auch der Verlauf der Evolution: Die ersten Formen von Intelligenz hatten noch gar nichts mit einem komplex strukturierten Gehirn zu tun, ja noch nicht einmal mit einer einzelnen Nervenzelle. Sondern damit, dass primitive Geschöpfe vor Hunderten von Jahrtausenden begannen, Informationen aus der Umwelt aufzunehmen, zu verarbeiten und darauf zu reagieren.

Dazu waren bereits die ersten Bakterien in der Lage: Spezielle Empfangsmoleküle in ihrer Zellmembran halfen ihnen, Nahrungsstoffe, Giftmoleküle oder Licht wahrzunehmen.

Wurden die winzigen Detektoren gereizt, erzeugten sie chemische Signale und veranlassten die Einzeller, sich zum Futter oder Licht zu bewegen oder einer Gefahr auszuweichen. Mit anderen Worten: Erst die Fähigkeit, Reize aufzunehmen, ermöglichte es ihnen, Probleme zu lösen. In gewisser Weise also ihre Umwelt zu verstehen.

Ebendiese Gabe stellt auch der Schleimpilz im Labor von Toshiyuki Nakagaki unter Beweis. Den Weg durch das Labyrinth zeigt ihm wahrscheinlich der Duft der Haferflocken, der sich von der Quelle durch jeden Gang des Irrgartens ausbreitet. Das intensivste Futteraroma wird den hirnlosen Einzeller stets auf der kürzesten Route erreichen, und vermutlich folgt er diesem Duft mithilfe seines extrem einfach gebauten Sinnesapparats.

Damit aber ist der Schleimpilz in der Lage, nichts Geringeres zu bestehen als: einen Intelligenztest. □

Ute Eberle, 40, ist Wissenschaftsjournalistin in Leiden, der ältesten Universitätsstadt der Niederlande, die seit 436 Jahren intellektuelle Größen aus der ganzen Welt anzieht.

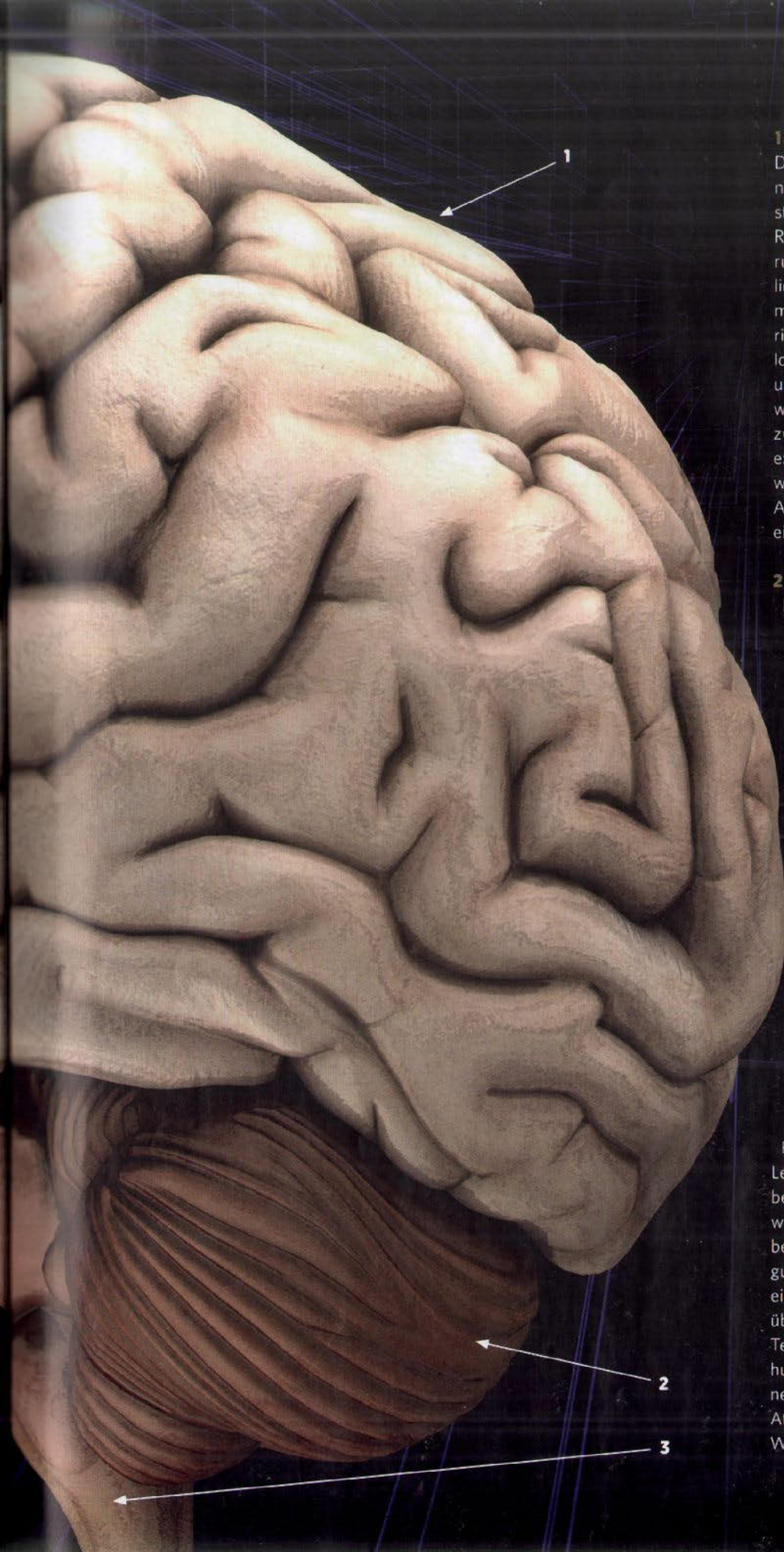
Literaturempfehlung: Detlef Rost, „Intelligenz – Fakten und Mythen“, Beltz; fundiertes wissenschaftliches Kompendium, das etwa den Zusammenhang des IQ mit Leistungen in Schule, Ausbildung und Beruf sowie mit sozialen und Geschlechtsunterschieden beleuchtet und Einblicke in die Neurobiologie der Intelligenz vermittelt.

Hirnforschung

Text: Martin Paetsch
Illustrationen: Tim Wehrmann
Produktion: Rainer Harf, Susanne Gilges

Die Anatomie des Scharfsinns

Unser Gehirn ist ein Mysterium: Wie gelingt es diesem Organ, Zusammenhänge zu erkennen, Probleme zu lösen, Fakten zu memorieren und für die Zukunft zu planen? Und weshalb lässt es manche Menschen schneller denken als andere? Seit Langem ergründen Neuroforscher die Biologie der Intelligenz – und sind kürzlich auf eine verborgene Seite des Verstandes gestoßen



1. GROSSHIRNRINDE

Das Großhirn (siehe Seite 39), der evolutionär jüngste Teil unseres Gehirns, ist von einer stark gefurchten, etwa drei Millimeter dicken Rinde umgeben: dem Kortex. Er beherbergt rund die Hälfte aller Nervenzellen – womöglich bis zu 50 Milliarden – und steuert die meisten kognitiven Prozesse. Die Großhirnrinde ruft unser Bewusstsein hervor, lässt uns logisch denken, Zusammenhänge erkennen und über uns selbst reflektieren. Die Hirnwindungen zweier Menschen ähneln einander zwar, doch kein Gehirn gleicht dem anderen exakt, jedes verfügt über individuelle Abweichungen. Allerdings lässt sich von der Anatomie nicht auf die Geistesstärke eines Menschen schließen.

2. KLEINHIRN

Diese rund 140 Gramm schwere Ausstülpung im Hinterkopf steuert vor allem unsere Bewegungen und sorgt dafür, dass wir unser Gleichgewicht finden und die Körperhaltung wahren.

Studien ergaben zudem, dass das Kleinhirn eine Rolle beim Erlernen motorischer Fertigkeiten spielt und möglicherweise auch bestimmte Erinnerungen archiviert. Wie in der Großhirnrinde bilden die Nervenzellen des Kleinhirns eine wenige Millimeter dünne Schicht, die sich faltet: Auf diese Weise passt eine möglichst große Oberfläche in einen möglichst kleinen Raum.

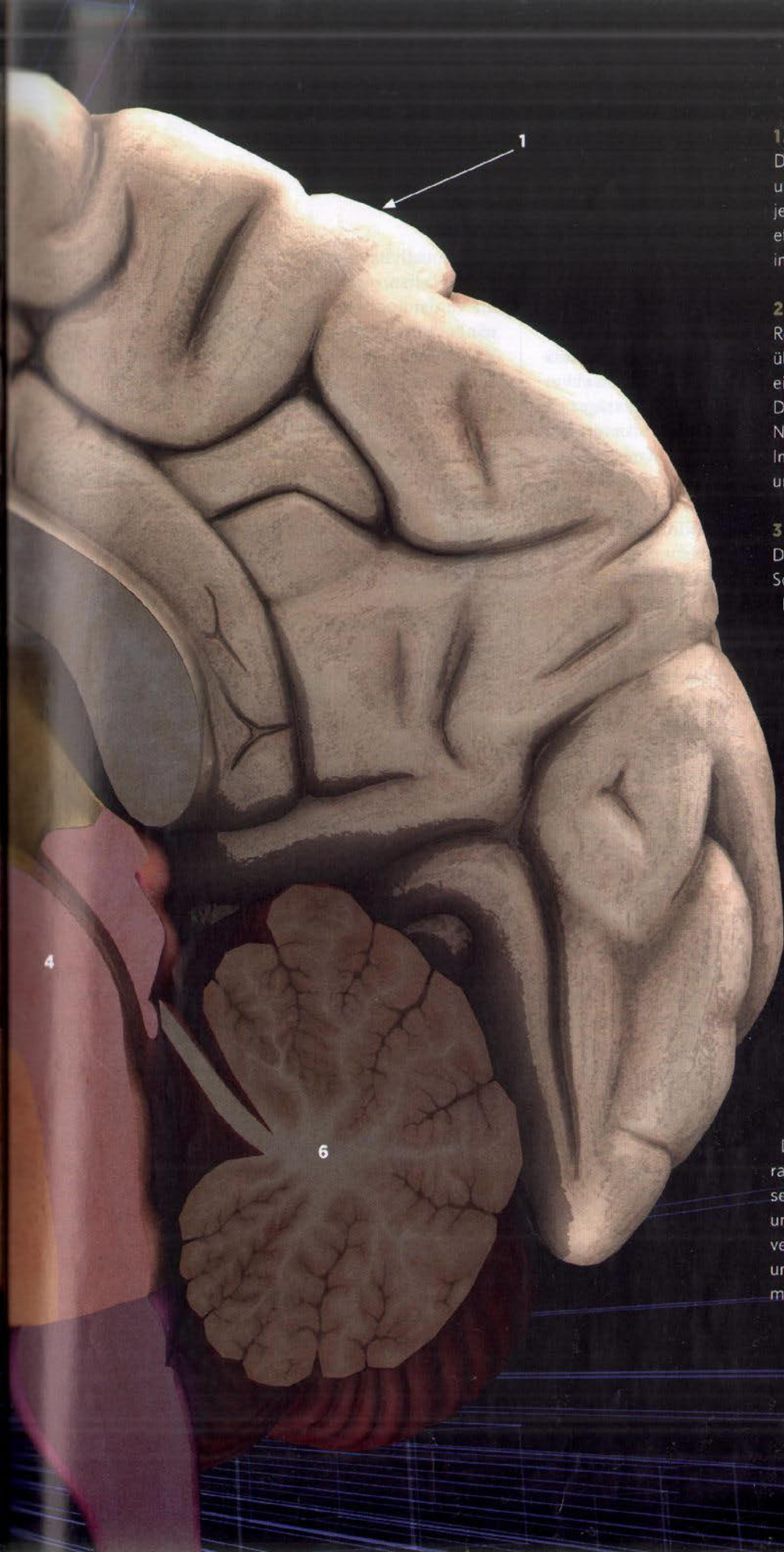
3. HIRNSTAMM

Der entwicklungsgeschichtlich älteste Teil unseres Denkgorgans enthält sämtliche Nervenstränge, die das Rückenmark mit dem Gehirn verbinden. Zwar ist der Hirnstamm nicht an höheren kognitiven Leistungen wie etwa dem abstrakten Denken beteiligt, doch er steuert Prozesse, die uns – wenn auch unbewusst – die Umgebung beurteilen lassen: etwa unsere Augenbewegungen, mit denen wir, ohne nachzudenken, einen bewegten Gegenstand abtasten. Darüber hinaus kontrolliert der Hirnstamm zum Teil auch den Gesichtsausdruck, lässt uns husten, niesen, schlucken, reguliert Funktionen wie Herzschlag, Schlaf, Verdauung und Atmung. Zudem überwacht er den Wärme-, Wasser- und Energiehaushalt des Körpers.



Das Hirn im Längsschnitt

Unser Denkkorgan besteht aus einer rechten und einer linken Hälfte. Diese „Hemisphären“ ähneln einander wie Spiegelbilder, sie bilden die gleichen Strukturen aus – etwa die Großhirnrinde (1) oder je eine Hälfte des Zwischenhirns (3). Schneidet man das Hirn der Länge nach durch – wie in dieser Illustration –, erkennt man, dass die beiden Hälften über verschiedene Hirnbereiche wie den Balken (2), die Brücke (5) oder das Kleinhirn (6) miteinander verbunden sind. So können beständig Informationen in Form elektrischer Impulse zwischen linker und rechter Hemisphäre ausgetauscht werden. Zudem offenbart der Blick auf die Innenseite einer Hirnhälfte, dass ein großer, von außen nicht sichtbarer Teil der gewundenen Großhirnrinde tief ins Innere des Denkkorgans reicht.



1. GROSSHIRNRINDE

Der von Furchen durchzogene Kortex umkleidet auch große Teile auf der Innenseite jeder der beiden Hirnhälften. Daher sind etliche Windungen der Großhirnrinde erst im Längsschnitt zu erkennen.

2. BALKEN

Rechte und linke Hirnhemisphäre sind über den Balken (oder Corpus callosum) miteinander verbunden. Die Struktur gleicht einer Datenautobahn aus 200 bis 250 Millionen Nervenfasern, die fortwährend elektrische Impulse von einer zur anderen Seite unseres Hirns schicken.

3. ZWISCHENHIRN

Diese tief im Hirn verankerte Region dient als Schaltstelle für Informationen, die zwischen Hirnstamm und Großhirnrinde ausgetauscht werden. Zudem kontrolliert es den Hormonhaushalt, löst Hunger und Durst aus und bestimmt den Sexualtrieb.

4. MITTELHIRN

Der oberste Bereich des Hirnstamms enthält Ansammlungen von Nervenzellen, die unter anderem eine Rolle bei Blick-, Kopf-, Hand- und Armbewegungen spielen.

5. BRÜCKE

Diese ebenfalls zum Hirnstamm gehörende Struktur (auch Pons genannt) bildet eine wichtige Kreuzung aus Nervenfasern. Sie steht unter anderem mit dem Kleinhirn und dem Mittelhirn in Verbindung.

6. KLEINHIRN

Die zahlreichen Furchen des Kleinhirns ragen – wie dieser Schnitt offenbart – tief in sein Inneres hinein. Es ist für Gleichgewicht und Körperhaltung zuständig. Ein Stiel verbindet das Kleinhirn, dessen Aktivität uns unbewusst ist, unter anderem mit dem Mittelhirn.

A

m Morgen des 18. April 1955 liegt im Princeton Hospital in New Jersey die Leiche eines Genies: Es ist der Körper von Albert Einstein. Einige Stunden zuvor ist der Nobelpreisträger gestorben, nun ist er auf einer Trage aufgebahrt. Die Obduktion übernimmt der

Pathologe Thomas Harvey. Und er fasst einen verwegenen Entschluss: Obwohl er keine ausdrückliche Erlaubnis dazu hat, entfernt er das Gehirn aus dem Schädel – und nimmt es an sich, um es später in Ruhe zu studieren.

Harvey vermisst und fotografiert das Organ, lässt es von einer Spezialistin in gut 240 Stücke schneiden und versenkt die in zwei Gläser mit Konservierungsflüssigkeit. Mehrere Jahrzehnte lang verwahrt er das Nervengeflecht. Der Pathologe ist von einer Idee besessen. Irgendwo in diesem Gehirn, so glaubt er, muss eine Erklärung für die erstaunlichen gedanklichen Leistungen Einsteins zu finden sein. Dessen Denkorgan sieht Harvey als einmalige Chance, einem der größten Geheimnisse der Wissenschaft auf den Grund zu gehen: der physischen Basis der menschlichen Intelligenz.

Immer wieder verschickt er Gehirnteile an ausgewählte Experten. Doch die Ergebnisse der Studien sind enttäuschend: Einsteins Hirn unterscheidet sich anatomisch nicht nennenswert von dem anderer Menschen, es ist sogar etwas leichter als der Durchschnitt.

Wahrscheinlich liegt das Rätsel um die Geisteskraft weitaus tiefer, als Harvey vermutet. Verborgен im unüberschaubaren Gewirr der Nervenzellen. Und so sind es heute nicht nur Anatomen, sondern auch Biochemiker, Genetiker und Molekularbiologen, die sich bemühen, jenes mysteriöse Neuronengeflecht zu ergründen, das uns Menschen zu Denkern macht: zu den einzigen Wesen auf dem Planeten, die imstande sind, über Probleme nachzusinnen, die weit über das tägliche Überleben hinausgehen.

Die Forscher suchen Antworten darauf, was unsere Intelligenz ausmacht, weshalb es einige besonders begabte Menschen gibt, die besser, schneller, effizienter denken können als andere.

Und wo im Kopf unsere Gedanken entstehen.

VON AUSSEN SIEHT das menschliche Gehirn unscheinbar aus: Es ähnelt einer Walnuss und wiegt meist rund 1,4 Kilo. Zu mehr als zwei Dritteln besteht es aus Wasser, den Rest machen vor allem Fett und Eiweiß aus.

Dennoch hält dieses Organ nicht nur unseren Körper am Leben, regelt Temperatur und Blutdruck, steuert die Verdauung, die Atmung, den Schlaf – es kann auch mathematische Aufgaben lösen, Maschinen entwerfen, Romane ersinnen, immer neue Fakten lernen und sich jahrzehntelang an unzählige Ereignisse erinnern.

Die Anatomie dieses Wunderwerks ist Medizinern schon länger bekannt. Und mittlerweile wissen sie von vielen Arealen auch, welche Funktionen sie erfüllen.

An seinem unteren Ende ist das Gehirn mit dem Rückenmark verbunden. Über Nervenstränge, die im Kanal der Wirbelsäule verlaufen, empfängt es Informationen aus dem gesamten Körper: Millionen Reize, die von den Muskeln, der Haut, dem Herzen und den Eingeweiden versendet werden, Sekunde für Sekunde.

Nahe diesen Nervensträngen liegen jene Teile des Hirns, die vor allem unbewusste Vorgänge steuern: der Hirnstamm etwa, der Prozesse wie Atmung und Herzschlag regelt; das Kleinhirn, das Bewegungen koordiniert und dafür sorgt, dass wir unser Gleichgewicht halten; und das Zwischenhirn, das unter anderem den Hormonhaushalt kontrolliert, Hunger und Durst auslöst und den Sexualtrieb bestimmt.

Über all diese Bereiche wölbt sich das Großhirn: In diesem Teil, der beim Menschen besonders ausgeprägt ist, spielen sich unsere Gedanken ab. Und zwar vor allem in jener äußersten, von zahlreichen Falten durchzogenen Schicht, die unserem Denkorgan seine eigentümliche Gestalt verleiht.

Die rund drei Millimeter dicke Hirnrinde, der Kortex (von lat. *cortex*, Hülle), besteht aus „grauer Substanz“ – von den Wissenschaftlern so genannt, weil sich die eigentlich rötliche Masse nach dem Tod grau färbt. Der Kortex ist unter anderem aus den Körpern mikroskopisch kleiner Zellen aufgebaut, der Neurone.

Diese winzigen Baueinheiten bilden den Grundstoff unserer Gedanken. Wohl zwischen zehn und 50 Milliarden dieser Zellen liegen in der Hirnrinde – und jede von ihnen sieht anders aus. Denn von ihren Zellkörpern gehen oft Tausende individuell geformter Fortsätze aus, die sich verzweigen wie die Äste eines Baumes.

Diese meist nur einige hundertstel oder zehntel Millimeter langen Dendriten (von griech. *déndron*, Baum) empfangen elektrische Signale von anderen Neuronen.

Neben den Dendriten, die quasi wie Antennen Botschaften aufnehmen, verfügen die Nervenzellen meist noch über einen einzelnen kabelartigen Fortsatz. Mit dem können sie selber elektrische Impulse aussenden.

Viele dieser Axone (von griech. *áxon*, Achse) messen nur wenige Millimeter. Doch mitunter erstrecken sie

sich von Nervenzellen im Rückenmark bis hinauf ins Gehirn oder hinab zu den Füßen – und erreichen so eine Länge von mehr als einem Meter.

Solche Distanzen sind wohl der Grund dafür, weshalb Nervenzellen über elektrische Impulse miteinander kommunizieren: Denn die rasen mit bis zu 100 Meter pro Sekunde durch die Axone und erlauben so eine schnelle Datenübertragung.

An ihrem Ende fächern sich diese Axone in zahlreiche hauchdünne Fäden auf. Die wiederum enden in der Regel kurz vor den Dendriten anderer Neurone. Erreicht ein Impuls nun einen solchen Spalt, werden an der Spitze des Axons chemische Botenstoffe freigesetzt: Die überwinden den nur wenige millionstel Millimeter breiten Zwischenraum und lösen im Dendriten der gegenüberliegenden Nervenzelle einen neuen Impuls aus.

Über diese winzigen Schnittstellen, die Synapsen (von griech. *synapsis*, Verbindung), gelangen so Informationen von einem Neuron zum anderen.

Für sich genommen ist eine einzelne Nervenzelle nicht intelligent: Sie reagiert lediglich auf Signale und verschickt im Gegenzug selbst Impulse, ähnlich wie ein elektrischer Schaltkreis. Doch jedes einzelne Neuron ist über seine Dendriten mit durchschnittlich etwa 10 000 anderen Neuronen verbunden. Die wirken wiederum unterschiedlich auf die empfangende Zelle ein: Manche bringen sie dazu, Signale in schnellerer Abfolge auszusenden, andere dagegen unterdrücken die Datenübertragung. Je nachdem, ob sie mehr hemmende oder anregende Impulse aufnimmt, kann eine Nervenzelle stumm bleiben oder Botschaften verschicken.

So entsteht im Hirn ein Netz von unglaublicher Komplexität: In ihm stehen Abermilliarden von Zellen über eine Billiarde von Schnittstellen miteinander in Verbindung und kommunizieren unentwegt.

Die ungezählten Signale, die andauernd durch dieses biologische Labyrinth jagen, formen etwas zutiefst Erstaunliches, etwas, das geradezu an Magie grenzt: ein denkendes Selbst, das Probleme löst und über seine eigene Existenz nachsinnt. Aus Zellen also, die kaum mehr sind als einfache Schaltkreise, erwächst nichts weniger als: Intelligenz.

MITTLERWEILE WISSEN Zellbiologen, Genetiker und Biochemiker, auf welche komplexe Weise die Neurone in unserem Kopf elektrische Impulse aufbauen. Mithilfe von Großrechnern vermögen sie zudem zu simulieren, wie sich die Botschaften über

Dendriten und Axone ausbreiten. Und in ihren Laboratorien haben sie herausgefunden, welche molekularen Verbindungen für den Austausch von Signalen zwischen Neuronen verantwortlich sind. Abhandlungen über Nervenzellen füllen ganze Bibliotheken.

Und doch: Wie genau zwischen Abermilliarden von Synapsen ein Gedanke zustande kommt, wie aus der Zwiesprache der Neurone eine Geisteskraft hervorgeht, die sogar das Universum zu verstehen versucht – das ist noch völlig ungeklärt. Niemand vermag bislang aufzuschlüsseln, wie unsere Denkprozesse ablaufen, wie das Gehirn rechnet, überlegt und analysiert, wie es über Vergangenes nachsinnt oder sich Zukünftiges ausmalt.

Immerhin aber haben Wissenschaftler inzwischen Methoden entwickelt, mit denen sie Menschen gleichsam beim Grübeln zuschauen können – und die ihnen zumindest einen groben Eindruck jenes geheimnisvollen Zusammenspiels von Zellen vermitteln.

Seit den 1990er Jahren verwenden Forscher dafür unter anderem die funktionelle Magnetresonanztomographie: ein Verfahren, mit dem sich die Durchblutung des Gehirns messen lässt. Die nimmt überall dort zu, wo Nervenzellen tätig sind. Denn aktive Neurone verbrauchen mehr Energie und müssen daher über winzige Kapillaren mit sauerstoffreichem Blut versorgt werden. Aus solchen Aufnahmen lässt sich darauf schließen, welche Areale beim Nachdenken in Aktion treten.

Lange Zeit haben Wissenschaftler vor allem eine Hirnregion für die geistigen Fähigkeiten des Menschen verantwortlich gemacht: den präfrontalen Kortex, einen Bereich der Hirnrinde unmittelbar hinter unserer Stirn. Dort vermuteten sie den Sitz der meisten höhe-

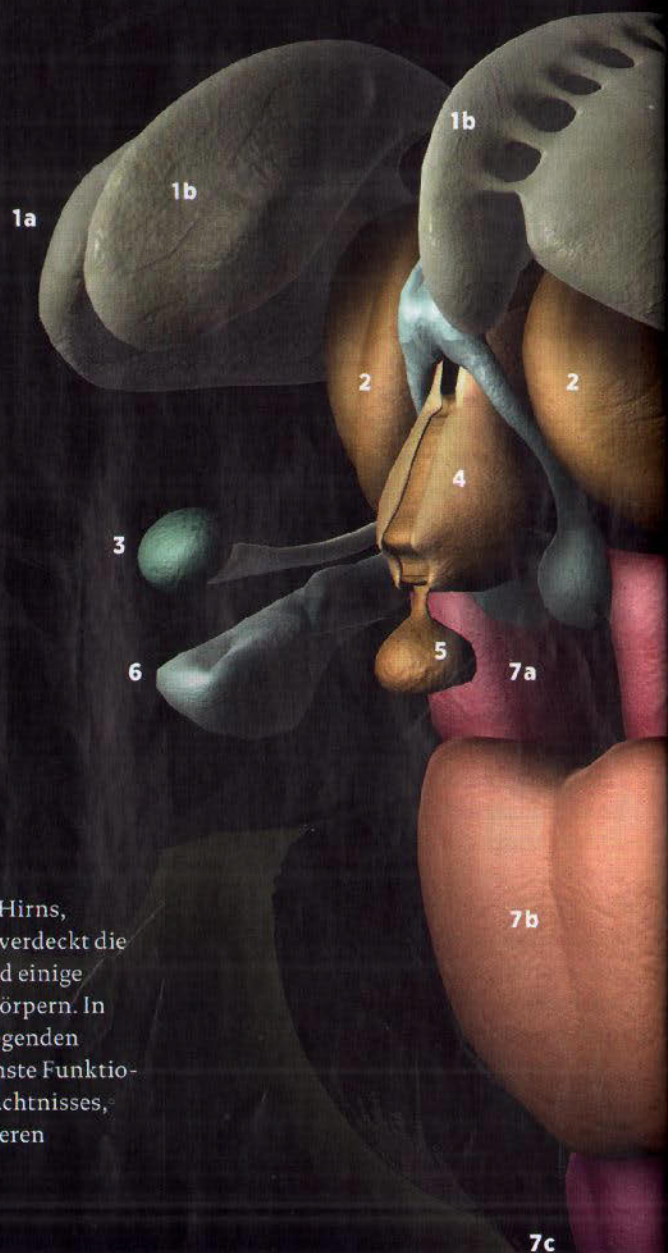
In einer nur **drei Millimeter**
dicken Nervenschicht laufen die
vielleicht **komplexesten Prozesse**
des gesamten Universums ab

ren Denkfunktionen – sozusagen das Intelligenzzentrum, die Chefetage der menschlichen Gedankenwelt.

Auf die besonders wichtige Funktion dieser Hirnregion ließen unter anderem Patienten schließen, deren präfrontaler Kortex verletzt wurde. Einige der Betroffe-

Ein Blick ins Innere

Etliche lebenswichtige Areale liegen so tief verborgen im Inneren des Hirns, dass sie sich selbst im Längsschnitt nicht erkennen lassen: Zum einen verdeckt die Großhirnrinde den Blick auf viele dieser Strukturen, zum anderen sind einige Bereiche eingebettet in Gewebeschichten aus Nervenfasern und Zellkörpern. In dieser Darstellung sind jene inneren Hirnareale von sämtlichen umliegenden Geweben befreit. Sie arbeiten unbewusst und erfüllen unterschiedlichste Funktionen, steuern etwa die Hormonproduktion, formen Teile unseres Gedächtnisses, rufen Emotionen wie Angst, Freude und Überraschung hervor, regulieren den Wasserhaushalt unseres Körpers und wecken den Sexualtrieb.





1. STRIATUM (TEIL DES GROSSHIRNS)

Das aus Putamen (1a) und Nucleus caudatus (1b) bestehende Striatum trägt zum Lernen und zur Koordination motorischer Impulse bei. Schädigungen der Struktur, etwa bei der Parkinson'schen Krankheit, führen bei Betroffenen zum Kontrollverlust über Bewegungen: Ihre Hände und Arme zittern, der Kopf wackelt unwillentlich.

2. THALAMUS (TEIL DES ZWISCHENHIRNS)

Die beiden eiförmigen Massen des Thalamus sind jeweils rund drei Zentimeter lang und bilden die wichtigste Schaltstation für Nervenimpulse aus allen Sinnesorganen (mit Ausnahme des olfaktorischen Sinns). Der Thalamus prüft Informationen, die er etwa von der Netzhaut, dem Innenohr oder der Gesichtshaut empfängt, nimmt eine erste Verarbeitung vor und leitet die Botschaften an die Großhirnrinde weiter, wo uns die Eindrücke – Bilder, Geräusche, Tastempfinden – dann bewusst werden.

3. AMYGDALA (TEIL DES GROSSHIRNS)

Der auch „Mandelkern“ genannte Komplex spielt eine wichtige Rolle beim Entstehen starker Emotionen wie Angst, Freude, Überraschung. Unbewusst lässt uns die Amygdala zudem riskante, bedrohliche Situationen erkennen: etwa, dass eine Brücke instabil ist oder eine Geste aggressiv.

4. HYPOTHALAMUS (IM ZWISCHENHIRN)

Der Hypothalamus, nicht größer als ein Zuckerwürfel, bildet das wichtigste Kontrollzentrum für die biologischen Grundfunktionen: Er reguliert die Körpertemperatur, den Wasserhaushalt, die Nahrungsaufnahme, Schlafen und Wachen, steuert Reaktionen wie Flucht oder Abwehr und ruft den Sexualtrieb hervor.

5. HYPOPHYSE (IM ZWISCHENHIRN)

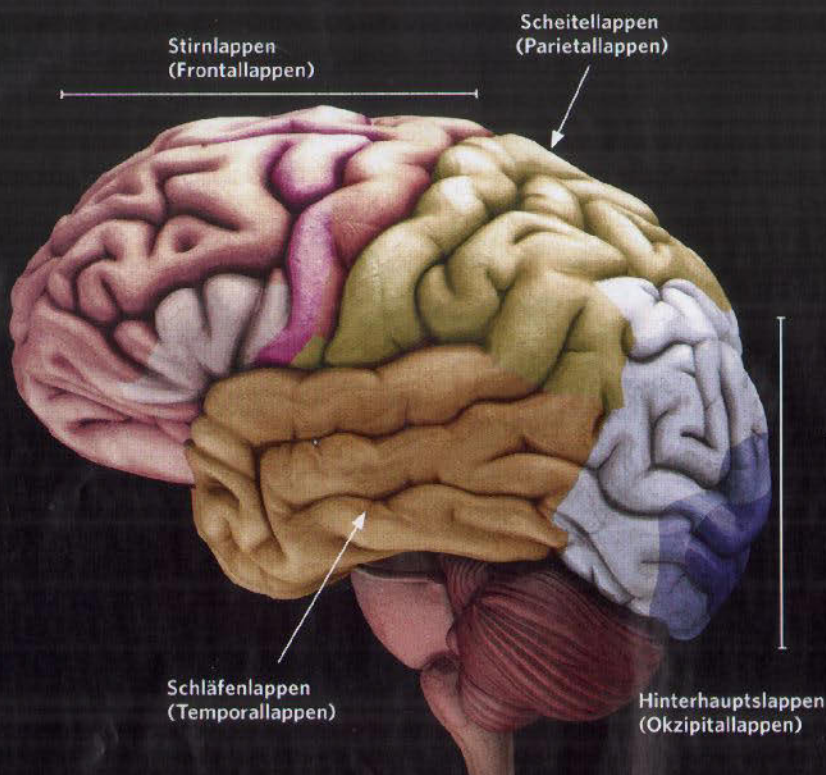
Die auch als „Hirnanhangdrüse“ bezeichnete Hypophyse wird vom Hypothalamus kontrolliert und schüttet Hormone aus, die unter anderem Knochen und Muskeln wachsen lassen und die Entwicklung von Spermien vorantreiben.

6. HIPPOCAMPUS (IM GROSSHIRN)

Der Hippocampus vermittelt uns räumliches Bewusstsein. Zudem dient er als Zwischenspeicher für neue Erlebnisse und Erfahrungen, die er bewertet und an Areale in der Großhirnrinde übermittelt, wo sie im Langzeitspeicher als bleibende Erinnerungen archiviert werden. Menschen, deren Hippocampus etwa infolge eines Tumors beschädigt wurde, sind nicht mehr in der Lage, neue Fakten zu memorieren – sie verlieren mitunter ihr Kurzzeitgedächtnis.

7. HIRNSTAMM

Über den Hirnstamm, der sich aus dem Mittelhirn (7a), der Brücke (7b) und dem verlängerten Mark (7c) zusammensetzt, empfängt das Gehirn Reize aus dem Körper. Umgekehrt strömen ständig Botschaften des Denkkorgans durch den stielartige Bereich ins Rückenmark und von dort zu Muskeln, Darm und anderen Organen.



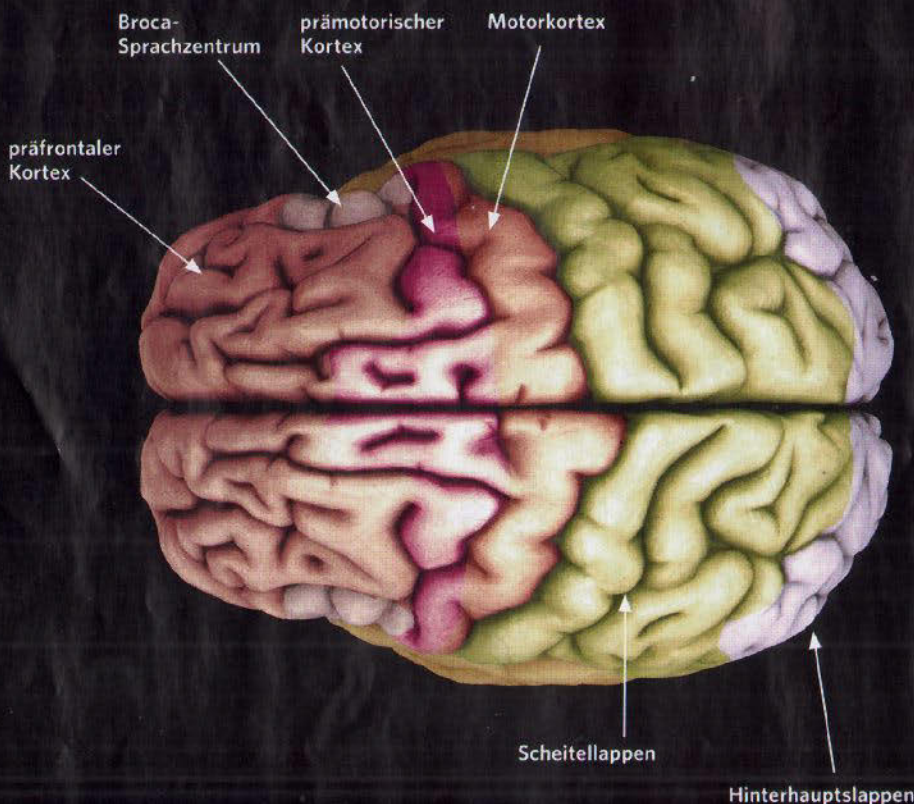
DIE ZONEN DES DENKENS

Wissenschaftler teilen die menschliche Großhirnrinde ihrer Funktion nach in verschiedene Zonen ein. Von außen betrachtet, lassen sich vier große Regionen voneinander unterscheiden: Stirnlappen, Scheitellappen, Schläfenlappen und Hinterhauptslappen.

Der Stirn- oder Frontallappen (rötliche Zonen) macht den vorderen Bereich des Denkorgans aus: Hier entsteht unter anderem unser Bewusstsein, treffen wir Entscheidungen, reflektieren über uns selbst und planen Bewegungsabläufe. Dahinter liegt der Scheitel- oder Parietallappen, der etwa für die Orientierung im Raum zuständig ist und unsere Aufmerksamkeit steuert.

Die Seiten der Großhirnrinde werden dem Schläfen- oder Temporallappen zugeordnet, er dient der Archivierung unseres Allgemeinwissens und wird immer dann aktiv, wenn wir Daten und Fakten abrufen.

Im hinteren Teil des Schädels verbirgt sich schließlich der Hinterhaupts- oder Okzipitallappen (bläuliche Zonen), der das Sehzentrum umfasst.



DIE LINKE UND RECHTE HÄLFTE

In der Aufsicht wird deutlich, dass unser Gehirn in zwei symmetrische Hälften geteilt ist. Der präfrontale Kortex umfasst einen großen Teil der vorderen Hirnrinde: Er ist an höheren geistigen Fähigkeiten beteiligt und wird dann aktiv, wenn wir angestrengt nachdenken. Wesentlich kleiner ist das Broca-Sprachzentrum, das unsere Mundbewegungen beim Sprechen steuert und die Bedeutung von Wörtern verarbeitet. Verletzungen dieses Areals rufen Sprachstörungen hervor.

Der prämotorische Kortex ist für die Bewegungsplanung zuständig. Er schickt Befehle an den nachgelagerten Motorkortex, der wiederum Signale an die Muskeln sendet und so die entsprechende Bewegung – etwa Greifen oder Springen – veranlasst.

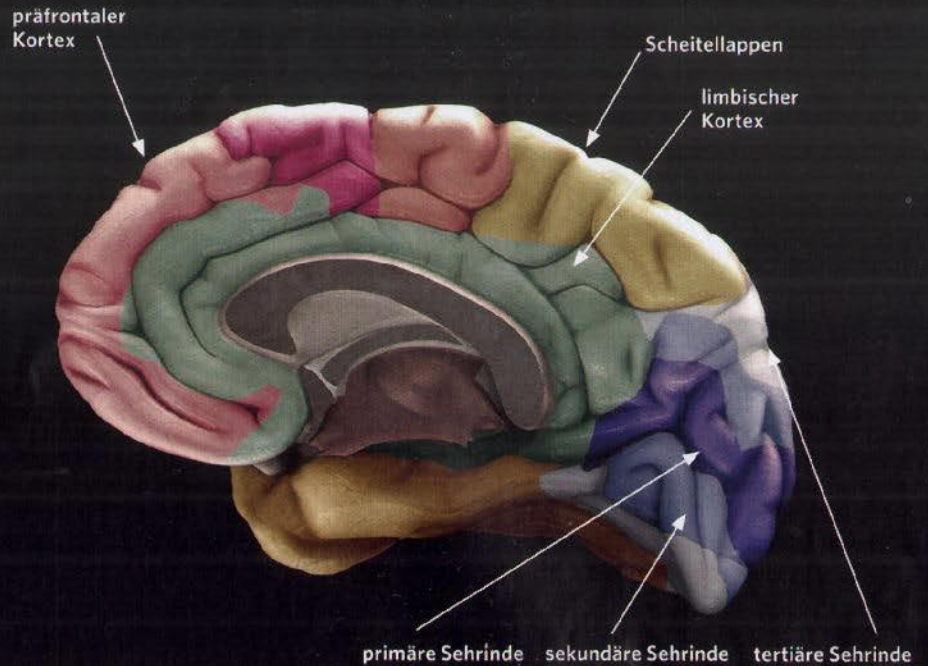
Der Scheitellappen verarbeitet unter anderem Informationen über die Stellung unserer Gelenke sowie Tast-, Druck- und Berührungseize von Haut und Haaren und wandelt sie in bewusste Wahrnehmungen um. Im Hinterhauptslappen werden visuelle Botschaften ausgewertet und in Bilder umgesetzt.

VERBORGENE WINDUNGEN

Manche Falten der Großhirnrinde lassen sich nur im Längsschnitt erkennen, so etwa Bereiche der Sehrinde, die visuelle Botschaften verarbeitet: Diese gelangen vom Auge zunächst in die primäre Sehrinde, wo sie uns zwar bewusst, aber noch nicht interpretiert werden. Von dort steigen sie teils in die sekundäre Sehrinde auf – und erst hier übersetzen wir optische Impulse in komplexe Formen, Farben oder Gesichter. Die tertiäre Sehrinde schließlich befasst sich damit, in welche Richtung sich ein wahrgenommenes Objekt bewegt.

Nunmehr gelangen Informationen in den Scheitellappen, der die Tiefe des Objektes und dessen Stellung im Raum beurteilt. Schließlich wird das neuronale Bild an den präfrontalen Kortex geschickt, der uns die Bedeutung des Gesehenen einschätzen lässt.

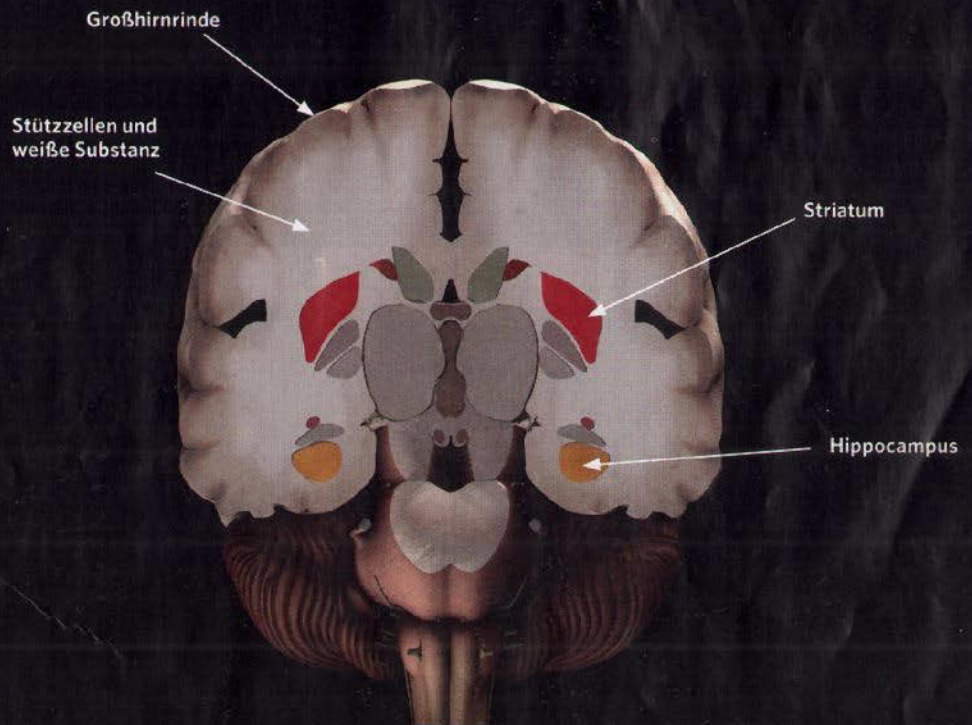
Ein innerer Teil der Großhirnrinde, der limbische Kortex, lässt uns unter anderem Gefahren erkennen, hilft beim Überwinden eingefahrener Gewohnheiten und spielt zudem bei der Schmerzwahrnehmung eine wichtige Rolle.



DAS GROSSHIRN IM QUERSCHNITT

Die wenige Millimeter dünne Großhirnrinde bildet die äußerste Schicht des Großhirns. Unter der Rinde dehnt sich – wie dieser Querschnitt zeigt – ein hellerer Bereich des Großhirns aus, der sich neben Stützzen aus „weißer Substanz“ zusammensetzt. Diese besteht aus Abermillionen Nervenfasern, die sämtliche Hirnareale miteinander vernetzen (siehe Seite 42). Eingebettet in die weiße Substanz sind weitere Teile des Großhirns – etwa der für die Gedächtnisbildung wichtige Hippocampus sowie das Striatum, das unter anderem Bewegungen koordiniert.

Das Großhirn ist der evolutionär jüngste Teil unseres Denkkorgans, es beherbergt die meisten Neurone und nimmt mehr als 70 Prozent der gesamten Hirnmasse ein. Es gilt als höchste Instanz des menschlichen Nervensystems: Hier speichern wir Erinnerungen und bewerten Erfahrungen, hier entstehen starke Emotionen – und letztlich auch unser Bewusstsein, das uns überhaupt ermöglicht, Entscheidungen zu treffen, in die Zukunft zu planen und über uns selbst zu reflektieren.



nen litten unter kognitivem Leistungsschwund: Sie waren zum Beispiel schlechter als zuvor in der Lage, unbekannte logische Probleme zu lösen.

Auch heute noch ist unstrittig, dass der präfrontale Kortex für unseren Scharfsinn ungemein wichtig ist. Doch neuere Studien zeichnen ein differenzierteres Bild. Denn inzwischen haben Forscher mit Scannern das Gehirn vieler Probanden durchleuchtet, haben etwa die Menge der grauen Substanz in verschiedenen Hirnarealen gemessen und die mit dem Intelligenzquotienten ihrer Testpersonen verglichen.

Andere Teams haben das Hirn von Menschen beobachtet, die Denkaufgaben lösten oder Schachstellungen analysierten. Und dabei fielen neben dem präfrontalen Kortex regelmäßig auch andere Areale auf – beispielsweise wurde beim Bearbeiten eines IQ-Tests gleich ein ganzes Netz von Regionen aktiv.

Heute gehen Neurowissenschaftler davon aus, dass insgesamt 14 Hirnareale zu unserer Geisteskraft beitragen, darunter die beiden Schläfenlappen sowie der Hinterhauptslappen – Regionen, die auch für die Verarbeitung etwa von Sinnesreizen oder das Sprachvermögen zuständig sind (siehe Seite 38).

Zudem fanden Forscher heraus, dass bei komplexen Denkprozessen nicht nur Bereiche der Großhirnrinde eine Rolle spielen, sondern auch Neuronenverbände im Kleinhirn sowie der Hippocampus, eine Struktur tief im Hirn, die eine Archivierung von Gedächtnisinhalten steuert und diese an andere Areale weiterleitet.

Ein fest umrissenes Intelligenzzentrum gibt es also offenbar nicht. Unser Scharfsinn ergibt sich vielmehr

Geschwindigkeit wiederum hängt offenbar davon ab, wie effektiv die Areale miteinander kommunizieren. Darauf zumindest deutet eine Untersuchung von Forschern aus Utrecht hin, die sich mit ebenjener Zwiesprache der Hirnregionen befasst haben.

Die niederländischen Wissenschaftler scannten die Gehirne von Versuchsteilnehmern und stellten fest: Bei Probanden mit hohem IQ legte ein elektrisches Signal im Schnitt eine kürzere Strecke zurück, um von einem Areal zum anderen zu gelangen, als bei Testpersonen mit niedrigerem IQ.

Die Hirnregionen langsam denkender Menschen tauschen demnach neuronale Botschaften wahrscheinlich auf weniger direkten Routen aus. Bei besonders scharfsinnigen Menschen dagegen bahnen sich die Nervenimpulse ihren Weg schneller durchs Gehirn, passieren mithin wohl weniger Zwischenstationen – ähnlich wie ein Direktflug sein Ziel eher erreicht als einer mit Zwischenstopp.

Eine mehr oder weniger effiziente Vernetzung entscheidet, so die Wissenschaftler, maßgeblich über unsere intellektuellen Fähigkeiten. Und damit ließen sich womöglich bis zu 30 Prozent der IQ-Unterschiede in der Bevölkerung erklären.

DOCH WIE SIND jene Routen zwischen den Hirnregionen genau beschaffen? Welche anatomische Struktur liegt den Verbindungen zugrunde, die es dem Nervengeflecht in unserem Kopf erlauben, komplexe Denkprozesse zu steuern?

Auch diese Fragen versuchen Forscher seit einiger Zeit mithilfe hochempfindlicher Tomographen zu klären. Die bildgebenden Verfahren zeigen, dass die kommunizierenden Hirnzentren meist durch Stränge einer hellen Masse miteinander verbunden sind: der „weißen Substanz“.

Dieses Gewebe besteht vor allem aus Abermillionen Axonen: jenen Fortsätzen der Nervenzellen, die Signale von einer Zelle zur nächsten übertragen. Ein ausgedehnter Bereich dieser Masse verbirgt sich direkt unter der grauen Substanz der Hirnrinde – vergleichbar einem Kabelgewirr, das im

Boden eines Rechenzentrums verläuft. Auch der Balken, eine Verbindung zwischen den beiden Hirnhälften, besteht aus weißer Substanz (siehe Seite 42).

Für ihre weiße Farbe sorgt ein Stoff, der die Axone umhüllt: das Myelin. Es ist eine fettreiche Substanz, die sich in mehreren Schichten um die Nervenfasern

Besitzt das menschliche Gehirn
ein **Zentrum der Intelligenz**,
eine **Chefetage** unserer
Gedankenwelt?

aus dem komplexen Zusammenspiel mehrerer Zentren – vergleichbar einem Verbund etlicher miteinander vernetzter Rechner.

Die Leistungsfähigkeit dieses Netzwerks ist von Mensch zu Mensch unterschiedlich: Deshalb denkt der eine etwas schneller, der andere etwas langsamer. Die

WAS *Hirndoping* WIRKLICH BRINGT

Immer mehr Menschen schlucken Pillen, mit denen sie angeblich besser denken. Welche Folgen hat das für ihren Verstand?

Eigentlich sollen Medikamente Krankheiten heilen. Das Präparat Ritalin etwa wird verschrieben, um das Konzentrationsvermögen von Patienten zu steigern, die unter der Aufmerksamkeitsstörung ADHS leiden. Der Wirkstoff Modafinil hilft Menschen, die regelmäßig von Schlafattacken übermannt werden, tagsüber wach zu bleiben. Und die Substanz Fluoxetin lindert Depressionen.

Doch seit einigen Jahren greifen auch immer mehr Menschen, die keinerlei neurologische Störung haben, zu diesen Arzneien. Viele von ihnen erwarten, dass die Pillen auch das gesunde Hirn positiv beeinflussen. In der Hoffnung, Informationen schneller verarbeiten, Fakten besser speichern und so effizienter denken zu können, sollen an manchen US-Universitäten bis zu 25 Prozent der Studenten solche Arzneien nehmen.

2008 ergab eine Befragung der Fachzeitschrift „Nature“, dass jeder fünfte von 1427 Wissenschaftlern derartige Stoffe eingenommen hatte. Nicht wenige Akademiker glauben: Die Präparate machen aufmerksamer, scharfsinniger, ja sogar kreativer.

Dass etliche der heute verfügbaren Medikamente die Hirntätigkeit tatsächlich stimulieren, ist unumstritten. Ihre Wirkung entfalten die meisten Neuropharmaka, indem sie die Menge an Botenstoffen – etwa Dopamin und Noradrenalin – in jenen Hirnarealen erhöhen, die unsere Aufmerksamkeit und Konzentration steuern. Das hat zur Folge, dass dort die Nervenzellen elektrische Signale effizienter austauschen.

Bei Demenzzkranken kann dies am Beginn der Krankheit zu einer verbesserten Hirnleistung führen. Bei Gesunden aber wird der Effekt nach Meinung der meisten Experten weit überschätzt.

Zwar könnten einige Substanzen vorübergehend vor Müdigkeit schützen oder die Aufmerksamkeit steigern. Doch bisher vermochte kaum eine wissenschaftlich fundierte Studie nachzuweisen, dass die Mittel zu einem höheren IQ oder gar zu kreativeren Gedanken verhelfen.

Im Gegenteil: Kognitionsforscher fanden heraus, dass der Konsum von Ritalin mitunter sogar negative Auswirkungen auf das geistige Leistungs-

vermögen hat. Studenten, denen sie das Mittel im Rahmen einer Studie verabreichten, neigten dazu, ihre eigenen Fähigkeiten zu überschätzen. Sie wurden impulsiv und fähig, begannen etwa Aufgaben zu lösen, bevor ihnen alle relevanten Informationen zur Verfügung standen – und schnitten bei Leistungstests schlechter ab als eine Vergleichsgruppe.

Zudem wissen die Forscher noch nicht, welche langfristigen Auswirkungen die Präparate auf das gesunde Hirn haben. Einige Substanzen stehen jedenfalls unter dem Verdacht, süchtig zu machen oder gar manische Zustände und Psychosen auszulösen.

Möchten Menschen ihr geistiges Potenzial im Alltag voll entfalten, können sie sich besser an bewährte Stimulanzien halten: Einige Tassen Kaffee wirken ähnlich anregend wie manche vermeintliche Wunderpille.

Allerdings ist die wohl beste Methode, unseren Geist fit zu halten – so sagen die meisten Experten –, eine ganz natürliche: Wir sollen unserem Gehirn genug Schlaf gönnen. *Jochen Müller*

wickelt – etwa wie Isolierband um ein Kupferkabel. Eine solche Umkleidung der Fasern verhindert eine Abschwächung der elektrischen Impulse und beschleunigt deren Übertragungsgeschwindigkeit: Dank des Myelins rasen Signale 100-mal schneller durch die Fortsätze.

Die biologische Isolierschicht ist bei der Geburt eines Menschen jedoch noch unvollständig, sie bildet sich erst nach und nach in verschiedenen Hirnregionen aus. In manchen Bereichen wie dem präfrontalen Kortex dauert dieser Vorgang bis ins Erwachsenenalter an.

Obwohl die weiße Substanz beim Menschen fast die Hälfte des Gehirnvolumens ausmacht – mehr als bei jedem anderen Lebewesen – und aus Abermillionen Fasern besteht, haben Forscher sie lange Zeit nur wenig beachtet: Sie konzentrierten sich vor allem auf die Rinde des Denkorgans, die graue Substanz. Hier, so vermuteten sie, finde das Wesentliche statt, hier

organisierten sich die Zellkörper der Neurone gleich Prozessoren in einem Computer.

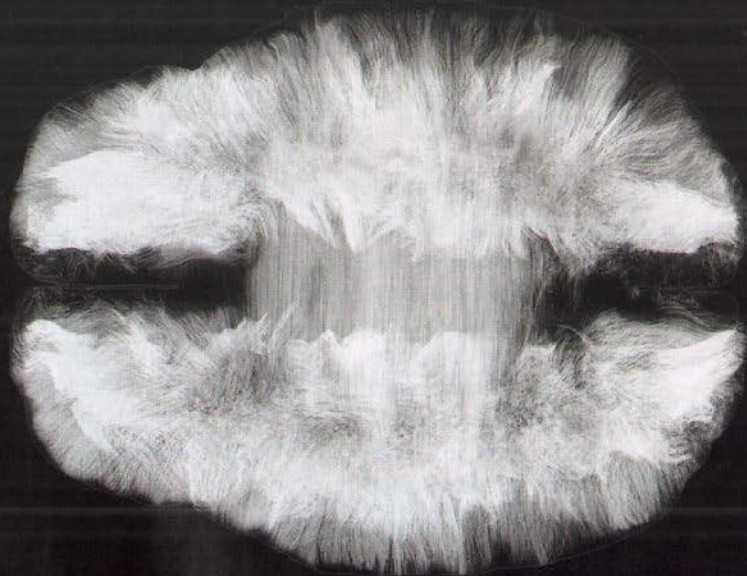
Doch dann begannen Wissenschaftler, das Gehirn von Patienten mit neurologischen Beschwerden zu durchleuchten – und entdeckten dabei häufig auffällige Veränderungen in der hellen Masse: etwa bei Menschen, die an Multipler Sklerose leiden, einer Nervenkrankheit, die zu schweren Lähmungen und geistigen Beeinträchtigungen führen kann. Im Hirn und Rückenmark der Betroffenen zerstören Entzündungen nach und nach das Myelin, sodass die Axone kaum noch Signale übertragen können. Auch bei einigen anderen Störungen – etwa Autismus oder Schizophrenie – spielen Schäden der weißen Substanz offenbar eine Rolle.

Und sie verändert sich nicht nur bei Krankheiten, wie man heute weiß, sondern auch, wenn ein Mensch eine besondere Fähigkeit erlernt. So haben professio-



Das Rätsel der weißen Substanz

Obwohl sie bei Menschen etwa die Hälfte des Hirnvolumens ausmacht, haben Forscher sie lange Zeit kaum beachtet: die „weiße Substanz“, die aus Abermillionen von Axonen besteht. Mit diesen hauchdünnen Fasern übermitteln Nervenzellen elektrische Impulse an andere Neurone. Die Fasern durchziehen das gesamte Gehirn und verbinden die unterschiedlichen Denkreale miteinander – gleich einem Kabelgewirr, das die Computer eines gigantischen Rechenzentrums vernetzt. Für die Farbe der weißen Substanz sorgt ein Stoff, der die Nervenfasern umhüllt: das Myelin – eine fettreiche Verbindung, die sich in mehreren Schichten um die Axone wickelt (wie Isolierband um ein Kupferkabel). In dieser Darstellung des Gehirns fehlen die Zellkörper sämtlicher Neurone, gezeigt wird allein das komplexe Geflecht der Axone.



EINE BRÜCKE AUS FASERN

Die beiden Großhirnhälften (hier von oben) sind über den Balken, der aus 200 bis 250 Millionen Nervenfasern besteht, miteinander verbunden. Forscher haben herausgefunden, dass die Hirne intelligenter Menschen oft über einen besonders kräftigen Balken verfügen. Vermutlich können linke und rechte Hirnhälfte dadurch schneller Informationen austauschen.



DIE KABEL IM GEHIRN

Ein großer Teil der weißen Substanz verbirgt sich direkt unter der Großhirnrinde und verbindet mehrere Areale miteinander, die unter anderem für logisches Denken zuständig sind. Die Art der Vernetzung variiert von Mensch zu Mensch und erklärt nach Ansicht mancher Neurowissenschaftler bis zu 30 Prozent der IQ-Unterschiede in der Bevölkerung.

Memo: **HIRNFORSCHUNG**

► **Das Gehirn** des Menschen ist durchschnittlich rund 1,4 Kilogramm schwer und besteht zum Großteil aus Wasser, Fett und Eiweiß. In ihm sammeln sich etwa 100 Milliarden Nervenzellen – die Neurone.

► **Neurone besitzen** oft Tausende Fortsätze (Dendriten), mit denen sie elektrische Signale von anderen Nervenzellen empfangen. Zudem verfügen sie über eine einzelne, mitunter lange Faser (Axon), mit der sie selbst Impulse aussenden.

► **Die Nervenzellen** in unserem Kopf stehen über rund eine Billiarde Schnittstellen (Synapsen) in Kontakt.

► **Die Großhirnrinde**, eine etwa drei Millimeter dicke Schicht, die das Hirn umhüllt, beherbergt die graue Substanz: eine Masse aus den Zellkörpern der Neurone.

► **Unter der grauen Substanz** verbirgt sich die weiße Substanz, die aus Abermillionen Axonen besteht. Die vernetzen die verschiedenen Hirnareale miteinander.

► **Die Hirnhälften** von Menschen mit hohem IQ sind oft besonders gut miteinander vernetzt.

nelle Pianisten in bestimmten Hirnregionen deutlicher ausgeprägte helle Stränge. Ob dort mehr Axone verlaufen oder die Fasern über eine dickere Myelinschicht verfügen, können die Forscher allerdings noch nicht sagen.

Studien zeigen jedoch: Je früher ein Mensch mit dem Klavierspielen beginnt, desto auffälliger sind später die Unterschiede zu jenen, die kein Instrument beherrschen – offenbar verändert das regelmäßige Üben die

Gehirnstruktur vor allem in jungen Jahren, wenn sich die Myelinschicht in vielen Arealen noch entwickelt.

Und nicht zuletzt unterscheidet sich dieses Gewebe auch bei Menschen, die besonders intelligent sind. Eine US-Untersuchung ergab, dass die Hirnhälften von Menschen mit hohem Verstand oft über einen besonders kräftigen Balken miteinander verbunden sind: Linke und rechte Hemisphäre können dadurch vermutlich schneller und effizienter Informationen austauschen.

In einer anderen Studie über Zwillingspaare stellte sich zudem heraus, dass die weiße Substanz in vielen Hirnregionen jener Versuchsteilnehmer, die einen hohen IQ hatten, deutlich stärker ausgeprägt war – unter anderem in Strängen, die mit dem präfrontalen Kortex verbunden sind. Bei eineiigen Zwillingen, deren Erbgut ja identisch ist, stimmten diese Auffälligkeiten häufig überein.

Das lässt den Schluss zu, dass nicht nur Lernvorgänge wie das Klavierspielen die weiße Substanz beeinflussen, sondern auch Erbanlagen darüber bestimmen, wie gut die Axone mit Myelin umwickelt sind – wie schnell also diese Fasern Botschaften übermitteln. Und letztlich, mit welchem Tempo unsere Gedanken entstehen, wie rasch unser Hirn mit sich selbst kommuniziert.

UM DIE MENSCHLICHE INTELLIGENZ zu entschlüsseln, müssen Forscher also beides berücksichtigen: die graue und die weiße Substanz. Beide sind unabdingbar für ein leistungsfähiges Gehirn – so wie ein Computernetzwerk nicht nur die schiere Prozessorleistung

braucht, sondern auch Kabel, die effizient verlegt sind und Daten schnell übertragen.

Doch die Forschungen zeigen auch, dass Geisteskraft auf ganz unterschiedliche Weise zustande kommen kann. Es gibt nicht die eine ideale Verdrahtung von Neuronen, die hohe Intelligenz hervorruft.

Bei einem Menschen ist möglicherweise die weiße Substanz stärker ausgeprägt, während ein anderer über besonders

leistungsfähige Hirnzentren in der grauen Substanz verfügt – beider IQ kann dennoch gleich hoch sein.

Wie unterschiedlich die Faktoren für Intelligenz sein können, belegt eine weitere Studie: Weibliche Versuchsteilnehmer, die über einen außergewöhnlich hohen IQ verfügten, besaßen auffallend oft sowohl viel graue als auch viel weiße Substanz – und zwar meist in den vorderen Hirnbereichen. Männer mit hohem IQ dagegen wiesen vor allem mehr graue Substanz auf. Und diese Besonderheit zeigte sich bei ihnen nicht nur im stirnnahen Bereich, sondern auch in hinteren Regionen des Denkkorgans.

Intelligenz hat also ganz offenbar deutlich vielfältigere Ursachen, als die Neurowissenschaftler bislang angenommen haben.

VON EINER ANTWORT auf die Frage, wie unser Scharfsinn entsteht, sind die Forscher deshalb noch weit entfernt.

Zu viele Eigenheiten des Denkkorgans sind ungeklärt, zu viele ungelöste Geheimnisse verbergen sich noch in diesem verworrenen Geflecht aus Nervenzellen: dieser weichen Masse aus Fett, Eiweiß und Wasser, die manche Wissenschaftler für die komplexeste Struktur im Universum halten.

Unter anderem zeigt sich das Wunder unseres Gehirns auch in seiner Fähigkeit, bisweilen trotz schwerster Schäden noch zu funktionieren.

Von einem solchen Fall berichtete vor einiger Zeit der britische Neurologe John Lorber. Der Mediziner

hatte das Gehirn eines jungen Mannes durchleuchtet, der wegen seines leicht überdimensionierten Kopfes an ihn verwiesen worden war. Die Bilder offenbarten: Der Untersuchte litt unter einem Wasserkopf, einer Störung, bei der sich Hirnflüssigkeit anstaut und das Organ oft schwer beschädigt wird.

Bei dem Betroffenen waren die Folgen allerdings besonders dramatisch: Wo gesunde Menschen eine rund viereinhalb Zentimeter messende Hirnschicht besitzen, war ihm nur etwa ein Millimeter geblieben. Der junge Mann habe „praktisch kein Gehirn“ mehr gehabt, berichtete Lorber (siehe auch Seite 117).

Doch während manche Patienten mit dieser Krankheit schwer behindert sind oder an den Folgen sterben, war dieser offenbar nicht beeinträchtigt: Niemand hatte die Störung bemerkt. Sozial verhielt er sich völlig normal, mit einem IQ von 126 war er sogar überdurchschnittlich intelligent – und hatte sein Mathematikstudium mit Auszeichnung abgeschlossen.

Vielleicht, so ein Erklärungsversuch des Neurologen Lorber, besitzt das Gehirn eine Menge an Ersatzschaltkreisen, sodass selbst bei schwersten Schäden oft noch genügend übrig bleiben, um die Denkfunktion aufrechtzuerhalten. Vor allem eines aber beweist der Fall: Wie das menschliche Gehirn im Detail arbeitet, wie genau wir denken, auf welche Weise Intelligenz zustande kommt – das ist immer noch ein Rätsel.

Und so wird wohl auch das außergewöhnliche Talent von Albert Einstein vorerst ungeklärt bleiben.

Das Gehirn des Genies, das der Pathologe Thomas Harvey jahrzehntelang sorgsam gehütet und bei seinen Umzügen stets mitgenommen hatte, ist inzwischen wieder an den Ort der Obduktion zurückgekehrt: Ende der 1990er Jahre übergab Harvey das Organ dem University Medical Center von Princeton – jenem Krankenhaus, in dem er über 40 Jahre zuvor Einsteins Körper untersucht und das Gehirn entnommen hatte.

In der Pathologie-Abteilung liegt das Denkorgan nun bereit für zukünftige Forscher, die es dereinst ganz sicher noch einmal genau untersuchen werden.

In der Hoffnung, jenes große Mysterium zu ergründen: das Wesen der menschlichen Intelligenz. □

Martin Paetsch, 40, arbeitet als Wissenschaftsjournalist in Hongkong. Der Illustrator **Tim Wehrmann**, 37, lebt in Hamburg und erstellt für GEOkompakt regelmäßig komplexe, auf neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen basierende 3-D-Grafiken.

Literaturempfehlung: Gerhard Roth, „Fühlen, Denken, Handeln – Wie das Gehirn unser Verhalten steuert“, Suhrkamp 2003; diese Darstellung hirnpfysiologischer Erkenntnisse vermittelt umfassend und verständlich die Grundlagen der Neurobiologie, von der Arbeitsweise einer Nervenzelle bis zur Funktion verschiedener Hirnareale.

So wichtig sind gute Zutaten!

Lebensmittel sind nur so gut wie ihre Grundbestandteile. Erfahren Sie in der neuen ZEIT WISSEN-Serie, wie wichtig die Zutaten unserer Nahrung – Milch, Zucker, Getreide – sind. Wie sie durch die Weiterverarbeitung beeinflusst werden und woran Sie als Verbraucher hohe Qualität erkennen.



Neue Serie: »Gute Ernährung«

- ▶ Teil 1: Milch – jetzt erhältlich
- ▶ Teil 2: Getreide (ab 11.10.)
- ▶ Teil 3: Zucker (ab 06.12.)

Mehr Infos unter:
www.zeit.de/zw-probeabo

ZEIT WISSEN



GEMEINSAM KÖNNEN KINDER ihr
kognitives Potenzial weitaus besser
entfalten als auf sich allein gestellt

Kindesentwicklung

Die **Geburt** der Gedanken

Um ihren Verstand zu formen, gehen Babys ähnlich vor wie Wissenschaftler: Sie experimentieren. Jede einzelne Erkenntnis, die sie über die Welt gewinnen, hinterlässt im unerfahrenen Gehirn Spuren. Erst vor Kurzem haben Forscher herausgefunden, wie die überragende Intelligenz des Menschen heranreift



UMBAUARBEITEN IM HIRN bewirken, dass Kinder komplexe Probleme nach und nach immer schneller lösen können

Text: Alexandra Rigos
Fotos: Olivier Coulangue

Um einen der erstaunlichsten Vorgänge im Leben eines Menschen zu erforschen, bedienen sich Wissenschaftler mitunter skurriler Methoden. Manchen Probanden setzen sie beispielsweise Helme mit Elektroden auf, die aufzeichnen, was in ihren Hirnen vor sich geht, wenn sie freundliche oder barsche Stimmen vom Tonband hören. Anderen Testpersonen halten die For-

scher bunte Fotos vor die Nase, spielen ihnen scheinbar sinnlose Silben vor oder stapeln mit übertriebenen Handbewegungen Klötzchen aufeinander. Und wieder andere Versuchsteilnehmer müssen an präparierten Schnullern saugen, während sie auf einem Monitor abwechselnd Gesichter oder Schachbrettmuster betrachten. Je heftiger sie nuckeln, desto länger dürfen die Untersuchten das bevorzugte Bild anschauen.

Die derart seltsam anmutenden Versuche laufen häufig etwas zäh ab. Denn



die Probanden können weder sprechen noch laufen, ja häufig nicht einmal greifen: Es sind Babys.

Haben die Säuglinge einen guten Tag, schauen sie den Wissenschaftlern interessiert zu. Häufig aber zappeln die Kleinen auf dem Schoß ihrer Mutter herum, spielen gelangweilt mit ihren Zehen – oder schlafen ein.

Und dennoch haben Entwicklungspsychologen auf diese Weise revolutionäre Einsichten in die Gedankenwelt von Babys gewonnen. Und sind gerade

VON ANFANG AN sind Kinder auf Lernen programmiert. Ihr ungestümer Forscherdrang lässt sie immer neue Welten und Zusammenhänge entdecken

dabei, Antworten zu finden auf einige der großen Fragen der Wissenschaft:

- Wie formt sich im reifenden Gehirn die Intelligenz des Menschen?
- Wie schafft es ein hilfloses Geschöpf, das anfangs kein einziges Wort versteht, sich innerhalb von kaum zwei Jahrzehnten zu einem Erwachsenen zu entwickeln, der fähig ist, mühelos

komplizierte Sätze zu bilden, Differenzialgleichungen zu lösen oder über verwickelte philosophische Fragen zu diskutieren?

Die Wissenschaftler versuchen also letztlich zu ergründen, wie ein Kind zu seinem Verstand kommt.

Und dank ihrer einfallsreichen Experimente haben die Babyforscher in den vergangenen Jahren viele herkömmliche Annahmen über die geistige Entwicklung von Heranwachsenden völlig auf den Kopf gestellt. Lange glaub-

ten Psychologen beispielsweise, dass Säuglinge die Welt als totales Chaos erleben, als „blühende, summende Verwirrung“, wie es der renommierte US-Psychologe William James ausdrückte. Doch neuere Erkenntnisse belegen das Gegenteil: Kinder werden bereits mit einem beeindruckenden Wissen über die Welt geboren. Und sie verfügen von Anfang an über das geistige Rüstzeug, um in ihrer Umgebung Sinn, Regeln und Zusammenhänge zu erkennen. Und mithin über die Basis, auf der ihre gesamte Geisteskraft fußt.

BEREITS UNMITTELBAR nach ihrer Geburt etwa vermögen Säuglinge zwischen Personen und Objekten zu unterscheiden. Zugleich sind sie darauf gepolt, dem Verhalten von Menschen höchste Aufmerksamkeit zu widmen.

Diese Fähigkeit mag nebensächlich erscheinen, ist es aber nicht für ein kleines Wesen, das kurz zuvor noch die

Schon **Neugeborene** verfügen über das **geistige Rüstzeug**, um in ihrer **Umgebung** Regeln und **Zusammenhänge** zu erkennen

Dunkelheit des Mutterleibs vor Augen hatte: Denn woher weiß das Neugeborene, dass ein Mensch etwas anderes ist als ein Auto, das sich ebenfalls bewegt und Geräusche von sich gibt?

Offensichtlich bringen Kinder diese Fähigkeit – Gegenstände und Menschen auseinanderzuhalten – mit auf die Welt.

Die Babyforscherin Elizabeth Spelke von der Harvard University hält diese Gabe, die Wissenschaftler „Kernkompetenz“ nennen, für genetisch fixiert.

UM ÜBER DIE WELT zu lernen, setzen Kleinkinder möglichst viele Sinne ein: Sie greifen etwa nach einer Blume, riechen an ihr, stecken sie in den Mund

Gesteuert durch ein hochkomplexes (noch nicht vollständig verstandenes) Zusammenspiel von Erbinformationen, reift sie im Gehirn jedes Menschen heran, noch ehe er das Licht der Welt erblickt.

Im Alter von drei bis vier Monaten sind Babys dann in der Lage, auch andere Lebewesen in Kategorien einzuordnen. Sie unterscheiden etwa zwischen Hunden, Pferden und Katzen.

Dieses Vermögen, Kategorien zu bilden, gehört zu einer der grundlegenden Voraussetzungen für jede Form unseres Denkens: Um über etwas nachsinnen zu können, das wir gerade nicht vor uns sehen – etwa eine Katze –, benötigen wir eine Art inneres Bild des Tieres. Ohne eine Vorstellung davon, wie eine Katze aussieht, wie sie sich bewegt, anfühlt oder welche Laute sie von sich gibt – letztlich also, welches Wesen sie hat – wäre sie nur dann für uns existent, wenn wir einem Exemplar begegneten. „Repräsentation“ nennen Forscher diese geistigen, inneren Bilder.

Dass erst wenige Monate alte Babys – anders, als lange gedacht – solche unsichtbaren Objekte tatsächlich im Gedächtnis behalten, legte folgender Versuch nahe: Entwicklungspsychologen ließen eine Spielzeugente langsam über eine kleine Bühne wandern. Dann verschwand der Vogel hinter einer Pappwand. Sekunden später wurde die Verdeckung entfernt, die Ente hätte also wieder in Erscheinung treten müssen.

Und genau das erwarteten die Babys auch: War der Vogel aber nun verschwunden, reagierten die Kleinen sichtlich verärgert. Ihre Verwirrung verrieten sie durch ihre Blicke – Babys schauen wesentlich länger dorthin, wo etwas Unerwartetes geschieht.

Dank etlicher solcher Versuche haben Forscher nicht nur herausgefunden,



In jenem **Maße**, in dem sich *der Blick des Kindes* auf die Welt **öffnet**, erweitert sich auch **sein innerer Horizont**

dass Säuglinge ein ausgeprägtes Gespür für die Dauerhaftigkeit von Gegenständen haben, also in ihren Köpfen Repräsentationen formen. Sie zeigen sogar Verständnis für physikalische Gesetzmäßigkeiten: Taucht die hinter der Abdeckung verschwundene Ente nämlich an einer Stelle wieder auf, wo ihre ursprüngliche Bewegung sie nicht hätte hinführen können, sind die Babys gleichfalls überrascht. Ebenso wundern sie sich, wenn ein Spielzeugauto scheinbar durch eine feste Wand fährt.



SEHE ICH NICHTS, sehen auch die anderen nichts: Dreijährigen fällt es noch schwer, das eigene Bewusstsein von dem der anderen abzugrenzen

Menschen kommen demnach nicht als unbedarfte Geschöpfe bar jeglichen Wissens auf die Welt. Vielmehr bringen sie ein tragfähiges Fundament angeborener Kenntnisse mit sich. Auf ihm bauen die Kleinen unverzüglich das Gebäude ihres Verstandes auf.

UM NUN WEITERE Einsichten über ihre Umwelt, über die Natur und die Funktionsweise verschiedener Gegenstände oder über das Verhalten von Menschen zu gewinnen, scheinen

Babys – ohne dass es ihnen bewusst ist – wie Forscher vorzugehen: Sie experimentieren.

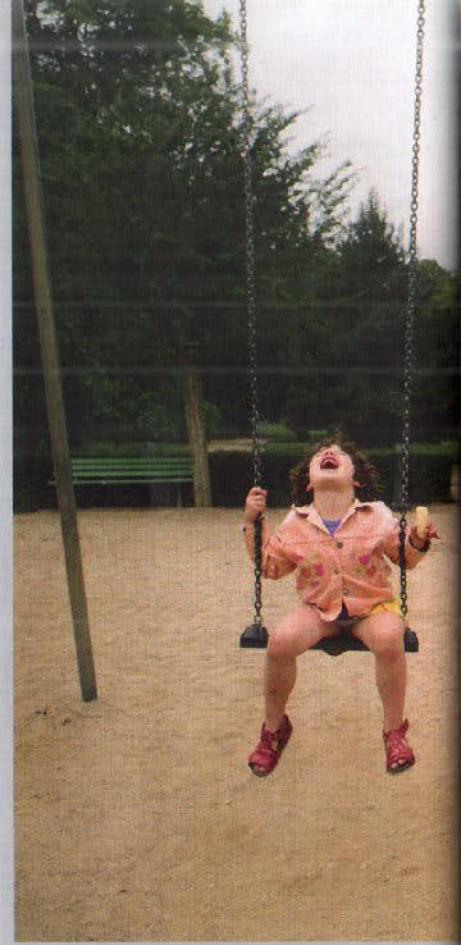
Was Erwachsenen oft als sinnlos-kindliches Spiel erscheint, ist in Wirklichkeit ein Lernprogramm. Wenn ein Baby beispielsweise seine Mutter damit nervt, dass es den Schnuller immer wieder wegwirft, will es sie nicht ärgern, sondern steckt mitten in einer Versuchsreihe: Fällt der Schnuller wirklich stets nach unten? Und hebt ihn die Mutter jedes Mal wieder auf?

Prompt lernt das Kind nicht nur etwas über die Schwerkraft, sondern auch über die Grenzen menschlicher Geduld. Dabei findet es seine Hypothesen entweder bestätigt: Der Schnuller landet stets auf dem Boden. Oder es muss sie revidieren: Irgendwann fängt die Mutter zu schimpfen an.

Auf diese Weise testen die Kleinen ständig ihre Umgebung auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten. Diese Erkundung der Welt und damit die Entfaltung der eigenen Geisteskraft ist jedoch nie allein Sache des Gehirns. Sie schließt stets auch die Sinne, den Körper mit ein.

Besonders in den ersten Lebensjahren bedingen sich motorische und geistige Entwicklung – „Greifen“ und „Begreifen“: Je geschickter das Kind mit seinen Fingern umzugehen vermag, je eingehender es Objekte betastet und je gewandter es sich schließlich fortbewegt, desto mehr Anregungen erfährt es, desto mehr Gegenstände kann es untersuchen. Und in eben jenem Maße, in dem sich sein Blick auf die Außenwelt öffnet, erweitert sich auch sein innerer, sein geistiger Horizont.

Um ein umfassendes Bild seiner Umgebung zu erhalten, versucht ein Baby bei seinen Studien stets möglichst viele Sinne einzusetzen: So hämmert es etwa mit einem Mobiltelefon gegen die



FASZINATION FREIRAUM: Ihre zügellose Impulsivität leben Kinder am besten im Freien aus. Dort sammeln sie viele wertvolle Erfahrungen

Tischkante und lauscht dem klopfenden Geräusch, es betrachtet das Gerät eingehend, drückt die Tasten – und steckt es schließlich in den Mund.

Die zahllosen Aha-Erlebnisse, die es dadurch fortwährend sammelt, regen einen der wundersamsten Prozesse in der gesamten Kindesentwicklung an: Im heranreifenden Gehirn bilden sich Milliarden Schaltstellen zwischen den jungen Nervenzellen, die die Sinnesindrücke in Form elektrischer Signale von einer Zelle zur nächsten leiten. Jeden Tag entstehen mehrere Hundert Millionen dieser winzigen Kontakte, die Forscher „Synapsen“ nennen.

Auf diese Weise bildet sich in den ersten zwei bis drei Lebensjahren im Hirn ein immer engmaschigeres Geflecht von Nervenzellen (oder Neuronen). Jede einzelne Erkenntnis hinterlässt im unerfahrenen Denkkorgan des Heranwachsenden Spuren – denn dort, wo der Verstand heranreift, erhöht sich



zwischen den beteiligten Nervenzellen bleiben deshalb künftig stumm – und die schnellere Reizweiterleitung zwischen ihnen bildet sich langsam wieder zurück. Nach einiger Zeit kann es dann vorkommen, dass diese nicht genutzten Schaltstellen gänzlich verschwinden.

Werden Synapsen aber immer wieder aktiviert, schaltet die Nervenzelle schließlich Gene an und bildet Eiweißstoffe, mit deren Hilfe sie die Verbindungen umbaut und verstärkt: Sie überleben nun dauerhaft.

Die Bildung neuer Synapsen und der Abbau überflüssiger Kontakte setzen also parallel ein.

Diese Auflösung von Synapsen ist für die kognitive Entwicklung ebenso wichtig wie deren Neubildung. Ohne einen Ausleseprozess würde der Verstand unweigerlich auf Irrwege geführt, denn ständig würde das sich entwickelnde Gehirn falsche Beziehungen herstellen, die nicht existieren. Deshalb

kommt diese Auslese einer gedanklichen Reinigung gleich: Sie sorgt dafür, dass der kindliche Geist nicht von Informationsmüll blockiert wird.

SCHON MIT etwa zehn Monaten hat der Verstand der Kleinen viele Regeln verinnerlicht. Jetzt besitzen Babys beispielsweise ein Gefühl für Mengen und Wahrscheinlichkeiten: Sie staunen, wenn jemand aus einer Kiste mit vielen blauen und wenigen roten Bällen immer nur rote Exemplare herausfischt. Sie wissen, dass drei Kekse mehr sind als zwei, und steuern gezielt die Dose mit der größeren Anzahl Leckereien an.

Und auch kausale Zusammenhänge beginnen sie zu begreifen: Rolllt eine Billardkugel davon, ehe eine andere sie angestoßen hat, sind sie perplex.

Diese rasanten Fortschritte sind nur möglich, weil Babys neues Wissen gleichsam aufsaugen, weil sie von Geburt an auf Lernen programmiert

vorübergehend die Aktivität zwischen den Synapsen bestimmter Nervenzellen.

Werden beispielsweise Neurone aktiviert, die für die Bilderkennung zuständig sind und einen kleinen schwarzen Kasten ausmachen, und gleichzeitig auch Zellen, die akustische Reize verarbeiten und durch ein schrilles Geräusch angeregt werden, vermögen nun Signale zwischen den beteiligten Synapsen leichter überzuspringen. Das bedeutet letztlich nichts anderes, als dass das Gehirn einen Zusammenhang zwischen den beiden Ereignissen herstellt. Und schon hat das Kind erkannt: Mobiltelefone können piepsen.

Doch nicht alle Zusammenhänge, die ein Baby erfasst, sind von Bedeutung: Fällt etwa der Saftbecher vom Tisch, während ein Mobiltelefon klingelt, haben die Ereignisse nichts miteinander zu tun. Und doch bewegen sich die elektrischen Botschaften, die durch diese beiden Signale aktiviert werden, fortan leichter zwischen den Nervenzellen.

Der Saft wird aber vermutlich kein zweites Mal vergossen, während das Telefon bimmelt. Die Kontaktstellen



NACHAHMEN, WAS DIE GROSSEN TUN: Während ihrer geistigen Entfaltung erkunden Kinder immer neue Gedankenwelten und spielen dabei auch mit den Geschlechterrollen – etwa indem sie den Lippenstift der Mutter ausprobieren



FREI VON ZWÄNGEN entdecken Heranwachsende die Eigenheiten der Natur. Zum Beispiel jenes physikalische Prinzip, nach dem man im Wasser weniger wiegt als an Land



NUR WER DAS RICHTIGE GEFÜHL für seinen Körper entwickelt, etwa beim Spielen mit einem Ball, kann im Laufe der Kindheit sein kognitives Potenzial voll entfalten

sind. Und doch stößt ihr natürlicher Forscherdrang an Grenzen, brauchen sie Partner. Allein auf sich gestellt, könnten die Kleinen ihre Intelligenz nicht annähernd so schnell entfalten. Das zeigen die Schicksale jener „Wolfskinder“, die ohne nennenswerten Kontakt zu anderen Menschen aufwachsen: Werden sie aufgefunden, sind die verwahrlosten Wesen meist unfähig zu sprechen und insgesamt geistig zurückgeblieben.

Unter normalen Umständen aber setzt gegen Ende des ersten Lebensjahres eine weitere Phase des geistigen Wachstums ein, die wie kaum eine andere die kognitive Entwicklung vorantreibt: Die Babys beginnen nun, aktiv von anderen Menschen zu lernen.

Kaum wahrnehmbar hat sich dieser Fortschritt bereits zuvor abgezeichnet: Die Kleinen folgten mit den Augen ihren Bezugspersonen und mitunter auch deren Blicken. In aller Regel aber haben sie sich bislang entweder einem Gegenstand oder einem Menschen gewidmet – nicht beidem zugleich.

Jetzt aber beginnen sie, der Mutter ein Spielzeug zu reichen oder mit dem Finger auf einen Keks zu deuten, den sie begehren. Es entstehen also Dreiecksverhältnisse: zwischen dem

Kind, einer anderen Person und einem Gegenstand.

Die Fähigkeit, seine Aufmerksamkeit derart zu teilen, ist die Voraussetzung für eine Denkleistung, die Wissenschaftler „kulturelles Lernen“ nennen: Nur wer sich mit einem anderen Menschen über ein Objekt oder eine dritte Person austauschen kann – also etwa Fragen stellt oder Handlungen nachahmt –, vermag am Wissen seines Gegenübers teilzuhaben.

Nun ist das Baby nicht mehr allein auf seine Experimente nach der Devise „Versuch und Irrtum“ angewiesen. Es beginnt, vom Erfahrungsschatz seiner Umgebung, ja letztlich der gesamten Menschheit zu profitieren.

Nach Ansicht des Leipziger Anthropologen Michael Tomasello ist das kulturelle Lernen eine der Fähigkeiten, die uns zu Menschen macht. Denn wahrscheinlich verbirgt sich darin der Hauptgrund für unsere Geisteskraft – Schimpansen zum Beispiel mangelt es nicht etwa an Einfallsreichtum, sondern an der Fähigkeit, systematisch auf Erfahrungen ihrer Artgenossen aufzubauen und deren Ideen weiterzuentwickeln. Obwohl sich diese nächsten Verwandten der Menschen

bei manchen Aufgaben durchaus intelligent anstellen, sind sie nicht einmal in der Lage, einen simplen Fingerzeig zu verstehen.

AUCH EINES der wichtigsten Werkzeuge zur Weitergabe von Wissen, zur Vermittlung abstrakter Gedanken und damit zur Ausbildung von Intelligenz ist ohne kulturelles Lernen nicht denkbar: die Sprache.

Nur deshalb, weil die Mutter auf ein Spielzeug deutet und dabei „Ente“ sagt, vermag das Kind dieses Wort richtig zu deuten. Könnte es der Aufmerksamkeit seiner Mitmenschen nicht folgen, würde es in ein Sprachwirrwarr stürzen – und etwa die Banane, die es gerade verspeist, für eine Ente halten.

Umgekehrt beschleunigt die Fähigkeit, Wörter zu verstehen und selbst zu sprechen, die Aufnahme von Wissen. Im Alter von einem Jahr sprechen Kinder bereits erste Wörter, sechs Monate später beherrschen sie meist schon 20 verschiedene Ausdrücke. Und fortan lernen sie im Schnitt jede Woche mehr als 60 neue Begriffe dazu.

Explosionsartig weitet sich damit der geistige Horizont der Mädchen und Jungen; von Tag zu Tag verstehen sie



IM SPIEL SETZEN VIERJÄHRIGE zunehmend ihre Fantasie ein, schlüpfen etwa in verschiedene Rollen. Und schulen dabei unter anderem die Kunst des Perspektivwechsels



DIE ENTDECKUNG DES WORTES: Kinder benötigen nur wenige Jahre, um die Aussprache und Bedeutung Tausender Begriffe zu erlernen und sie miteinander zu verbinden

mehr von der Welt, ihr Verhalten ist zunehmend von der Vernunft gesteuert.

Um allerdings überhaupt sprechen zu lernen, muss das Gehirn der Kleinen eine höchst schwierige Herausforderung bewältigen, über die sich Erwachsene kaum Gedanken machen: Die Kinder müssen beginnen, Symbole zu verstehen. Denn es gilt nicht mehr nur, eine Repräsentation von Gegenständen und Lebewesen im Kopf zu haben, sondern dieses innere Bild nun mit einem abstrakten Begriff wie „Ente“, „Auto“ oder „Mama“ zu verbinden.

Symbole sind nichts anderes als Zeichen, die für etwas anderes stehen – gleich ob Worte, Bilder oder Modelle. Die Leichtigkeit, mit der Menschen sie verwenden, unterscheidet sie von allen anderen Lebewesen. Erst Zeichen machen die Weitergabe komplexer Erfahrungen und Kenntnisse möglich.

Ohne Symbole wären die geistigen Höhenflüge der Menschheit undenkbar: Es gäbe keine Sprache, niemand könnte irgendeine Schrift entziffern, keiner den Sinn eines Kunstwerks verstehen, ja nicht einmal einen schlichten Pfeil als Wegweiser begreifen.

In dieses komplexe Universum der Zeichen wachsen Kinder nur langsam

Mit **vier Jahren**
beginnen Kinder,
andere Menschen
bewusst zu
belügen: Damit
vollbringen sie
eine *kognitive*
Höchstleistung

hinein. Denn symbolisches Denken erfordert eine Art doppelte Buchführung im Hirn: Jedes Symbol steht für etwas anderes, es existiert aber auch für sich.

Diesen Widerspruch können Kinder nicht von einem Tag auf den anderen auflösen, sie müssen das erst mühsam lernen. So grabschen neun Monate alte Babys nach der Zeichnung einer Kuh im Bilderbuch wie nach jedem anderen Gegenstand, den sie erkunden wollen.

Anderthalbjährige hingegen haben in der Regel bereits begriffen, was eine Abbildung ist: Sie zeigen auf die Darstellung der Kuh und sagen „da“ oder „muh“. Ganz perfekt ist ihr Symbolverständnis aber noch nicht: In einem Experiment glaubten selbst viele Vierjährige noch, aus einer abgebildeten Schüssel Popcorn würden Körner herausfallen, wenn man sie auf den Kopf stellt.

WÄHREND SICH das symbolische Denken kontinuierlich verbessert, machen Kinder eine weitere faszinierende Erfahrung. Manche Psychologen sehen sie sogar als eine Art zweite, geistige Geburt an: Die jungen Menschen entdecken sich selbst. Im kindlichen Hirn festigt sich eine abstrakte Vorstellung – das Konzept vom eigenen Ich.



NOCH STAUNEN SIE über Alltägliches. Doch die uneingeschränkte Offenheit von Jungen und Mädchen versiegt nach und nach

Meist ab einem Alter von 18 Monaten erkennen sich Kleinkinder erstmals im Spiegel. Sie versuchen dann etwa, einen Farbfleck von ihrer Stirn zu wischen, den man ihnen unbemerkt ins Gesicht getupft hat. Den bestandenen „Spiegeltest“ werten Wissenschaftler als Beweis dafür, dass ein Mensch ein Bewusstsein seiner selbst hat.

Doch ebenso wie das Symbolverständnis scheint auch das Ich-Gefühl erst allmählich heranzureifen. So haben selbst Dreijährige oft noch Schwierigkeiten, das eigene Bewusstsein von dem der anderen abzugrenzen. Sie gehen nicht selten davon aus, dass alle das

schlossen die Wissenschaftler die Dose wieder und erkundigten sich, was ein nicht anwesender Freund darin vermuten würde. Und die Kinder antworteten voller Überzeugung: „Bleistifte.“

„Es ist, als würden Kleinkinder glauben, dass jeder die Welt und die Wirklichkeit in gleicher Weise verstehen muss, weil es ja nur eine Welt und Wirklichkeit gibt“, resümiert etwa die amerikanische Entwicklungsforscherin Alison Gopnik.

Frage man die Kinder anschließend, was sie anfangs in der Dose zu finden hofften, behaupteten sie ebenfalls: „Bleistifte.“ Ein Dreijähriger kann sich also auch nicht vorstellen, dass er selbst einmal etwas anderes geglaubt hat als in diesem Moment.

„Mit drei Jahren können wir offensichtlich den Unterschied zwischen unseren früheren und jetzigen Gedanken nicht begreifen“, erläutern Alison Gopnik und ihre Kollegen. Dies sei möglicherweise eine Erklärung dafür, dass wir uns an nichts von dem erinnern, was in unseren ersten Lebensjahren geschehen ist.

Dabei behalten Kleinkinder manche Ereignisse durchaus monatelang im Gedächtnis. Alison Gopnik zufolge können sie die kleinen Dinge, die sie erleben, jedoch nicht zu autobiografischen Erinnerungen zusammenfügen. Für sie hat gewissermaßen das, was

Sobald **ein Kind** seine Aufmerksamkeit zu teilen vermag, kann es vom Erfahrungsschatz der gesamten Menschheit lernen

Gleiche denken, sehen und wissen wie sie selbst. Sie sind meist unfähig, die Perspektive anderer einzunehmen.

Dies veranschaulicht ein Experiment, bei dem Forscher dreijährigen Kindern eine verschlossene Bonbondose zeigten und nach deren Inhalt fragten. Natürlich erwarteten die Kleinen darin Bonbons. Öffneten sie den Behälter, fanden sie zu ihrer Enttäuschung aber Bleistifte. Nun

ihnen gestern widerfahren ist, nichts mit ihrem heutigen Ich zu tun.

Die frühesten Erlebnisse, an die sich Erwachsene erinnern, stammen meist aus dem vierten Lebensjahr. Und so ist es nicht verwunderlich, dass im Alter von etwa vier Jahren die meisten Kinder vollends begreifen, dass in den Köpfen anderer Menschen andere Dinge vorgehen können als hinter der eigenen Stirn.

Nun ist ihnen klar, dass ihr Freund erwarten wird, Bonbons in der Bonbondose zu finden – und keine Bleistifte.

Die Kunst des Perspektivwechsels ermöglicht es den Kleinen jetzt auch, bewusst zu lügen und zu täuschen. Solche Verhaltensweisen begeistern Eltern nicht gerade, dennoch handelt es sich um beeindruckende geistige Winkelmzüge, um einen Beweis für ein immer stärkeres Einfühlungsvermögen.

Wer einen anderen Menschen belügt, vollbringt nämlich eine kognitive Höchstleistung: Er muss die Gedanken seines Gegenübers gleichsam voraussagen, seine Reaktionen vorhersehen



HERANWACHSENDE BRAUCHEN eine Welt, in der es – wie bei sportlichen Wettkämpfen – interaktiv zugeht. Sie müssen möglichst viele Herausforderungen meistern, damit die wichtigen Vernetzungen in ihrem Hirn entstehen können

können. Der Verstand der Kinder, der bislang an konkrete Wahrnehmungen gebunden war, bewegt sich nun zunehmend virtuos im Reich der Vorstellung.

MIT ETWA FÜNF JAHREN hat ein junger Mensch also eine Folge atemberaubender Entwicklungssprünge hinter sich gebracht. Die Grundbausteine des Verstandes sind damit gelegt. Nun beginnt ein neues Stadium der Reifung: Das Kind lernt, seine geistigen Werk-

zeuge und Techniken geschickter einzusetzen, und meistert intellektuelle Herausforderungen immer besser.

Nicht zufällig beginnt mit ungefähr sechs Jahren quer durch alle Kulturen die systematische Unterweisung von Kindern – sei es der Unterricht in unserer heutigen Schule, die Ausbildung von Knappen im Mittelalter oder die Vermittlung der Inhalte des Korans.

In der Schule erfahren die Kleinen vielfältige Anregungen, tauchen immer

tiefer ein in den Kosmos des Wissens, üben zu diskutieren, vertiefen ihre Sprachkenntnisse, lernen, mathematische Fragestellungen zu lösen, erweitern ihr Verständnis für die Natur, für Tiere und Pflanzen und dehnen beständig ihren Blick auf die Welt aus.

All dies steigert ihre geistigen Kapazitäten, versetzt sie Schritt für Schritt in die Lage, immer komplexer zu denken. Kontinuierlich nimmt dabei ihre Intelligenz zu. Nach Einschätzung des Kognitionsforschers Detlef Rost gehen gar 80 Prozent des individuellen Intelligenzzuwachses auf den Einfluss des Schulunterrichts zurück.

Vermutlich beruhen auch diese Fortschritte auf Um- und Ausbauten im Gehirn. Eine entscheidende Rolle spielt dabei wohl die Umhüllung der Nervenfasern mit einer fettreichen Substanz, dem Myelin (von griech. *myelós*, Mark, Gehirn), die als Isolierungsmittel wirkt.

Derart isoliert, leiten die Nerven elektrische Signale wesentlich schneller weiter. Dadurch steigt auch die Geschwindigkeit, mit der das Gehirn Informationen verarbeitet. Ein Heranwachsender lernt also immer rascher, vermag immer gewandter und effizienter Zusammenhänge herzustellen – und braucht immer weniger Zeit, um Aufgaben zu lösen.

Zugleich entwickeln die meisten Kinder ein breites Interesse an Sachthemen, stellen gezieltere Fragen, fordern Erwachsene immer häufiger auf, ihnen die Welt zu erklären. Sechs- bis Siebenjährige beobachten zunehmend genau, achten auf immer mehr Details, nehmen selbst feine Unterschiede wahr – an einer Autokarosserie, dem Körperbau eines Pferdes – und begeistern sich für die Vielfalt der Erscheinungsformen.

Nicht zufällig beginnen viele Kinder nun, verschiedengestaltige Muscheln oder Plastikfiguren zu sammeln.

Parallel steigt die Leistungsfähigkeit des Gedächtnisses. Mit zunehmendem Wissen können die Kleinen Sachverhalte besser einordnen und sich folglich auch leichter merken. Sie können sich nun auch genauer daran erinnern, woher sie bestimmte Informationen kennen: Sie entwickeln ein „Quellen-

gedächtnis“ – wichtige Voraussetzung für systematisches Lernen.

Denn nun sind sie in der Lage, Informationen besser in bereits gespeichertes Wissen einzuordnen, mit anderen Gedächtnisinhalten zu vergleichen und zu verknüpfen – um beispielsweise bei Bedarf auf die Quelle (etwa ein Buch) zurückzugreifen und sich des gelernten Inhalts noch einmal zu vergewissern.

Zudem entwickeln Kinder allmählich ein „Meta-Gedächtnis“: Sie sind in der Lage, über ihr eigenes Denken und Wissen nachzudenken. Damit wird ihnen auch etwas bewusst, das unerlässlich für den Ausbau ihres Verstandes ist: Sie wissen, was sie *nicht* wissen.

Dadurch können junge Menschen nun Strategien wählen, um planvoll und zielorientiert nach Antworten auf offene Fragen zu suchen.

Und kontinuierlich weiteres Wissen sammeln.

KURZ VOR der Pubertät steigt in bestimmten Hirnregionen die Zahl der Synapsen erneut stark an – es werden also in den Zellen wieder bestimmte Gene aktiviert, Eiweiße gebildet und fetthaltige Membranen aufgebaut.

Einen solchen Wachstumsschub hat das Hirn zuletzt im Kleinkindalter erlebt. Und auch diesmal folgt anschließend eine Phase des Synapsensterbens, in der sich ungenutzte Kontakte zurückbilden. Bewährte Verbindungen hingegen festigen sich. Und ähnlich wie in der frühen Kindheit werden beim Teenager massenhaft Nervenfasern mit dem Isolator Myelin umhüllt, sodass die betroffenen Hirnregionen Informationen nun viel schneller verarbeiten.

Diesmal spielt sich die Neuverdrahtung vor allem im präfrontalen Kortex ab, einer Gehirnregion direkt hinter der Stirn. Dieses Areal ist unter anderem für Planung, Selbstkontrolle und Konzentration zuständig: Dass Kleinkinder meist nur wenige Minuten bei einer

Sache bleiben, hat mit der mangelhaften Funktion dieser Zentren zu tun – die Kleinen können störende Impulse nicht ausblenden und sind für alle Ablenkungen anfällig. Jedem Einfall, der ihnen kommt, wollen sie sofort nachgehen; jeder neue Reiz lässt sie vergessen, womit sie sich eben noch befasst haben.

Um anspruchsvolle Probleme zu lösen, muss sich der Geist jedoch voll auf eine Aufgabe konzentrieren. Es gilt, das Problem zu analysieren, Lösungen gegeneinander abzuwägen, die Folgen von Handlungen vorauszusehen. Und vor

ausgeliefert zu sein, reagieren mitunter irrational und zeigen sich von Zeit zu Zeit blind für die Folgen ihres eigenen Handelns. Auch ihr Einfühlungsvermögen – unerlässlich, um andere Menschen zu verstehen und deren Handeln richtig einzuschätzen – bricht vorübergehend ein.

In Experimenten brauchten Heranwachsende im Alter zwischen zwölf und 18 Jahren bis zu 20 Prozent mehr Zeit als ältere oder jüngere Menschen, um Gefühle anderer richtig zu erkennen. Das liegt vermutlich daran, dass der präfrontale Kortex nicht richtig funktioniert: Die Jugendlichen folgen bisweilen allein ihren Emotionen – ohne den Verstand zuzuschalten.

Haben sie dieses Tal der Wirrungen aber erst einmal durchschritten, sind sie anschließend in der Lage, den Gipfel ihrer geistigen Leistungsfähigkeit zu erklimmen. Ein Ergebnis der Neuverdrahtung im Stirnhirn ist nämlich die verbesserte Fähigkeit, mit Emotionen umzugehen und sich zu beherrschen, zu planen und unbeirrt seine Ziele zu verfolgen. Jetzt verfügen Heranwachsende über alle Instrumente, um ihre Intelligenz wirksam einzusetzen und geistig Großes zu leisten, und so wird ihr IQ mit Mitte 20 den persönlichen Höchstwert erreichen.

Und doch haben sie nun auch etwas eingebüßt: ihren unvoreingenommenen Entdeckergeist, die ziellose Experimentierfreude ihrer frühen Lebensjahre.

Die ungebremsste Impulsivität und die Offenheit der Kleinkindphase – sie sind nun endgültig vorbei. □

Memo: **ENTWICKLUNG DES GEISTES**

► **Kinder werden mit** umfangreichen Grundkenntnissen über die Welt geboren, auf denen sie binnen weniger Jahre das Gebäude ihres Verstandes errichten.

► **Die Entfaltung der Geisteskraft** ist jedoch nie allein Sache des Gehirns. Sie schließt stets auch die Sinne, den Körper mit ein: „Greifen“ und „Begreifen“ gehen in der Kleinkindphase Hand in Hand.

► **Mit dem ersten Lebensjahr** beginnen Kinder den Sinn von Symbolen zu verstehen. Erst die Fähigkeit zur Abstraktion erlaubt es ihnen, sprechen zu lernen.

► **Das eigene Ich** entdecken Mädchen und Jungen meist ab dem Alter von 18 Monaten. Fortan vermögen sie zwischen sich und anderen zu unterscheiden. Etwa zwei Jahre später können sie bereits die Perspektive wechseln und Mitmenschen bewusst hinter sich führen.

► **Mit dem fünften Lebensjahr** sind die meisten Facetten der Intelligenz entwickelt. Nun lernen Heranwachsende, ihre geistigen Werkzeuge zunehmend geschickt einzusetzen.

allem: dabei nicht den Überblick zu verlieren. Das funktioniert nur, wenn die Kontrollzentren hinter der Stirn nebensächliche Gedanken unterdrücken.

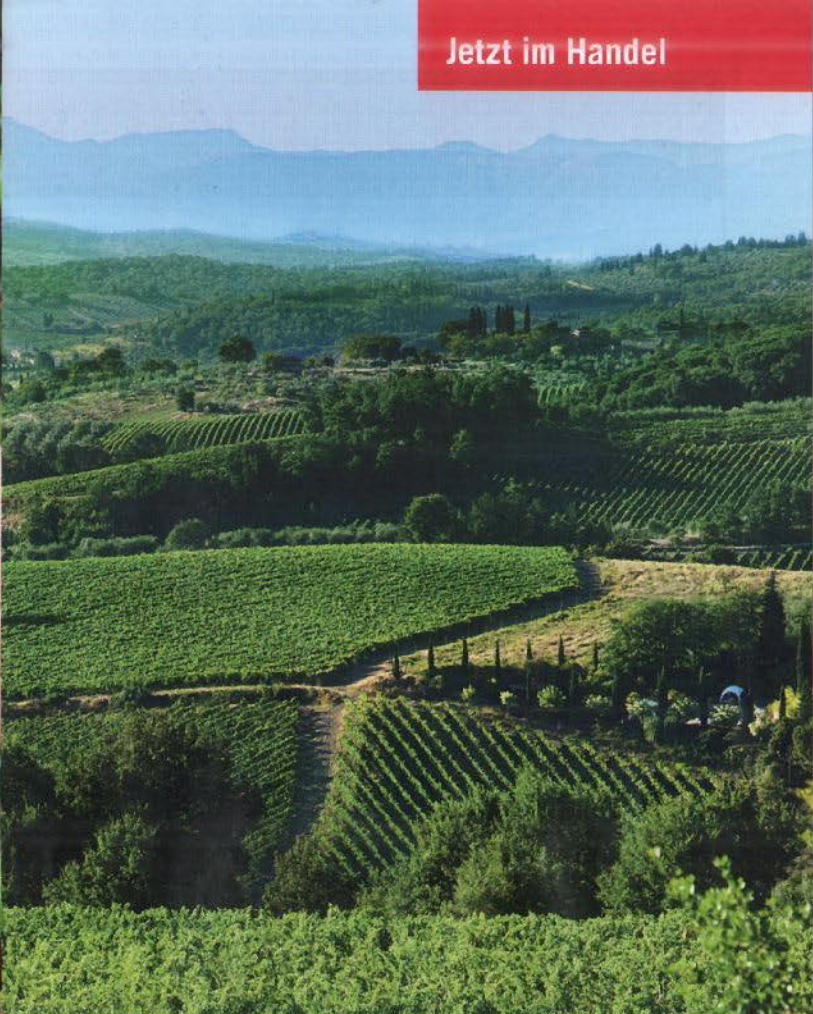
Diese Fähigkeit verbessert sich vor und während der Grundschulzeit kontinuierlich, erlebt dann aber in der Pubertät einen gewissen Rückschlag. Denn die Umbauten im jugendlichen Gehirn haben nun zur Folge, dass die Kontrollfunktionen des Geistes vorübergehend beeinträchtigt sind.

Deshalb scheinen Pubertierende häufig ihren Gefühlsimpulsen hilflos

Alexandra Rigos, 43, ist Wissenschaftsjournalistin in Berlin. Der französische Fotograf **Olivier Coulange** porträtierte über mehrere Jahre seine beiden Kinder.

Literaturempfehlung: Alison Gopnik, Patricia Kuhl, Andrew Meltzoff, „Forschergeist in Windeln – Wie Ihr Kind die Welt begreift“, Piper; spannend und verständlich geschriebenes Buch über die neuesten Erkenntnisse der Entwicklungspsychologie.

Jetzt im Handel



Zwischen Trauben und Oliven baumelt die Seele am besten: Neues aus der **Toskana**.

In dieser Ausgabe

- Restaurants mit delikatem Panorama •
- Fünf perfekte Wanderrouten •
- Test: Landhäuser, Weingüter, Hotels •



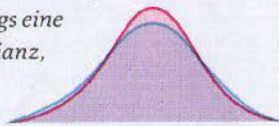
STUDIEN: Wie das Leben uns prägt

In der Masse nicht immer klug

Lassen wir uns von anderen beeinflussen, agieren wir oft dümmer

DIE UNGLEICHE VERTEILUNG

Der mittlere Intelligenzquotient von Männern (blaue Kurve) und Frauen (rote Verteilung) ist zwar gleich – Männer neigen allerdings stärker zu Extremen: So gibt es einerseits mehr hochbegabte Männer als Frauen (in der Grafik rechts), andererseits aber auch mehr geistig gehandicapte Männer (links). Die Intelligenzwerte in der Bevölkerung folgen in etwa einer Normalverteilung, die sich grafisch als Glockenkurve darstellen lässt – die männliche Intelligenzverteilung hat dabei allerdings eine etwas höhere Varianz, erscheint also ein wenig breiter. ■

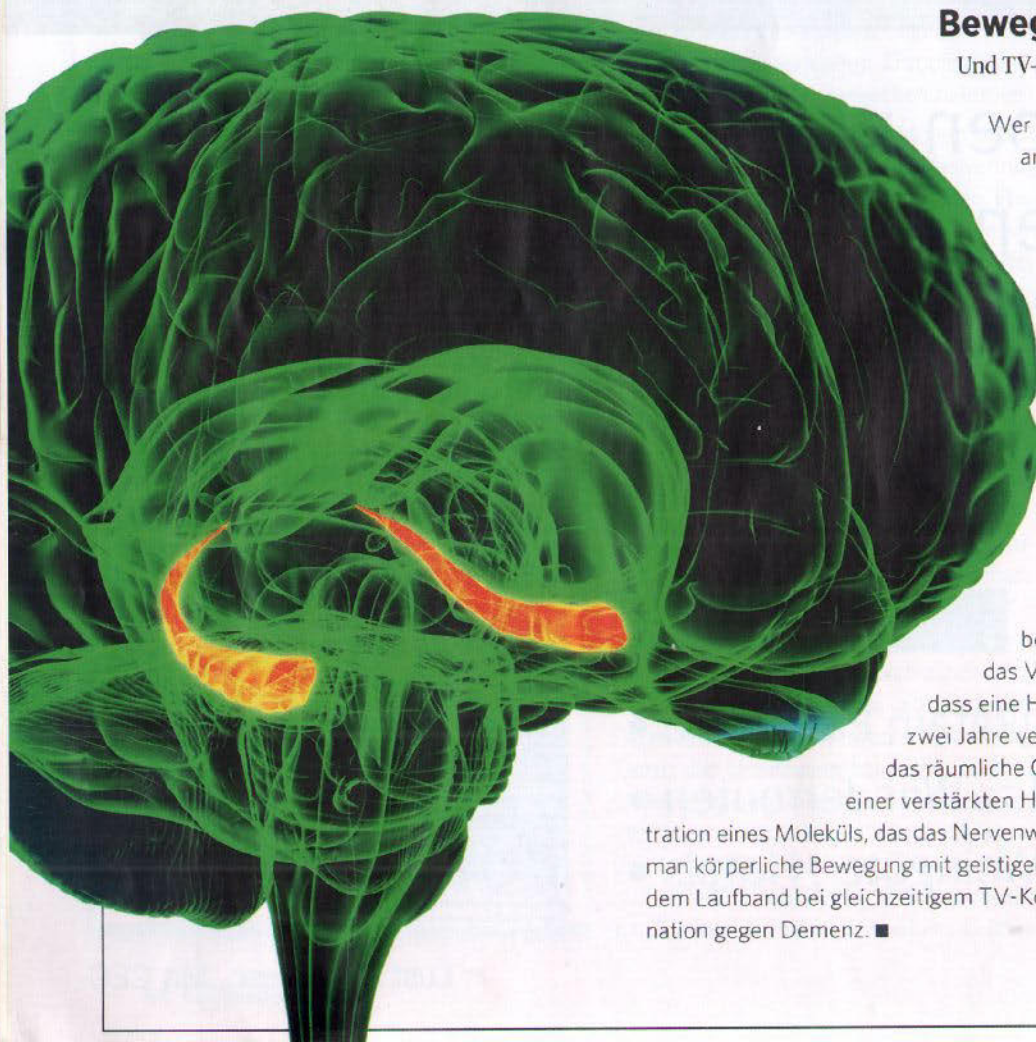


In der Gruppe treffen Menschen klügere Entscheidungen als allein, wie Experimente schon mehrfach nachgewiesen haben. So lässt sich beispielsweise das Gewicht eines Rindes relativ präzise bestimmen, wenn man den Mittelwert vieler individueller Schätzungen bildet. Auf diese Weise kann der Einzelne von der sogenannten „Weisheit der Vielen“ profitieren. Forscher der ETH Zürich haben nun in einer Studie nachgewiesen, dass diese Gruppenintelligenz in Gruppendummheit umschlagen kann. Kannten die Versuchsteilnehmer die Schätzwerte anderer Probanden nämlich, änderten sie geringfügig ihre eigene Meinung. Das führte letztlich dazu, dass allmählich Extremwerte verschwanden, die einzelnen Schätzwerte sich einander angleichen – allerdings ohne dass der Mittelwert dem tatsächlichen Wert näher kam. Der soziale Einfluss verminderte demnach die Vielfalt an Antworten, nicht aber den kollektiven Fehler, ja er erhöhte ihn sogar. Um die Weisheit der Vielen dennoch nutzen zu können, ist also vor allem eines besonders wichtig: Der Einzelne darf bei seinen Entscheidungen nicht wissen, wozu sich seine Mitmenschen entschließen werden. ■

Bewegung hält das Gedächtnis fit

Und TV-Sehen auf dem Laufband vermindert Demenz

Wer oft Sport treibt, erkrankt seltener (oder später) an Demenz. Diese Wirkung von Fitness beruht unter anderem auf besonderen Zellen, die durch Bewegung aktiviert werden. Sie befinden sich im Hippocampus (im Bild orange-farben) – einer Hirnstruktur, die als lebenslanges Reservoir für die Entstehung neuer Nervenzellen dient. Bewegung stärkt die Zellen im Hippocampus und hilft bei dessen stetiger Regeneration. Das, so meinen Forscher, könnte der Schlüssel zum Schutz der Geisteskraft sein. Denn auch die Gehirnveränderungen der Demenz spielen sich eben hier ab: Bei Patienten, die unter Alzheimer leiden, schrumpft der Hippocampus. Studien ergaben unter anderem: Intensives Aerobic erhöht das Volumen des Hippocampus mitunter so stark, dass eine Hirnschrumpfung, die typisch für Ältere ist, um zwei Jahre verlangsamt wird. Zudem verbessert Aerobic das räumliche Gedächtnis der Sportler – vermutlich aufgrund einer verstärkten Hirndurchblutung und einer erhöhten Konzentration eines Moleküls, das das Nervenwachstum antreibt. Am besten kombiniert man körperliche Bewegung mit geistiger Betätigung: Deshalb gilt Training auf dem Laufband bei gleichzeitigem TV-Konsum als geradezu ideale Kombination gegen Demenz. ■



Was hat Intelligenz damit zu tun, ob ein Mensch konservativ ist, ob er das älteste Geschwisterkind ist – oder ob er meditiert? Forscher haben Antworten gefunden

Geigen fürs Gehirn

Musik fördert nicht nur das Hörvermögen

Wenn Kinder, vor allem vor ihrem siebten Lebensjahr, ein Instrument zu spielen lernen, verändert sich die anatomische Größe ihres Hörbereichs im Gehirn. Auch der Balken, eine Verbindung zwischen den beiden Hirnhälften, wird dicker: Er nimmt an Nervenzellichte zu. Musizierende Kinder reagieren zudem, wie Forscher entdeckt haben, nicht nur sensibler auf musikalische Dissonanzen, sondern auch auf die Verwendung von falscher Grammatik beim Sprechen. Außerdem besitzen musikalisch begabte Menschen überdurchschnittlich häufig einen hohen Intelligenzquotienten. ■

Konservative sind dümmer als Freidenker

In der Regel sind intelligentere Menschen eher bereit, sich auf Neues einzulassen – im Gegensatz zu Konservativen. Die verfügen denn auch, wie Erhebungen zeigen, im Schnitt über einen geringeren Intelligenzquotienten. ■

1093

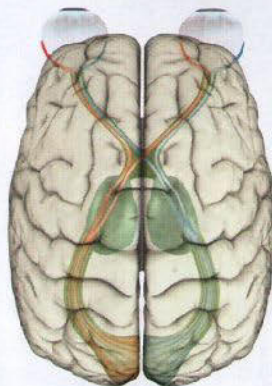
Patente meldete der US-Erfinder Thomas Alva Edison (1847–1931) allein in den USA an. ■

MUTTERMILCH: NAHRUNG FÜR DEN VERSTAND

Anscheinend fördert die Milch der Mutter die kognitive Entwicklung der Kinder. Dies lässt eine aktuelle Studie von Wissenschaftlern der McGill University in Montreal vermuten. Die Forscher untersuchten mehr als 1000 Kinder, die entweder von ihren Müttern gestillt oder mit künstlicher Babykost ernährt worden waren. IQ-Tests, in denen Forscher die verbalen Fähigkeiten und das logische Verständnis analysierten, ergaben: Kinder, die mindestens sechs Monate gestillt worden waren, hatten signifikant höhere Werte als alle anderen. ■

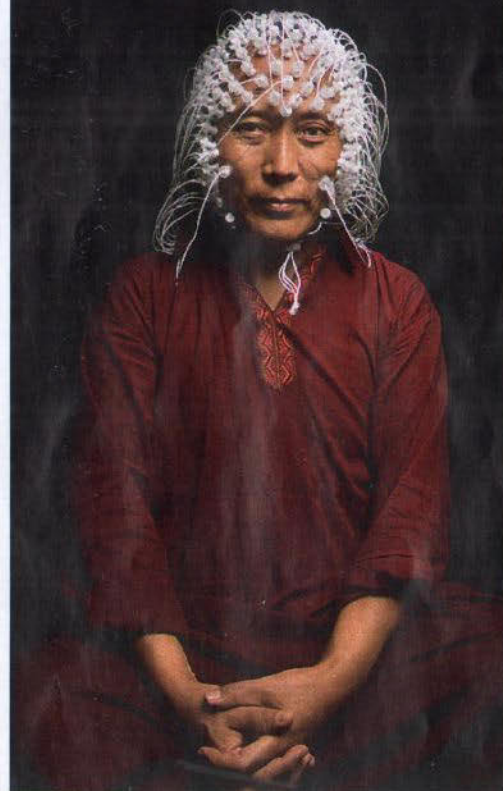
BREITBANDANSCHLUSS IN UNSEREM KOPF

Wir brauchen etwa zehn Sekunden, um diese neun Zeilen zu lesen. Dabei schickt der Sehnerv bis zu 100 Millionen Informationseinheiten von der Netzhaut ins Hirn. Damit erreicht der Nerv, wie Neurowissenschaftler berichten, die Übertragungsgeschwindigkeit eines Breitband-Internetanschlusses ■



MEDITATIVER HIRNAUFBAU

Forscher der Harvard University haben herausgefunden, dass bei Testpersonen, die regelmäßig meditieren, die Menge der Nervenzellen in einigen Hirnregionen zunimmt. Zwei Wissenschaftler der Emory University in Atlanta konnten zudem nachweisen, dass sich bei Menschen, die sich mehrere Jahre lang der Zen-Meditation gewidmet hatten, der altersbedingte Abbau der Neuronen im Gehirn verlangsamte. ■



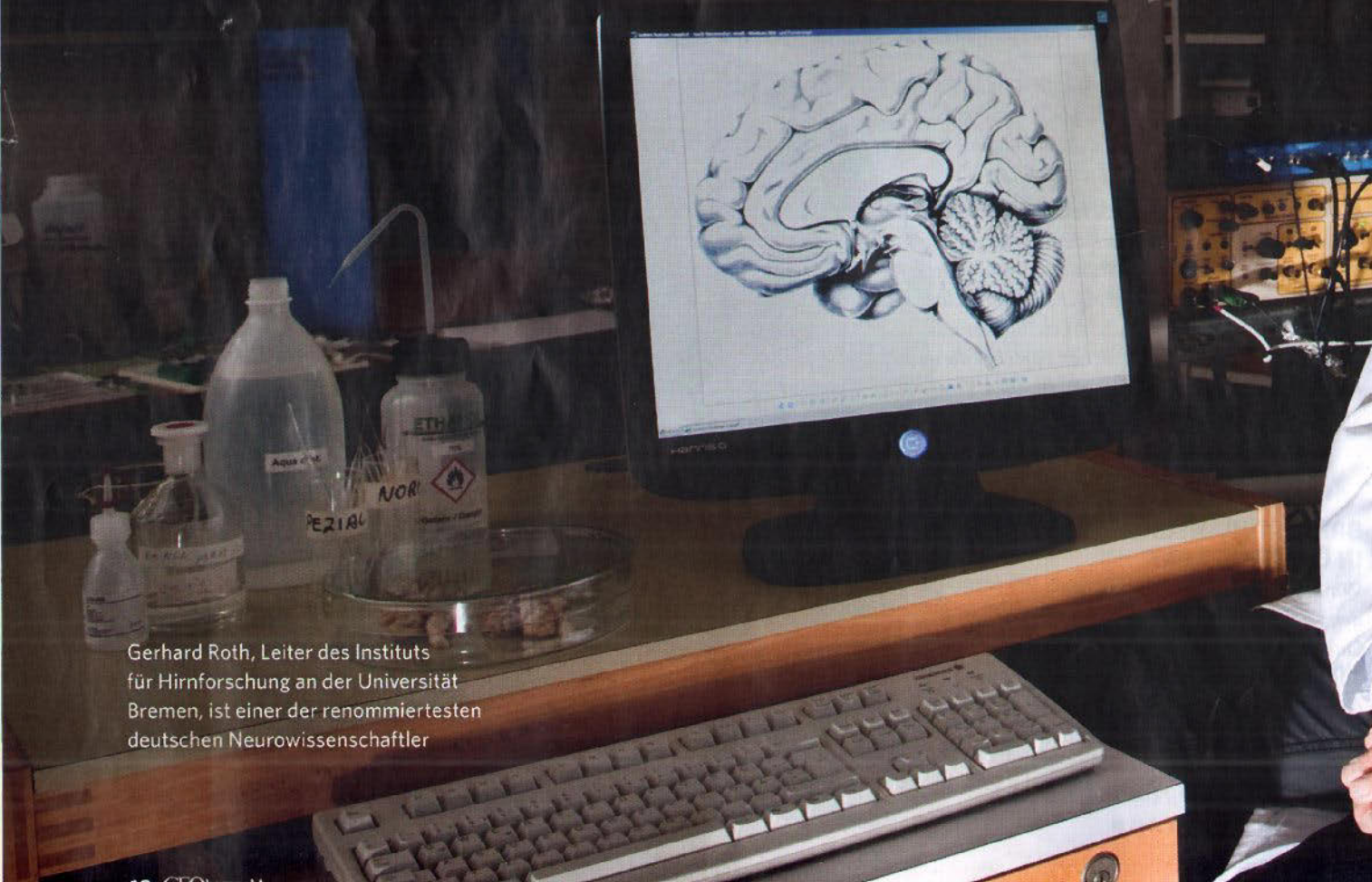
DIE SCHLAUEN ERSTGEBORENEN

Nachdem Forscher die IQ-Tests von fast 250 000 Norwegern im Alter von 18 und 19 Jahren ausgewertet hatten, erkannten sie: Die ältesten Kinder in einer Familie weisen im Durchschnitt einen um 2,3 Punkte höheren Intelligenzquotienten auf als ihre jüngeren Brüder und Schwestern. Die Forscher erklären dieses Phänomen unter anderem damit, dass ältere ihren jüngeren Geschwistern Nachhilfe beim Erlernen vieler Fertigkeiten geben. ■



Fördert eine rigide Erziehung den Intellekt, Herr Professor Roth?

Zwei Faktoren bestimmen vor allem die kognitive Entwicklung eines Menschen: Erbgut und Erziehung. Der Hirnforscher Gerhard Roth erklärt, wie stark der Einfluss der Gene auf den Verstand ist, wie sich Intelligenz ausbildet, welche Lebensjahre die wichtigsten für den reifenden Geist sind – und was Eltern beachten sollten, wenn sie Begabungen ihrer Kinder fördern wollen



Gerhard Roth, Leiter des Instituts für Hirnforschung an der Universität Bremen, ist einer der renommiertesten deutschen Neurowissenschaftler



Nein.

Das ist pädagogisch
absoluter Unsinn!



GEOkompakt: *Herr Professor Roth, wie kommt es, dass manche Menschen intelligenter sind als andere?*

Gerhard Roth: Bestimmte Regionen in ihren Gehirnen verarbeiten Informationen, Eindrücke und Sinnesreize besonders schnell. Das sind vor allem Bereiche hinter unserer Stirn, im oberen Stirnhirn, sowie unterhalb des Scheitels, im sogenannten Scheitellappen.

Kann man sich diese Bereiche wie Prozessor in einem Computer vorstellen – bei manchen sind sie halt schneller getaktet?

Genau. Allerdings stellt das Tempo, mit dem das Hirn arbeitet, nur einen Teil unseres Verstandes dar, nämlich die „allgemeine“ Intelligenz – also die Fähigkeit, ein Problem schnell zu erkennen und zu lösen. Diese Geschwindigkeit ist eher unabhängig von der Gehirnmasse.

Der zweite Teil der menschlichen Intelligenz umfasst unsere Talente und Begabungen. Die wiederum haben sehr viel mit Gedächtnis zu tun. Und hier spielt die Zahl der Nervenzellen und ihrer Kontakte, der Synapsen, die größte Rolle. Ein Mensch, der mehr weiß als andere, hat entweder mehr Nervenzellen oder eine effektivere Verknüpfung – oder beides.

Viele Eltern fragen sich, welcher Faktor die Intelligenz ihrer Kinder stärker beeinflusst: Gene oder Umwelt. Wie bedeutend ist Ihrer Erkenntnis nach die Rolle des Erbguts für unsere Geisteskraft?

spezifische Intelligenz-Gene. Man vermutet, dass von unseren rund 25 000 Genen etwa 15 000 fürs Gehirn zuständig sind. Daher gibt es hochkomplexe erbliche Vorbedingungen, die das Wachstum des Hirns und die Zahl der Nervenzellen bestimmen und wie sie miteinander interagieren, ob sie Signale rascher oder langsamer weiterleiten.

Und welchen Anteil steuert die Umwelt zur Verstandesentwicklung eines Kindes bei?

Da ist die Forschung vorsichtig. Der Einfluss der Umwelt – etwa der Eltern – wird auf maximal 30 Prozent geschätzt, und dies auch nur in früher Kindheit. Danach sinkt ihr Einfluss stetig auf 20 und zehn Prozent.

Und was ist mit den übrigen 20 Prozent?

Sämtliche Erkenntnisse der Intelligenzforschung beruhen auf empirischen Testverfahren. Hierbei bleibt, wie bei allen psychologischen Untersuchungen, stets ein Rest von 15 bis 20 Prozent, den man nicht weiter aufklären kann. Diese natürliche Schwankungsbreite kann zum Beispiel an einer geringfügigen Ungenauigkeit der Methode liegen, an der jeweiligen Verfassung des Testers, an der Tagesform des Probanden, der untersucht wird. All das variiert. Kein Testergebnis wird an jedem Tag genau gleich ausfallen.

den ersten Jahren nach der Geburt der Intelligenzquotient eines Menschen allein durch den Einfluss der Umwelt um 30 IQ-Punkte variieren kann.

Nehmen wir ein Kind, das mit durchschnittlicher Intelligenzausstattung zur Welt kommt. Wird es nun mittelpflichtig gefördert, bleibt es durchschnittlich intelligent und hat damit definitionsgemäß einen IQ von 100. Strengen sich aber Eltern, Erzieher, Lehrer an und sind die übrigen Umstände günstig, kann das Kind einen IQ von 115 erreichen. Das entspricht hierzulande dem Wert eines Schülers, der sein Abitur extrem gut besteht.

Nun der gegensätzliche Fall: Hat derselbe Mensch Pech, wird er also vernachlässigt, kümmert sich niemand um ihn oder wird er gar misshandelt, dann kann sein IQ durchaus auf 85 Punkte sinken – auf die Stufe eines leicht Minderbemittelten. Jene 30 Prozent, die das Umfeld beisteuert, haben also dramatische Auswirkungen auf die kognitive Reifung des Einzelnen.

Nun wächst das Gehirn eines Menschen ja schon im Mutterleib heran. Beeinflussen bereits in dieser frühen Lebensphase äußere Faktoren die kognitive Entwicklung?

Mit Sicherheit. Das Ungeborene reagiert zum Beispiel äußerst sensibel auf Stress. Wird eine Schwangere beispielsweise missbraucht oder leidet sie unter Depressionen, schüttet ihr Gehirn in hohem Maße Cortisol

? **Sollten Eltern die Intelligenz ihres Babys testen?**

Das kann man heute aufgrund von Studien an eineiigen Zwillingen, die getrennt aufgewachsen sind, ziemlich genau sagen: Die Intelligenz eines Menschen ist zu etwa 50 Prozent angeboren. Auf diesen Wert kommen alle Experten, gleich welchen ideologischen Lagers. Aber: Es gibt nicht das eine Intelligenz-Gen, ja noch nicht einmal mehrere

! **Nein. Die intellektuelle Potenz ist in den ersten drei Jahren gar nicht erkennbar. Wichtig ist, mit ihnen viel zu reden.**

Gegenüber einem angeborenen Anteil von 50 Prozent scheint der Einfluss der Umwelt mit 30 Prozent ja eher gering zu sein. Stimmt das?

Auf den ersten Blick mag das so scheinen. Die Umwelt hat bei der Intelligenz, anders als bei anderen Persönlichkeitsmerkmalen, nicht die Kraft der Gene. Dennoch tragen diese 30 Prozent ganz entscheidend zur weiteren Verstandesentwicklung bei. Denn letztlich bedeutet diese Erkenntnis ja, dass in

aus. Dieses Stresshormon gelangt dann über die Nabelschnur in den Körper des Kindes und stört dort die Entwicklung des unreifen Denkkorgans. Vor allem führt ein sehr hoher Cortisolspiegel dazu, dass sich zwei enorm wichtige Hirnfunktionen nicht richtig ausbilden: das Stressverarbeitungssystem und das Selbstberuhigungssystem.



Welche Rolle spielen diese beiden Systeme für die Intelligenz eines Menschen?

Das Stressverarbeitungssystem versetzt ihn in die Lage, sich über etwas Problematisches oder Bedrohliches aufzuregen. Dies wiederum ist eine wesentliche Voraussetzung für intelligentes Denken und Verhalten: Erst dadurch, dass Teile unseres Gehirns in „Alarmstimmung“ geraten, erhält der Intelligenzteil unseres Gehirns einen Schub, sich mit einem Problem intensiv auseinanderzusetzen und eine Lösung zu suchen. Ist die gefunden, dann stellt sich die Cortisolproduktion selbst ab, und zugleich tritt das Selbstberuhigungssystem in Aktion. Dies hängt mit der Ausschüttung des hirneigenen Botenstoffs Serotonin zusammen und hilft, dass wir uns wieder beruhigen. Es signalisiert uns also gleichsam: Die Gefahr ist zu Ende, das Problem gelöst – komm zur Ruhe!

Was geschieht, wenn diese beiden Systeme nicht richtig ausreifen?

Dann regen sich Menschen zu schnell auf, sind ängstlich und unausgeglichen, ihre Gedanken sind zerfahren, ihre Konzentrationsfähigkeit ist eingeschränkt. Das zeigt sich schon im Kleinkindalter. Mütter von Schreibabys etwa haben oft eine unruhige, stressige Schwangerschaft hinter sich. Ihre Klei-

»Um die Verstandesentwicklung optimal zu fördern«, so Roth, »sollten Eltern ihre Kinder anfangs nicht zu stark stimulieren – oder gar unter Leistungsdruck setzen. Viel wichtiger ist es, ein Umfeld zu schaffen, in dem sie sich behütet fühlen«

nen sind schnell angestrengt, können sich selbst nicht beruhigen und finden daher nicht in den Schlaf.

Und auch das hat Auswirkungen auf die Verstandesentwicklung?

Ja, weil die Eltern meist völlig hilflos sind. Die einen lassen die Babys schreien, die dann lernen: Ich bin allein, niemand hilft mir. Das schlägt sich stark auf die Psyche nieder. Die anderen Eltern stürzen jedes Mal, wenn ihr Kind schreit, hin und nehmen es auf den Arm. Das Baby lernt: Ich muss nur schreien, dann kommen die Eltern. Dadurch droht es verwöhnt, unzufrieden, unselbstständig zu werden. Auch noch bei Erwachsenen können Defekte am Stressverarbeitungs- und Selbstberuhigungssystem zu schweren Persönlichkeits- und Lernstörungen führen.

Kann man derartige Schäden später noch ausgleichen?

Nur in Grenzen. Hat die Schwangere eine schwere Traumatisierung erlitten,

dann muss die geistige und emotionale Rettung des Kindes – ich sage es mal dramatisch – im ersten Lebensjahr passieren. Das weiß man aus Erfahrungen mit russischen und rumänischen Waisenkindern. Wenn die nicht im ersten Lebensjahr liebevoll aufgenommen oder von engagierten Eltern adoptiert werden, dann bleiben sie oft psychisch und intellektuell auf Dauer geschädigt.

Gibt es denn auch positive äußere Einflüsse auf die Intelligenz des Ungeborenen – kann die werdende Mutter aktiv zur Verstandesentwicklung der Leibesfrucht beitragen?

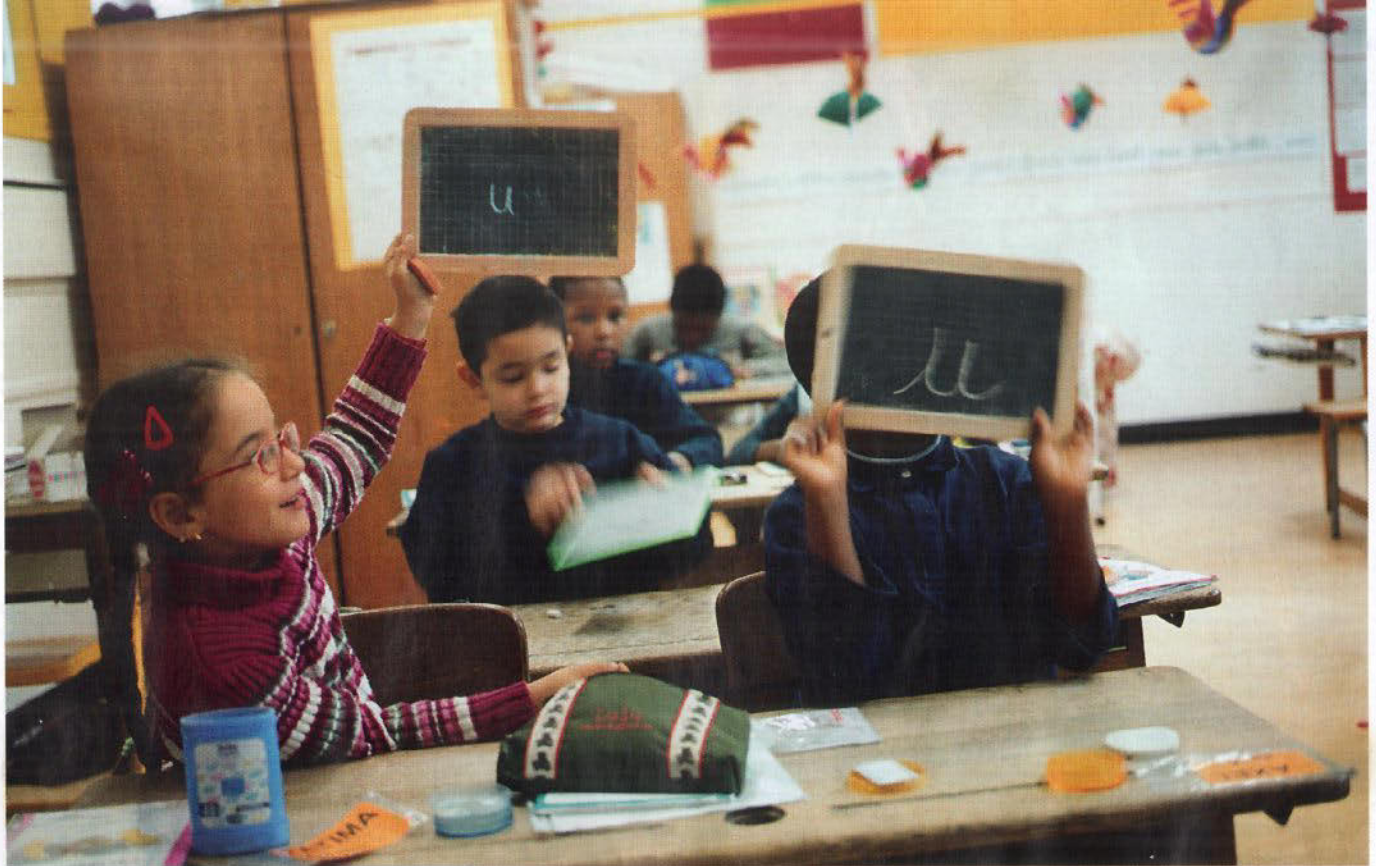
Bislang gibt es dafür keinen wissenschaftlich erhärteten Hinweis.

Auch nicht, wenn man dem Kind im Mutterleib regelmäßig Mozart vorspielt?

Nein, da ist rein gar nichts erwiesen.

Welche Lebensjahre gehören für die Intelligenzentwicklung zu den wichtigsten?

Die ersten drei – wobei die allerersten sechs Monate für die Bindungserfahrung und die Persönlichkeitsentwicklung besonders bedeutend sind. Bis zu einem Alter von drei Jahren sind die



zwei Systeme zur Stressverarbeitung und zur Selbstberuhigung noch labil, ist das Gehirn höchst plastisch. Das Wichtigste für die spätere Verstandesentwicklung ist, dass Babys erleben, dass man sie liebt. Und dass sie beschützt werden, also keine Angst haben müssen. Dafür sorgt vor allem ein fürsorgliches, tolerantes, konfliktarmes Elternhaus.

Und welche Förderung empfiehlt sich?

Wichtig ist, dass Eltern ihre Kinder in jenen frühen Jahren nicht übertrieben stark stimulieren – oder gar unter Leistungsdruck setzen. Sie sollten Zweijährige nicht schon mit Gleichungen konfrontieren oder zum Klavierspielen drängen. Und sie sollten auch nicht versuchen, ihnen bereits eine Fremdsprache beizubringen, wenn sie dies nicht ausdrücklich wollen. Es ist absurd, dass manche Eltern meinen, ihre Kinder müssten so früh wie nur möglich anfangen, Chinesisch zu lernen.

Natürlich muss Spielzeug da sein. Aber auch hier: nicht zu viel, nicht zu wenig. Und auch damit müssen Kinder in den ersten drei Jahren ohne jeden

»Der Bildungserfolg eines Menschen ist nur zu einem Drittel von der Intelligenz abhängig. Das zweite Drittel beruht auf Motivation, das dritte auf Fleiß. Schüler müssen daher erfahren, dass Lernen Spaß bereitet – aber auch anstrengend sein kann«

Zwang umgehen können. Stress und Aufregung sind in dem Alter überhaupt schädlich für die heranwachsende Intelligenz. Babys und Kleinkinder müssen spielerisch und anstrengungsfrei lernen.

Also ist es gar nicht notwendig, dass Eltern darauf achten, ob ihr Baby besondere Begabungen hat?

Die intellektuelle Potenz ist in den ersten drei Jahren noch gar nicht gut erkennbar. Und Intelligenztests sind da noch nicht aussagekräftig. Auch unter den später Hochintelligenten gibt es typische Früh- und Spätentwickler. Viel wichtiger ist es dagegen, wie die Eltern beispielsweise mit ihren Kindern kommunizieren: Sprache ist ein außerordentlicher Intelligenzverstärker, ja einer der wichtigsten Faktoren für die kognitive Entwicklung überhaupt. Es gibt nachweislich eine hohe Korrelation zwischen der späteren Intelligenz eines Menschen und dem Maß, in dem Eltern in der frühen Kindheit mit ihm gesprochen haben.

Kommt es dabei vor allem auf die Artikulation und den Wortschatz der Erzieher an oder auch auf das emotionale Niveau?

Die Emotionalität des Sprechens, also ein wohlwollender und nicht herablassender oder belehrender Tonfall, ist vielleicht das Wichtigste. Doch es kommt hier ganz klar auf das Gesamtspektrum an. Denn die Vermittlung und Verarbeitung von Sprache läuft im Gehirn immer sowohl kognitiv als auch emotional ab. So hängt die Qualität der syntaktisch-grammatikalischen Sprache, deren sich Kinder ab etwa zweieinhalb Jahren geradezu explosionsartig bedienen, deutlich von der Art und Weise ab, auf welchem Niveau sich die Eltern ausdrücken und mit ihnen reden.

Und auch wie oft man mit ihnen spricht?

Eltern müssen sich keine Sorgen machen, wenn sie nur ein paar Stunden am Tag mit ihren Kindern reden. Sie müssen sich auch keine Sorgen machen,

wenn die Kleinen – gesetzt den Fall, die sind gesund – erst mit 14 Monaten die ersten Wörter zu bilden beginnen. Hier gilt eher das Gesetz der Verlässlichkeit: Ein Kind muss darauf vertrauen können, dass seine Eltern regelmäßig mit ihm reden, sich regelmäßig um es kümmern.

Ab wann sollten Eltern beginnen, auf besondere Begabungen bei ihren Kindern zu achten und diese gezielt zu fördern?

Im Allgemeinen nach dem dritten Lebensjahr – selbst dann, wenn sich etwa Begabungen für Mathematik und Musik oder auch ungewöhnliche manuelle Fertigkeiten schon eher bemerkbar machen; es sei denn, das Kind will das unbedingt. Erst im Kindergartenalter kann man vorsichtig beginnen, den Kleinen beizubringen, dass man auch stillsitzen, sich konzentrieren, sich Mühe geben muss. Dann lohnt es sich auch, Begabungen zu fördern, aber nie gegen den Widerstand der Kinder.

Beginnt dann die Zeit, in der Eltern und Lehrer umgekehrt Begabungsdefizite eines Kindes abbauen können?

Das ist ein schwieriges Kapitel. Man kann einem Menschen keine Begabungen beibringen, die er nicht hat. Man kann nur vorhandene Talente fördern. Aus einem komplett unmusikalischen macht niemand ein musika-

lisches Kind. Wenn man das dennoch zwanghaft versucht, ist das allenfalls frustrierend.

Sekundärtugenden also.

Genau. Zwar sind das Eigenschaften, die nicht direkt mit der Intelligenz zu tun haben. Dennoch sind sie enorm wichtig für kognitive Prozesse – und vor allem für den weiteren Werdegang. Denn Intelligenz allein führt ja noch nicht zu dem, was sich Eltern für ihre Kinder wünschen: Bildungserfolg.

Wovon hängt der denn ab?

Zu einem Drittel von der Intelligenz. Das zweite Drittel beruht auf Motivation, das dritte auf Fleiß. Diese beiden letzten Faktoren sind in sehr viel höherem Maße umweltbedingt als die Intelligenz an sich. Somit sollten die Kleinen während ihrer Kindergarten- und Schulzeit lernen, geduldig, aufmerksam und fleißig zu sein, zuhören zu können, ihre Impulse zu hemmen, soziale Kompetenzen zu entwickeln. Und nicht zuletzt: Ein Kind muss lernen, dass Lernen anstrengend sein kann.

Und das bringt für den Bildungserfolg mehr als die Entwicklung der Intelligenz?

Weit mehr sogar. Das gelingt aber nur mit unablässiger Ermutigung wie: Junge, das hast du gut gemacht. Und

Schokolade oder ein sozialer, psychischer Bonus wie etwa Lob.

Was geschieht da in den kleinen Köpfen?

Bei der Belohnungserwartung – also der bewussten oder unbewussten Antwort auf die Frage, warum ich etwas tue – ist der Neurotransmitter Dopamin im Spiel. Schüttet eine bestimmte Hirnregion diesen Stoff in einer gewissen Konzentration aus, sind wir uns sicher, dass eine Belohnung in Aussicht steht, und das motiviert uns. Denn bei jeder erfolgten Belohnung werden andere hirneigene Drogen produziert, sogenannte endogene Opioide. Und die versetzen uns in einen überaus angenehmen Zustand – wir fühlen uns wohl.

Die beste Art der Belohnung ist jedoch die Selbstbelohnung.

Weshalb?

Weil sie sich nicht erschöpft. Belohnung von außen ist nie ganz unproblematisch: Die Belohnten gewöhnen sich oft schnell daran, sodass Eltern den Bonus immer weiter steigern müssen. Und je materieller die Belohnung, desto rascher die Gewöhnung. Irgendwann kann man die materielle Anerkennung dann nicht mehr erhöhen. Als Ausweg bieten sich soziale Belohnungen an. Aber auch häufiges Lob langweilt auf die Dauer, wird also ebenfalls unwirksam.

Wie kann man die Jüngsten am besten fördern?

Kleinkinder müssen sich spielerisch und stressfrei entfalten. Es ist absurd, wenn Dreijährige schon Chinesisch lernen sollen.

nicht mit demotivierenden Sprüchen wie: Mädchen, lass mal, das macht dein Bruder, das kannst du eh nicht.

Die Motivation ist eine entscheidende Größe. Und sie beruht auf einem psychologischen Grundprinzip: Ein Mensch bemüht sich nur dann, wenn er eine Belohnung erwartet – sei es etwas Materielles wie zum Beispiel

Am Ende hilft nur eine Art der Belohnung: Die Kinder tun etwas, weil sie wissen, dass es ihnen Spaß macht. Die Erwartung auf diese „intrinsische“ Belohnung ist zwar nicht leicht zu aktivieren, aber sie geht hirnpfysiologisch nie in die Sättigung. Und sie funktioniert auch im späteren Leben.

Wenn zum Beispiel ein musikalisches Kind lange genug für seine Leistungen gelobt oder mit Kleinigkeiten belohnt worden ist, dann wandelt sich

sches Kind. Wenn man das dennoch zwanghaft versucht, ist das allenfalls frustrierend.

Dennoch: Es gibt Lern- und Verhaltensdefizite, die früher oder später zu Schreib-Lese- oder Rechen-Störungen führen, sich als Aufmerksamkeits- und Konzentrationsstörung manifestieren – oder etwa als Schikanierung von Spielkameraden. Experten, von denen es leider zu wenige gibt, können das frühzeitig erkennen und dafür sorgen,

im Idealfall die materielle und soziale Belohnung in ebenjene intrinsische.

Neben Intelligenz und Motivation haben Sie als dritte Säule für den Bildungserfolg den Faktor Fleiß genannt. Wie lässt der sich der entwickeln?

Das ist großenteils ein Persönlichkeitsmerkmal – der eine ist halt von Natur aus fleißiger als der andere. Doch Fleiß hat immer mit Geduld zu tun, mit Erfahrung und Einsicht: Nur wenn ich etwas immer wieder übe, werde ich besser. Und zu mehr Fleiß spornt natürlich auch hier die Belohnungserwartung etwa auf ein Lob an: Du spielst die Etüde schon ganz gut, aber du kannst das noch viel besser, also übe sie noch mal.

Seine Ungeduld zu überwinden, präzise, aufmerksam und auch ausdauernd zu sein: Das muss ein Kind lernen. Und dabei müssen ihm Erwachsene helfen.

Niemand ist ja grundlos fleißig. Wir sind es nur, weil uns kaum etwas sofort optimal gelingt. Fleiß ist entscheidend für den Ausbau einer Begabung. Keiner, und sei er noch so talentiert, wird ohne hartes Üben richtig gut.

Wie aber bringt man Kindern bei, dass sich Fleiß lohnt?

Da sind wir beim Kern der Sache. Motivation ist zwar außerordentlich wichtig, aber ich kann auch motiviert sein, ohne fleißig zu sein. Kinder müssen immer wieder dazu angehalten werden, dass man bei den ersten Schwierigkeiten nicht gleich aufgeben darf. Das

habe eigentlich schon mehr als genug getan. Zu viel Anerkennung ist ebenso demotivierend wie zu wenig. Beides ist kontraproduktiv für den Fleiß.

Um ihre Kinder anzutreiben, folgen manche Eltern dem Rat der US-Juraprofessorin Amy Chua. Die hat kürzlich die öffentliche Meinung mit der Botschaft gespalten, bei ihren Kindern habe sie allein dank rigider Erziehung Begabung und Intelligenz bestmöglich gefördert. Macht eine solche von Strafe und Sanktionen geprägte Erziehung Kinder tatsächlich zu leistungsfähigen Menschen?

Für die Erziehung bieten sich vier Ansätze: Belohnung, Belohnungsentzug, Strafe und Strafandrohung. Strafe ist ein starker Motivator, denn deren Vermeidung ist eine große Belohnung. Doch pädagogisch ist Strafe nur extrem selten sinnvoll – wenn zum Beispiel demjenigen, der erzogen werden soll, tatsächlich jede Einsicht fehlt.

Alle Lernpsychologen sind sich aber darin einig, dass Strafe im Allgemeinen demütigt, keinen Ausweg zeigt und vor allem das Bedürfnis nach Rache hervorruft. Die Androhung von Strafe ist ziemlich effektiv, aber sie erschöpft sich, wenn nicht ab und zu tatsächlich gestraft wird – und schon steckt man in der Falle der Strafeffekte.

Frau Chuas Kinder waren sicher fleißig, aber nur, weil sie dazu gezwungen wurden. Wenn sie sehr erfolgreich wur-

fallen in ein psychisches Loch, üben nicht mehr, leiden unter Erkrankungen. Das passiert bei all den Wunderkindern, die brutal herangenommen werden und mit 20 Jahren psychische Krüppel sind.

Weshalb haben Amy Chuas Thesen so viel Anklang gefunden?

Vielleicht erklärt sich das durch das schlechte Gewissen mancher Eltern, die sich tatsächlich oder vermeintlich zu wenig um ihre Kinder gekümmert haben. Nun glauben sie, sie hätten versagt, weil sie zu nachlässig gewesen seien – und erfahren durch Frau Chua, wie sie es hätten machen müssen: nämlich einfach draufhauen. Es ist vermutlich die unbefriedigte Sehnsucht vieler Bürger nach dem starken Mann im Staate, der endlich mal zeigt, wo es langgeht.

Viele Eltern leben in ständiger Sorge, bei der intellektuellen Förderung ihrer Kleinen nicht das Beste zu geben. Sie sind verunsichert, haben Angst. Wie wirkt sich allein das auf die Kinder aus?

Deren Motivation wird gestört und ihre Persönlichkeit nimmt Schaden – Angst und Unsicherheit übertragen sich. Vor allem aber wirkt ein Hin und Her zerstörerisch auf die kognitive Entwicklung, weil die Kinder sich auf nichts einstellen können. Inkonsequenz ist für die geistige Reifung mindestens so schädlich wie ständiges Verwöhnen oder Vernachlässigen. Wochenlang kümmert man sich nicht um die Kinder, dann kriegt man ein schlechtes Gewissen,

? **Gibt es geschlechts-spezifische Begabungen?**

gelingt nur mit unablässiger Ermutigung – und mit Kontrolle. Sonst weiß ein Junge gar nicht, warum er etwas tun soll. Denn weshalb sollte ein Schüler, der sich anstrengt und mit Einsen nach Hause kommt – dessen Eltern das aber völlig egal ist – fleißig sein? Umgekehrt ist unangemessen viel Lob auch nicht gut. Dann bekommt er das Gefühl: Ich

! Ja. Jungs sind mathematisch und musikalisch etwas besser talentiert, Mädchen sprachlich und sozial fähiger.

den, dann wegen ihrer Begabung und nicht wegen der rigiden Erziehung. Denn jede Motivation war eine Fremdmotivation: Du tust das, weil ich es will.

Sie würden das also ablehnen.

Absolut, das ist pädagogisch absoluter Unsinn. Ständiger Druck auf junge Menschen verbiegt deren Persönlichkeit. Die mögen vielleicht perfekt Klavier spielen, fünf Sprachen sprechen. Doch nach ihrer Jugend stürzen sie ab,

moniert womöglich jede Kleinigkeit, es wird gebrüllt und geschrien und so fort.

Wie sollten sich Eltern verhalten, wenn ihr Kind auf einem bestimmten Gebiet ein außerordentliches Talent zeigt?

Da wird es wirklich schwierig. Die Förderung normal begabter Kinder ist ja eigentlich kein Problem, wenn man die



»Aus einem unmusikalisches Kind macht niemand ein musikalisches: Man kann nur vorhandene Talente entwickeln. Dabei gilt: Wer ein Instrument lernt, empfindet übermäßige Anerkennung ebenso demotivierend wie deren Mangel«

Heranwachsenden durch das eigene Vorbild anhält, wenn man sie ermutigt und durch eigene Erfahrung lenkt. Im Fall von Hochbegabten haben die Eltern jedoch ein richtiges Problem, speziell bei außergewöhnlichen Talenten für Mathematik und Musik. Diese Fälle sind besonders schwierig.

Weshalb?

Solche Begabungen tauchen oft schon früh auf und sind mitunter derart ausgeprägt, dass sie die Eltern geradezu schockieren. Fünf-, Sechsjährige machen sich an mathematische Probleme, sind kaum zu bremsen. Ähnlich ist es bei Musiktalenten. Da stellen sich natürlich Fragen: Wie weit gebe ich nach, wie weit soll ich noch anspornen? Oder soll ich die Kinder vielleicht sogar bremsen? Da muss man sich beraten lassen, das ist wirklich von Fall zu Fall zu beurteilen. Denn begabte, aber nicht exorbitant talentierte Menschen kann man in eine gefährliche Richtung treiben: Sie gehören dann, nach viel Übung, vielleicht zu den 10 000 besten Klavierspielern der Welt, aber eben nicht zu den besten 100. Sie werden nie zur absoluten Spitze zählen – und das kann enorm frustrieren.

Was geschieht, wenn Hochbegabte sich nur noch mit ihrem Talent beschäftigen und ihre sozialen Kontakte vernachlässigen?

Diese Gefahr ist sehr groß und nicht zu unterschätzen. Unter den Hochbegabten, mit denen ich es als Präsident der Studienstiftung des deutschen Volkes zu tun habe, befinden sich etwa fünf Prozent „Inselbegabungen“, meist für Musik und Mathematik, und die weisen zum großen Teil soziale Defizite oder Verbalisierungsschwächen auf.

Korrelieren die Begabungen für Musik und Mathematik miteinander?

Ja, die hängen oft zusammen, das ist genetisch bedingt. Die Fähigkeiten werden von eng beieinanderliegenden Hirnarealen unterhalb unseres Scheitels hervorgerufen. Diese Regionen haben, so viel wissen wir, mit Raumlogik und Raumwahrnehmung zu tun. Viele große Mathematiker waren musikalisch hoch talentiert, viele große Musiker mathematisch exzellent. Einstein etwa oder umgekehrt Bach.

Gibt es auch geschlechtsspezifische Begabungen?

In der Tat sind Jungen im räumlichen Bereich und deshalb mathematisch und musikalisch etwas besser talentiert, es gibt ja auch nur wenige bedeutende Mathematikerinnen und Komponistinnen. Selbst frühkindliche Förderung holt diese Differenz bei Mädchen offenbar nicht auf. In allen Tests schneiden sie in der räumlichen Vorstellung nicht so gut ab wie die Jungen. Deutlich besser sind Mädchen dagegen bei der Verbalisierung sowie im Hinblick auf ihre sozialen und empathischen Fähigkeiten, also den Umgang mit anderen Menschen.

Hat das mit ihren Hirnstrukturen zu tun?

Ja. Die beiden Sprachzentren, das Wernicke- und das Broca-Areal, sind bei Frauen, jedenfalls statistisch gesehen, größer und besser durchblutet.

Ist vielleicht auch die Intelligenz je nach Geschlecht unterschiedlich entwickelt?

Das ist ein sehr interessantes Feld. Bis vor fünf Jahren ist weltweit jeder Experte, ob Frau oder Mann, von einem kleinen, aber robusten Intelligenzunterschied der Geschlechter ausgegangen: Die Frauen lagen vier bis sechs IQ-

Punkte hinter den Männern, jedenfalls in der großen Statistik. Seit man aber Mädchen und junge Frauen intensiver fördert, verliert sich das: Der Mittelwert ist kaum noch zu unterscheiden.

Nun könnte man allerdings auch sagen, dass diese Entwicklung das Ergebnis eines Artefakts ist: Würden die Jungen genauso gefördert wie vielerorts inzwischen die Mädchen, dann würden sie die wieder überholen.

Jungen zum Fleiß zu bringen ist aber bedeutend schwieriger.

Weshalb?

Weil Fleiß bei ihnen nicht besonders gut angesehen ist, zumindest nicht in Deutschland. Während bei Mädchen Fleiß toleriert wird, dürfen selbst die hochbegabten Männer der Studienstiftung nicht zeigen, dass sie fleißig sind.

Weil das uncool ist?

Genau. Also lässt sich das allmähliche Verschwinden der Geschlechtsunterschiede in den IQ-Tests vielleicht auch dadurch erklären, dass Mädchen fleißiger sind. Tatsächlich sind inzwischen deren Abiturnoten in Deutschland im Durchschnitt deutlich besser als die der Jungen: etwa eine halbe bis dreiviertel Note. Sollten diese Unterschiede in Zukunft noch dramatischer werden, dann muss man den Jungs stärker helfen. Allerdings halten die sich noch bei den Höchstbegabungen – im Bereich Mathematik, Physik, Musik und Ingenieurwissenschaften – deutlich an der Spitze.

auch um den Preis, dass Männer diese Höchstbegabung nicht selten mit Autismus und antisozialen Persönlichkeitsstörungen bezahlen. Aber auch am unteren Ende der IQ-Skala sammeln sich prozentual mehr Männer als Frauen. Und es gibt kaum weibliche Schwerverbrecher. So gleicht sich manches aus.

Sind die Hochbegabten, auf die Sie treffen, stets nur auf ein spezielles Talent fixiert?

Nein, die meisten sind rundum befähigt, hatten im Abiturzeugnis überall eine Eins, sprechen vier, fünf Sprachen, sind gute Sportler und Musiker.

Multitalente also, die auf allen Gebieten herausragen?

Ach wissen Sie, als hochbegabt gilt man mit einem IQ von 130 oder 135 – oder auch mit einem Einser-Abitur. Das sind rein statistisch ein Prozent der Menschen. Doch deshalb muss man noch nicht als Multitalent geboren worden sein. Aber wenn man mit jener allgemeinen Intelligenz gut ausgestattet ist, von der wir eingangs gesprochen haben, dann befähigt einen die, sich zu überlegen, wie man am besten Englisch lernt, Gedichte interpretiert, mathematische Aufgaben löst. Ein solcher Mensch hat es sehr leicht, in vielem sehr tüchtig zu sein.

Gibt es Begabungen, die selbst bei solchen Koryphäen selten auftreten?

Ist ein solches Organisationstalent durch IQ-Tests zu ermitteln?

In gewissem Sinne schon. Erkennen lässt sich jedenfalls, dass man generell Probleme logisch durchdringen kann. Meist aber offenbart sich Organisationstalent durch hohes praktisches Geschick. Wenn sich etwa die Aufgabe stellt, eine neue Firma in Shanghai aufzubauen, sagt der eine: Aber wie soll ich das denn schaffen? Ich war ja noch nie in Shanghai, ich kenne mich dort überhaupt nicht aus. Das kann ich nicht.

Der andere geht anders an das Problem heran und sagt: Ich war zwar noch nie in Shanghai, habe so etwas auch noch nie gemacht, aber es gibt Leute, bei denen ich mich informieren kann. Ich frage die, fahre dann hin, schaue mich um. Das wäre ein Mann, der Organisationstalent mit praktischem Geschick verbindet. Man kann nicht alles wissen, aber man muss Leute finden, die einem erzählen, was man erfahren will. Und zu wissen, wen man fragt, zeugt ebenfalls von hoher Intelligenz.

Was würden Sie einem Teenager raten, bei dessen intellektueller Erziehung in den Jahren zuvor geschludert worden ist? Kann der das Versäumte nachholen?

Das Potenzial der Intelligenzentwicklung reduziert sich in der Jugend leider auf zehn mögliche IQ-Punkte, mit starken interindividuellen Schwankungen. Das heißt, etwa vom 14., 15. Lebensjahr an haben alle Intelligenzfördermaßnahmen nur geringen Erfolg – sofern sie

? Welche Talente treten am seltensten auf?

Um wie viel übersteigt denn der Anteil höchstbegabter Jungen den der Mädchen?

Bis zum Achtfachen. Zu den absoluten Spitzen zählen nur ganz selten Mathematikerinnen, Physikerinnen oder Ingenieurinnen. Das wird wohl durch das Sexualhormon Testosteron und einen speziellen Cocktail an biochemischen Stoffen hervorgerufen. Aber eben

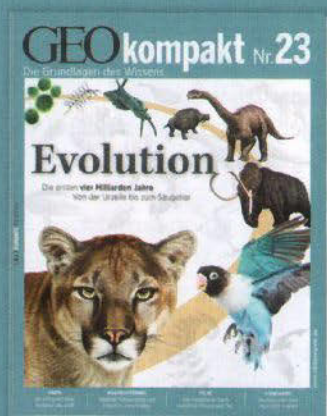
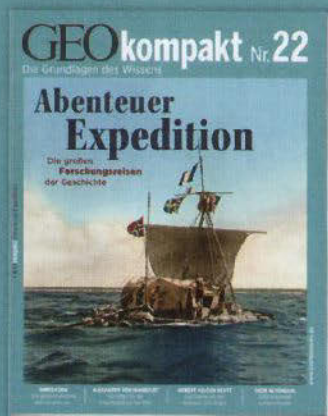
! Exzellent zu zeichnen – und sehr gut zu organisieren. Das ist eine der höchsten und wichtigsten Intelligenzformen überhaupt.

Ja, exzellent zeichnen zu können ist eine seltene Fähigkeit. Und noch ein anderes Talent ist nur verhältnismäßig wenigen Menschen gegeben: sehr gut zu organisieren. Denn das setzt voraus, sich genau zu überlegen, wie man etwas erreicht, wie man Risiken kalkuliert, wie man die Dinge anpackt – also sogenannte exekutive Funktionen. Diese Handlungsplanung ist eine der höchsten Formen von Intelligenz überhaupt. Vielleicht sogar die wichtigste.

nicht über Jahre regelmäßig fortgesetzt werden. Nur dann also könnte der Teenager davon nennenswert profitieren.

Bedeutet das, dass viele Fortbildungsangebote das versprochene Ziel nie erreichen?

Genau. Selbst wenn Maßnahmen zur Erhöhung der Intelligenz kurzfristig Erfolg aufweisen – nach nicht allzu lan-



Alle
Titel auch
mit DVD
erhältlich

Man kann nie genug wissen. GEO kompakt.

Jetzt im gut sortierten Buch- und Zeitschriftenhandel. Falls Sie eines dieser Hefte verpasst haben, bieten sich jetzt folgende Möglichkeiten: Sie können zum Zeitschriftenhändler Ihres Vertrauens gehen und danach fragen. Sie können sich direkt an GEO wenden – Tel. 01805/861 8000* oder Fax 01805/861 8002*. Sie können im Internet unter www.geoshop.de nachschauen. Oder Sie können sich auf das neue Heft freuen.

Weitere Produkte im Internet unter www.geoshop.de

GEO kompakt

ger Zeit ist der wieder verschwunden. Eine Firma, die ihre Mitarbeiter übers Wochenende zu Intelligenzsteigerungs-Seminaren einlädt, kann sich das Geld sparen. Wer so was anbietet, ist ein Scharlatan. Schon am Mittwoch ist der Effekt wieder dahin. Deshalb ist es so wichtig, dass wir die Bedingungen für die so ergiebige frühkindliche Intelligenzentwicklung verbessern.

Damit nicht diejenigen unten bleiben, die genetisch weniger mitbekommen haben oder frühkindlich benachteiligt waren?

Zweifellos. Und: Nicht nur für den Einzelnen, auch für unsere Gesellschaft ist Intelligenz ein enorm positiver Faktor. Intelligenter Menschen sind sorgfältiger und fleißiger, sie sind emotional ausgeglichener, können besser mit Risiken umgehen und sind in der Regel empathischer. Intelligenz zieht meist positive soziale Fähigkeiten nach sich.

Denn rein genetisch ist die intellektuelle Gleichheit nicht vorgesehen: Intelligente Eltern haben ihre Sprösslinge ja schon im Zeugungsakt genetisch gefördert und werden sich – nicht zuletzt, weil sie sich eher sozial verantwortlich fühlen – auch später intensiv um ihre Kinder kümmern und somit deren Intelligenz entwickeln helfen.

Intellektuelle Gleichheit gibt es nicht, sagen Sie, weil sie genetisch nicht vorgesehen sei. Folgen daraus auch intellektuelle Unterschiede zwischen Einheimischen und Migranten, zwischen unterschiedlichen Ethnien also? Eine Frage, die ja im Zusammenhang mit Thilo Sarrazins Thesen kontrovers und erbittert diskutiert wird.

Regelmäßig besiegen im Sprint wie im Langstreckenlauf schwarze Sportler den Rest der Welt, und niemand regt sich darüber auf, wenn das genetisch begründet wird. Doch wenn man den IQ bei unterschiedlichen Ethnien stets mit der gleichen Methodik ermittelt und dabei stets Unterschiede feststellt und diese Ergebnisse als genetisch bedingt erklärt, gehen die Wogen hoch.

Das ist ja auch, zumindest hierzulande, ein delikates Kapitel...

Ja, wobei aber oft an der Sache vorbeidiskutiert und falsch gewichtet wird. Denn man muss schon berücksichtigen, dass die Unterschiede allenfalls vier bis sechs IQ-Punkte betragen – was meist in der natürlichen Schwankungsbreite untergeht – und dass in der „Rangliste“ der so gemessenen Intelligenz nicht etwa die Europäer oder Kaukasier an der Spitze stehen, sondern asiatische Völker. Erst dann kommen wir Kaukasier, vor Südamerikanern und Afrikanern.

Und warum ist das so?

Noch völlig unklar. Möglicherweise ist es auf den Test zurückzuführen – oder eine Folge unterschiedlicher frühkindlicher Förderung. Und es ist im

Memo: **ERZIEHUNG**

► **Nur zu etwa 50 Prozent** ist Intelligenz angeboren – ganz entscheidend wirkt sich daher der Einfluss der Umwelt auf die kognitive Entfaltung aus.

► **Sprache ist** ein Intelligenzverstärker. Deshalb gilt es, mit Heranwachsenden möglichst viel zu kommunizieren.

► **Motivation** ist entscheidend für den Bildungserfolg: Ein Mensch bemüht sich nur dann, wenn er eine Belohnung erwartet.

► **Sanktionen** sind als erzieherische Maßnahme ungeeignet: Strafe zeigt keinen Ausweg und ruft vor allem das Bedürfnis nach Rache hervor.

Gründe auch nicht relevant. Die vorgeburtliche Intelligenzausstattung jener Ethnien, die für uns eine relativ große Rolle als Immigranten spielen – also Türken, Polen, Russen – unterscheidet sich von der unseren ohnehin nicht. Etliche dieser Menschen haben vielmehr ein Problem mit den intelligenzfeindlichen psychosozialen Bedingungen, unter denen sie aufwachsen

mussten. Und darin unterscheiden sie sich tatsächlich deutlich von uns.

Aber diese Nachteile könnten mit Bildungsförderung abgebaut werden?

Absolut. Leider scheitern immer mehr Immigranteneltern – wie viele deutsche auch – an ihrem Erziehungsauftrag: also die Kinder immer wieder zu motivieren, zu ermutigen, Vorbild zu sein. Früher haben sich ja daran auch Geschwister, Onkel und Tanten, Großväter und Großmütter beteiligt. Doch davon gibt es heute immer weniger, und noch weniger engagieren sich in dieser Hinsicht.

Die Zunahme der Vernachlässigung in den Familien – nicht nur bei den armen, auch bei den wohlhabenden – ist dramatisch. Doch keine Gesellschaft kann es sich leisten, ihr Intelligenzpotenzial verkommen zu lassen.

Man muss Eltern und Erziehern klarmachen, wie wichtig ihr Job ist, wie wichtig es ist, dass sie sich um ihre Kinder kümmern. Man muss ihnen aber auch sagen, wie sie Heranwachsende am besten begleiten. Und das ist nicht trivial. Allein das Beispiel der Bildungserfolge bei unseren Mädchen zeigt, was frühe Förderung zu leisten vermag.

Die Förderung von Intelligenz und Bildung muss zur nationalen Top-Aufgabe werden, und dazu gehört, dass die Entscheidungshoheit der Bundesländer in Sachen Bildung endlich wieder auf ein vernünftiges Maß zurückgeschnitten und das Bildungs-Chaos beseitigt wird. Zugleich muss gelten: Je früher es Förderung gibt, desto besser. Kein Geld ist sinnvoller angelegt als das, was in die Verbesserung der frühkindlichen psychosozialen – und damit auch ökonomischen – Verhältnisse investiert wird.

Das stärkt nicht nur Bildung, sondern ist das wirksamste Mittel gegen Jugendgewalt. Denn beides hängt aufs Engste miteinander zusammen. □

Prof. Dr. Dr. Gerhard Roth, Jahrgang 1942, untersucht seit Jahren die neuropsychologischen Grundlagen der Geistesentwicklung. Zuletzt veröffentlichte der Biologe das Buch „Bildung braucht Persönlichkeit. Wie Lernen gelingt“ (Klett-Cotta). Darin erklärt er, weshalb Emotionen beim Lernen so wichtig sind – und wie sich die Entfaltung des kindlichen Verstandes bestmöglich fördern lässt.

FÜR KINDER AB
8 JAHREN

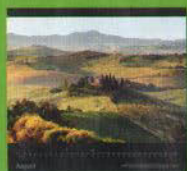
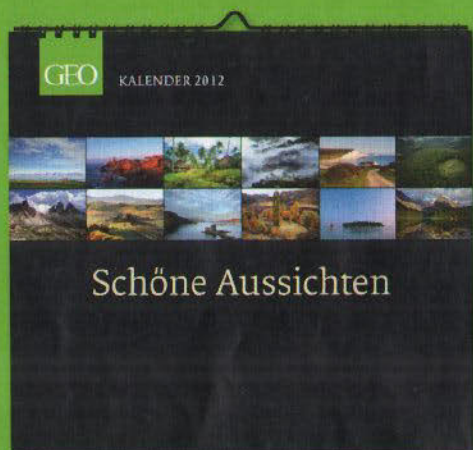
Haben Spinnen auch vor Menschen Angst?

Alles, was Kinder wissen wollen. Jeden Monat in GEOlino.



Die neuen GEO-Kalender 2012 sind da!

Sichern Sie sich schon jetzt die einmaligen Bildwelten von GEO für zu Hause.



€ 49,⁰⁰

Abonnentenpreis € 44,10

% Im Kalender-Abo:
1. Jahr → € 41,65
2. Jahr → € 41,65
3. Jahr → € 39,20

GEO-Kalender „Schöne Aussichten“

Kleine Hütten, malerische Häuser, imposante Schlösser – wie zufällig ausgestreut über den Wundern der Schöpfung. Erleben Sie 12 bildgewaltige Beispiele dafür, wie der Mensch sich inmitten dramatischer Landschaften eingerichtet hat. Ein dekorativer Wand-schmuck für jedes Zuhause. Auch für Ihres! Maße: ca. 60 x 55 cm.

Best.-Nr.: 6720100

Preis A: € 49,50, Preis CH: Fr. 80,50



€ 29,⁰⁰

Abonnentenpreis € 26,10

% Im Kalender-Abo:
1. Jahr → € 24,65
2. Jahr → € 24,65
3. Jahr → € 23,20

GEO SAISON-Kalender „Deutschland“

Türkisfarbenes Wasser wie in der Karibik. Märchenhafte Gebirgs-züge. Buchstäblich blühende Landschaften. Das soll Deutschland sein? Ja! Der GEO SAISON-Kalender zeigt 2012 völlig unbekannte Seiten unserer Heimat – und macht mit spektakulären Aufnahmen Lust, Deutschland neu zu entdecken! Maße: ca. 50 x 45 cm.

Best.-Nr.: 6720600

Preis A: € 29,30, Preis CH: Fr. 44,50

Bis zu

20%

Rabatt im Abo!

Unser Tipp: das GEO-Kalender-Abo!

Nutzen Sie das GEO-Kalender-Abo* und sparen Sie bis zu 20 %! Ihr Vorteil: Sie erhalten automatisch jedes Jahr Ihren Wunschkalender.

- 1. Jahr → 15 % Rabatt
- 2. Jahr → 15 % Rabatt
- 3. Jahr → 20 % Rabatt

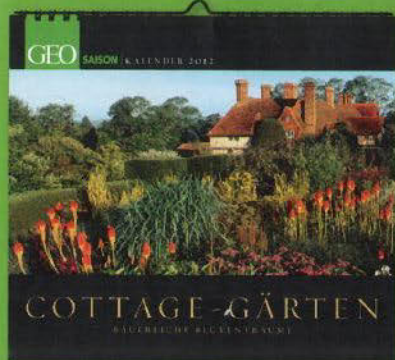
*Das GEO-Kalender-Abo bieten wir Ihnen für folgende Kalender an: GEO-Panorama „Der Blick ins Weite“, GEO-Klassiker „Schöne Aussichten“, GEO SAISON „Deutschland“, GEO SAISON-Panorama „Die schönsten Gärten der Welt“.

Keine Versandkosten!
Ab € 100,- Bestellwert

10% Rabatt auf Kalender!
Exklusiv für alle GEO-Abonnenten

GEO Shop

Das Beste von GEO zum Bestellen



GEO SAISON-Kalender „Cottage-Gärten“

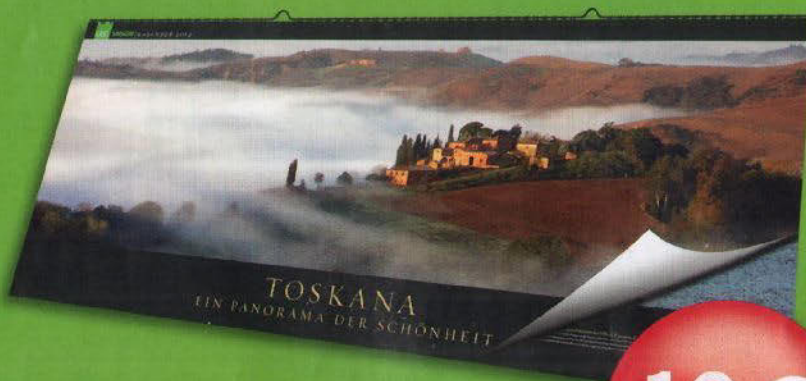
Prächtige Blumen, liebevoll gestutzte Hecken, urige Häuschen – genießen Sie jeden Tag einen Blick ins Grüne! Freuen Sie sich auf großartige Einblicke in die schönsten Gärten der Welt! Maße: ca. 50 x 45 cm.

Best.-Nr.: 6720700

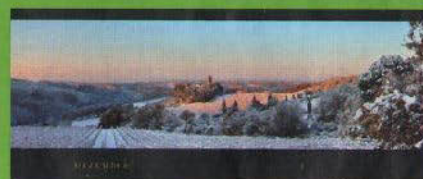
Preis A: € 29,30, Preis CH: Fr. 44.50

€ 29,00

Abonnentenpreis € 26,10



10 €
günstiger!*



GEO SAISON-Panorama-Kalender „Toskana“

Der Domplatz von Massa Marittima, frühmorgens und menschenleer. Montepulciano in atemberaubenden Herbstfarben. Ein Feldweg, so als stünde man mitten in der Landschaft. Erleben Sie magische Momente der Fotografie im XXL-Format – und an 365 Tagen die ganze Schönheit der Toskana! Maße: ca. 120 x 50 cm.

Best.-Nr.: 6721000

Preis A: € 99,90, Preis CH: Fr. 149.00

€ 99,00

*statt UVP € 109,00
Abonnentenpreis € 89,10



Bestellen Sie online und entdecken Sie über 190 weitere Produkte:

www.geoshop.de/kalender1

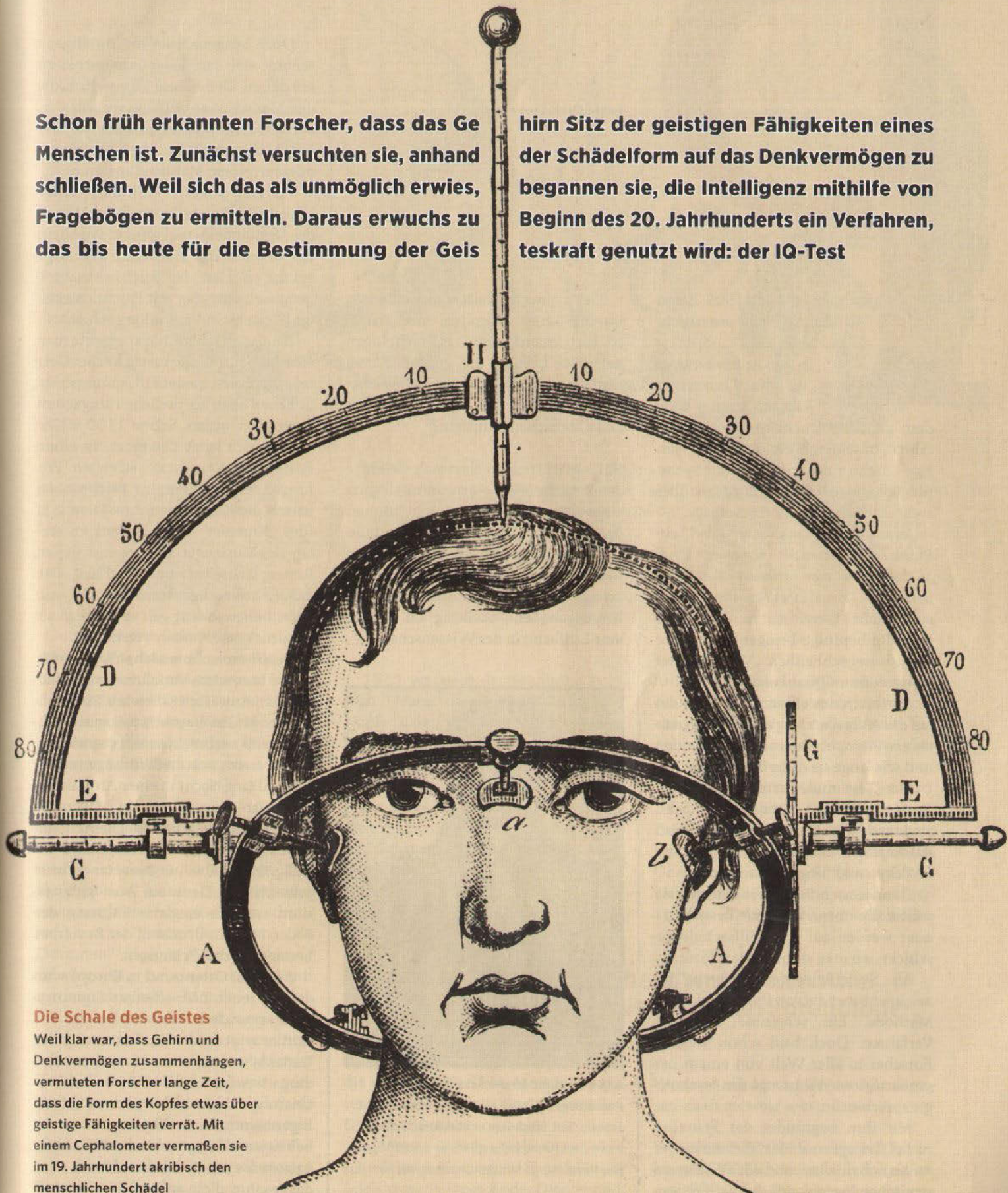
Oder per Telefon unter 01805/22 50 59*** (Bitte Aktionsnr. 700 297 angeben)

Der vermessene Verstand



Schon früh erkannten Forscher, dass das Gehirn Sitz der geistigen Fähigkeiten eines Menschen ist. Zunächst versuchten sie, anhand der Schädelform auf das Denkvermögen zu schließen. Weil sich das als unmöglich erwies, begannen sie, die Intelligenz mithilfe von Fragebögen zu ermitteln. Daraus erwuchs zu Beginn des 20. Jahrhunderts ein Verfahren, das bis heute für die Bestimmung der Geistes-

kraft genutzt wird: der IQ-Test



Die Schale des Geistes

Weil klar war, dass Gehirn und Denkvermögen zusammenhängen, vermuteten Forscher lange Zeit, dass die Form des Kopfes etwas über geistige Fähigkeiten verrät. Mit einem Cephalometer vermaßen sie im 19. Jahrhundert akribisch den menschlichen Schädel

P

Text: Dirk Liesemer

aris, im Frühjahr 1905: Bis zu 30 Minuten lang untersucht Alfred Binet jedes Kind, das er in sein Arbeitszimmer an der Universität bittet – immer nach

dem gleichen schematischen Testverfahren. In seinem Büro sitzt der 47-jährige Direktor des Instituts für Psychophysiologie jedem Prüfling gegenüber, stellt sachlich Aufgabe für Aufgabe.

„Was ist ein Haus, eine Gabel, ein Pferd, eine Mama?“, fragt er. Und: „Welche Wörter reimen sich auf Schule?“ Dann lässt er fünf unterschiedliche Gewichte in eine sinnvolle Reihenfolge bringen. Die letzte Frage lautet schließlich: „Was bedeutet Langeweile und was Lustlosigkeit?“

Akribisch notiert er, wie die Kinder auf die Aufgaben reagieren, was genau sie erwidern, ob sie eine Lösung finden und wie lange sie dafür benötigen.

Der Test mutet simpel an. Doch Binet hat Jahre gebraucht, um ihn zu entwickeln. Und nicht zuletzt wird das Ergebnis über den Werdegang der Mädchen und Jungen entscheiden.

Denn je nach Testergebnis dürfen sie weiter die normale Schule besuchen – oder werden auf eine Hilfsschule geschickt, wo man sie besonders fördert.

Als „Stufenleiter der Intelligenz“ bezeichnet Binet die von ihm entwickelte Methode. Ein scheinbar einfaches Verfahren. Doch bald schon werden Forscher in aller Welt von einem der großartigsten Werkzeuge der Psychologie sprechen.

Mit ihm begründet der Franzose nichts Geringeres als das Jahrhundert der wissenschaftlichen und vor allem systematischen Vermessung des Verstandes.

Denn Binet hat den ersten modernen Intelligenztest erfunden. Und damit ein Instrumentarium, das Psychologen helfen soll, eines der großen Rätsel der Wissenschaft zu lösen: Mit welcher Methode lässt sich die Geisteskraft eines Menschen ermitteln?

SEIT JEHER zerbrechen sich Gelehrte den Kopf darüber, wie sie die Intelligenz eines Einzelnen bestimmen können. Immerhin qualifiziert kaum ein anderes Wesensmerkmal einen Menschen mehr für geistig anspruchsvolle Tätigkeiten – ein hohes Staatsamt etwa, eine herausgehobene Stellung im Militär, eine Laufbahn in der Wissenschaft.



ALS BEGRÜNDER der Schädellehre, der Phrenologie, gilt der deutsche Arzt Franz Joseph Gall. Nachdem er Hunderte Schädel analysiert hatte, behauptete er um 1800, die Kopfform hänge von der Geisteskraft ab

Doch ausgerechnet die Intelligenz scheint sich fast jeder Erkenntnis zu entziehen. Denn diese Eigenschaft, die den Menschen so auffällig von allen anderen Geschöpfen unterscheidet, lässt sich weder betasten noch direkt wiegen oder mit einem Maßband ausloten.

Zudem pflegen Kulturen unterschiedliche Vorstellungen vom Wesen des Verstandes – mal wird er vor allem am Respekt, mal am Verantwortungsgefühl oder an der Rücksichtnahme gemessen oder aber mit Furchtlosigkeit und Courage in Verbindung gebracht.

Bereits im alten China bediente man sich zur Beurteilung menschlicher Geistesgaben verschiedener Eignungstests, in denen auch körperliche Fähigkeiten bewertet wurden: Schon 1100 v. Chr. musste sich jeder Bewerber für einen Posten im Kaiserstaat strengen Prüfungen unterziehen; in Stichproben hatten die Kandidaten ihre Talente in fünf „Künsten“ unter Beweis zu stellen – im Musizieren und Bogenschießen, Reiten, Schreiben und Rechnen. Die dabei notwendige Konzentration und Selbstbeherrschung galt vermutlich als Ausdruck eines hohen Verstandes.

In späteren chinesischen Dynastien halfen besondere Verfahren, unter zahlreichen Anwärtern für eine Stelle als Mandarin den Begabtesten auszuwählen. Dafür verbrachten die Aspiranten bei der ersten von drei Prüfungen einen Tag und eine Nacht in einer Art Kabine; in der Isolation sollten sie tiefsinnige Essays zu vorgegebenen Themen verfassen, ein Gedicht schreiben und die kalligrafische Qualität ihrer Handschrift präsentieren. Denn ein Auswahlkriterium war die elegante Führung der Feder. Nur ein Bruchteil der Bewerber bestand die drei Prüfungen.

Auch im Orient und in Europa wurden zu jener Zeit offenbar Eignungstests entwickelt. Manche Denker der Antike setzten bei der Bewertung der Gedankenstärke eines Menschen allerdings weniger auf den Beweis seiner Leistungsfähigkeit als vielmehr auf die Eigenheiten seiner Physiognomie. So behauptete der griechische Philosoph Aristoteles im 4. Jahrhundert v. Chr., dass es ihm allein anhand der Gesichts-

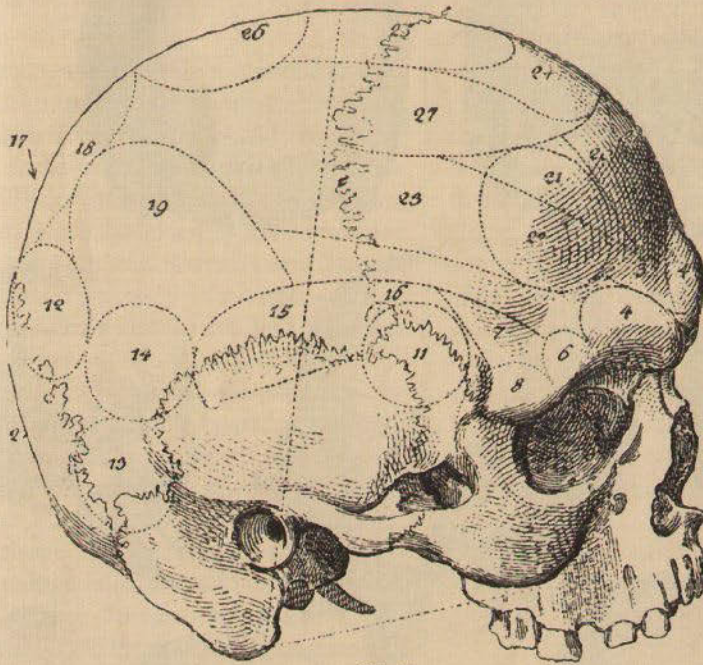


Fig. II.

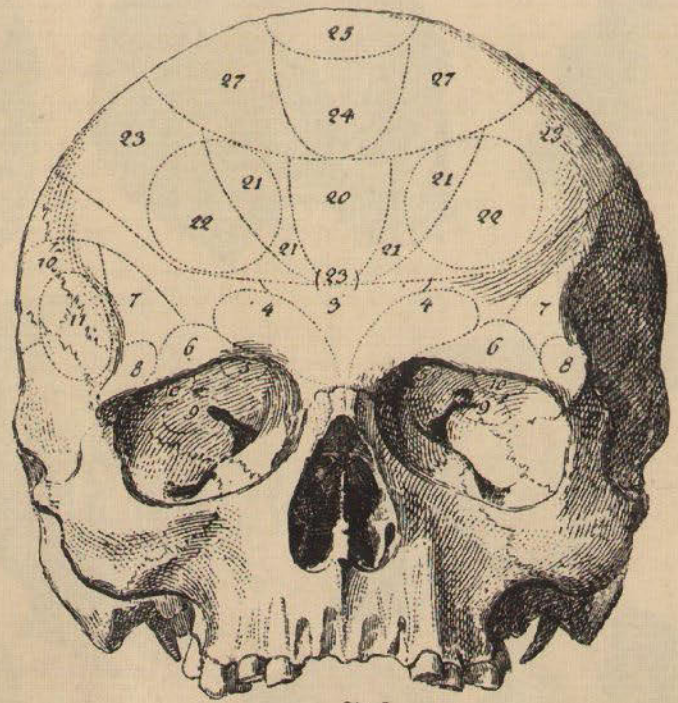


Fig. I.

Erklärungen zu Figur I und II. Gall'sche Organe:

- | | | |
|---|--|---|
| 1. Das Organ des Geschlechtstriebes, Fig. II. | 10. Die Organe des Sprachsinnes (in der Augenhöhle), Fig. I. | 21. Das Organ des philosophischen Scharfsinnes (schließt Nr. 20 mit ein), Fig. I. II. |
| 2. Das Organ der Kinder- oder Jugenliebe, Fig. II. | 11. Die Organe des Kunstsinnes, Fig. I. II. | 22. Die Organe des Witzes, Fig. I. II. |
| 3. Das Organ der Erziehungsfähigkeit, Memoria realis, Fig. I. II. | 12. Die Organe der Freundschaft und Anhänglichkeit, Fig. II. | 23. Das Organ des Instruktionsvermögens (schließt die Organe 16 u. 20, 21 n. 21 mit ein), Fig. I. II. |
| 4. Die Organe des Ehrsinnes, Fig. I. II. | 13. Die Organe des Manesinnes, Fig. II. | 24. Das Organ der Gütmütigkeit, Fig. I. II. |
| 5. Die Organe des Personensinnes (in der Augenhöhle), Fig. I. II. | 14. Die Organe des Mordsinnes, Fig. II. | 25. Das Organ der Theologie, Fig. I. II. |
| 6. Die Organe des Habsinnes, Fig. I. II. | 15. Die Organe der Schamheit, Fig. II. | 26. Das Organ der Heiligkeit, Fig. II. |
| 7. Die Organe des Tonhinsinnes, Fig. I. II. | 16. Die Organe des Diebsinnes, Fig. I. II. | 27. Das Organ der Darlegungsgabe (schließt Nr. 24 mit ein), Fig. I. II. |
| 8. Die Organe des Radesinnes, Fig. I. II. | 17. Das Organ des Hörsinnes, Fig. II. | †† Unbezeichnete Stellen. |
| 9. Die Organe des Wortsinnes (in der Augenhöhle) Fig. I. | 18. Die Organe des Ruhmsinnes und der Eitelkeit, Fig. II. | |
| | 19. Die Organe der Bedächtigkeit, Fig. II. | |
| | 20. Das Organ des vergleichenden Scharfsinnes, Fig. I. II. | |

Landkarte des Charakters

Eine Vielzahl geistiger »Organe«, Hirnteile, gebe es im Schädel, behauptete Gall – etwa für Schläue (15), Bedächtigkeit (19), Scharfsinn (20, 21) oder Witz (22). Selbst der Hang zu Diebstahl (16) oder Mord (14) sei an der Schädelform abzulesen

züge eines Menschen möglich wäre zu erkennen, ob der gewitzt sei oder tumb, verschlagen oder eitel. Die „Geistreichen“ hatten laut Aristoteles einen mageren Hals, ein feines, schmales Gesicht, glanzvolle Augen. Die „Dummen“ dagegen fielen durch eine fleischige Stirn auf, ein wuchtiges Kinn sowie ausdruckslose Mimik.

In späteren Jahrhunderten ersannen Gelehrte etliche Methoden, um Intelligenz zu messen: Sie analysierten Handschrift, Mimik, Sprechweise oder Verhalten ihrer Probanden. Und dachten sich abenteuerliche Prüfungen aus: Wilde Tiere mussten gezähmt, gefährliche Gewässer durchquert, schwierige Fragen gelöst werden.

1575 verfasste der spanische Arzt Joan Huarte das Buch „Prüfung der Köpfe zu den Wissenschaften“ – einen Studienleitfaden, mit dem Eltern herausfinden sollten, für welches Fach ihre Söhne am besten geeignet waren.

So sei etwa die Gabe, sich schnell viele Fakten zu merken, unabdingbar für das Studium der Theologie. Für jene, die sich logische Zusammenhänge erschließen und abstrakten Gedanken zu folgen vermochten, empfahl Huarte

Aufklärer Gotthold Ephraim Lessing das Werk 1752 ins Deutsche übersetzte, entwickelte sich in Europa bereits zunehmend ein neues Verständnis des menschlichen Geistes.

Hatte der zuvor bei vielen Denkern als eine unabhängig vom Leib in einer Parallelwelt existierende Wesenheit gegolten, so sahen ihn jetzt immer mehr Gelehrte als Teil des Körpers an. Deshalb setzte sich nach und nach die Überzeugung durch, dass der menschliche

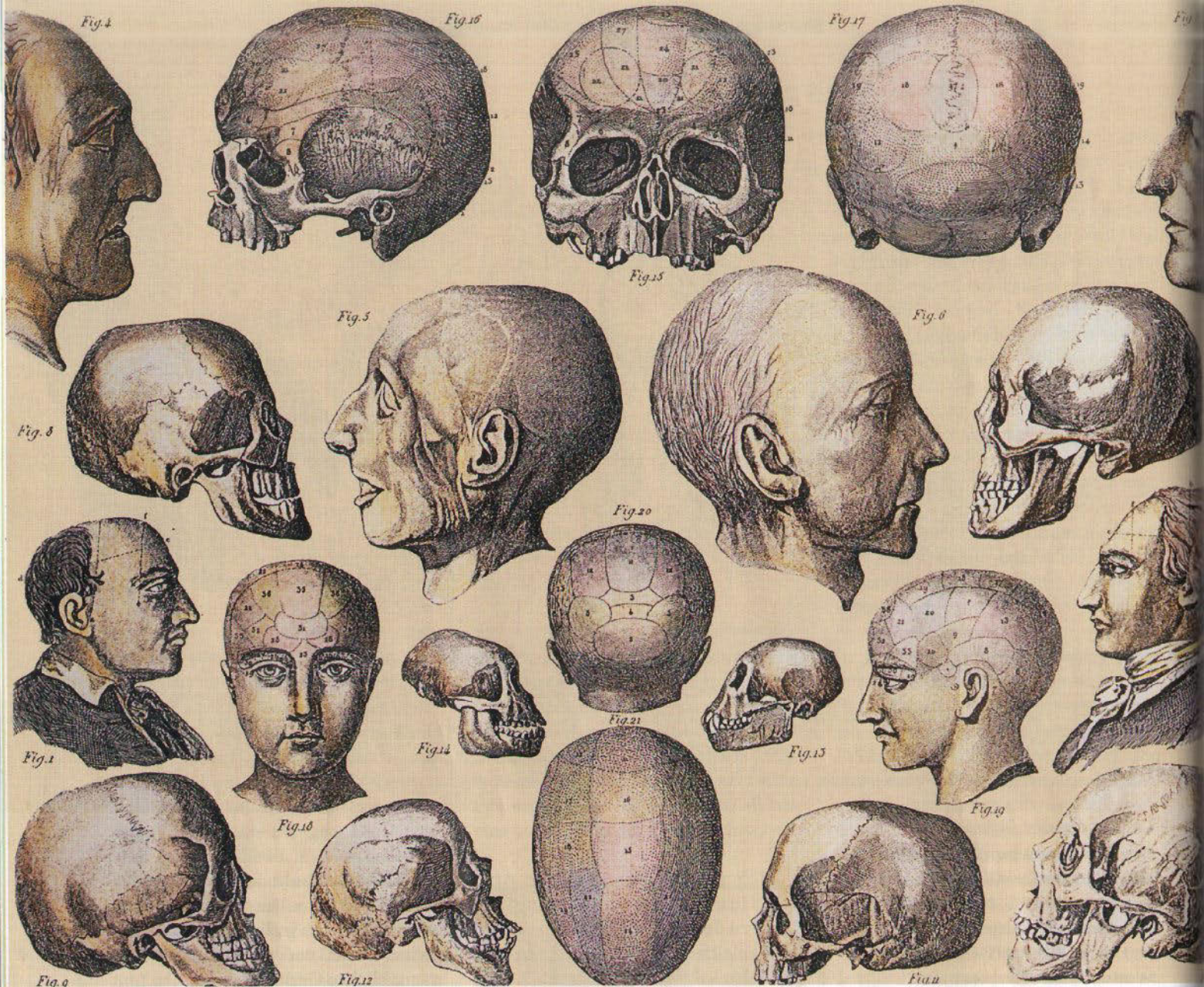
Menschen mit hervorstehenden Augen hätten ein gutes Wortgedächtnis, glaubten Phrenologen

die Juristerei. Und bei einer ausgeprägten Fantasie legte er ein Studium der Diplomatie nahe.

Huartes Schrift verbreitete sich schnell in spanischen und französischen Adelshäusern. Doch als der Dichter und

Verstand mit Methoden der Naturwissenschaft messbar sein müsste.

IN DIESEM SINNE forscht auch Franz Joseph Gall. Der deutsche Arzt gehört um 1800 zu den Pionieren einer jungen



Disziplin, der Neuroanatomie. Und betont, der Geist sei fest mit den Nerven verbunden. Ohne Gehirn, so Gall, keine Geisteskraft. Der in Wien arbeitende Arzt vermisst die Köpfe Hunderter Menschen und berechnet aus den individuellen Daten das Volumen des jeweiligen Hauptes.

Er glaubt, so auf die Hirnmasse schließen zu können – und damit auf Verstand und Charakter. Denn die unterschiedlich voluminösen Gehirne würden auch für jeweils andere Kopf-
formen sorgen.

Unermüdlich sammelt Gall Totenschädel, insgesamt mehr als 300, bestimmt auf den Millimeter genau deren Ausmaße und begründet schließ-

Karrieren dank der Kopfform

Eifrig verglichen Forscher Physiognomien und Schädelformen – und fanden Zusammenhänge mit Charaktereigenschaften. Das führte dazu, dass Heiratswillige den Partner anhand passender Buckel am Haupt wählten und Berufsberater Stellen auf Basis der Kopfform vermittelten

lich die Schädellehre, die „Phrenologie“, (von griech. *phrēn*, *phrēnos*, Geist).

Der Arzt untersucht nicht nur die Physiognomien der Schädel, er teilt das Denkorgan zudem in 27 Areale ein, die seiner Ansicht nach jeweils spezielle Funktionen erfüllen: So glaubt er hinter den Augen einen Bereich für mathematisches Verständnis zu lokalisieren und einen anderen für logisches Denken.

Hervorstehende Augen bringt er mit einem ausgeprägten Wortgedächtnis in Verbindung. Galls Erklärung: Das entsprechende Areal liege hinter der Stirn; wenn es außergewöhnlich groß sei, drücke es die Augen aus ihren Höhlen.

Zweieinhalb Jahre lang reist der Mediziner durch Europa, und überall zieht er Menschen mit seinen Experimenten in den Bann. Neugierigen stülpt er eine komplizierte Apparatur über den Kopf, die aussieht wie ein metallener Hut. Mit dieser Vorrichtung kann Gall jede Wölbung des Schädels präzise bestimmen – und damit auch, wie er glaubt, die Persönlichkeit eines Menschen: Eine Ausbuchtung schräg oberhalb des rechten Auges deute auf einen guten Orien-

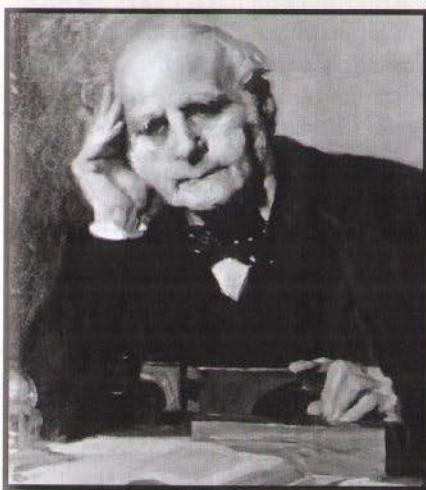
tierungssinn, eine Einbuchtung auf der Stirnmitte auf mangelnde Intelligenz.

Nicht nur die Bürger sind von Galls Mutmaßungen begeistert. Friedrich Wilhelm III., der König von Preußen, lädt den Schädeldeuter ins Potsdamer Schloss ein. Bald werden sogar Gedenkmünzen mit Galls Konterfei geprägt, Schnupftabakdosen mit Schädelkarten kommen auf den Markt.

Manche Phrenologen bestimmen das Gewicht der Gehirne verstorbener Kollegen. Im Schnitt sind die Denkkorgane rund 1400 Gramm schwer (Galls Gehirn, das nach seinem Tod auf testamentarische Anweisung dem Schädel entnommen wird, wiegt 1198 Gramm).

Andere Forscher untersuchen die Sinne ihrer Probanden, um daraus auf deren Intelligenz zu schließen. Denn wie sollte das Hirn eines Menschen zu seinem Wissen kommen, wenn nicht mithilfe der Nase, der Augen, der Ohren, des Tastsinns der Hände?

„Je empfänglicher die Sinne für Unterschiede sind, desto größer die Grundlage, auf der unser Urteilsvermögen und unsere Intelligenz agieren können“, notiert der britische Psychologe Francis Galton Mitte des 19. Jahrhunderts. Wer schwache Sinne besitze, so der Forscher, dem mangle es an Geist.



DIE STÄRKE DES HÄNDEDRUCKS sowie etwa Hör- und Sehvermögen untersuchte der Londoner Psychologe Francis Galton 1884. Er glaubte, die Qualität seiner Sinne lasse auf die Intelligenz eines Menschen schließen

1884 gründet Galton in London ein „psychometrisches“ Labor. Dort untersucht er in einem Jahr 9337 Menschen. Bestimmt unter anderem die Stärke ihres Händedrucks mithilfe eines Geräts, das mechanische Kräfte misst. Nutzt eine spezielle Pfeife, um zu ermitteln, wer besonders hohe Töne wahrzunehmen vermag – je höher die registrierten Frequenzen, desto feinsinniger die jeweilige Versuchsperson.

Galton ist der Überzeugung, dass alles messbar ist, vom Fingerabdruck über die Befindlichkeit bis zum Ver-

Francis Galton war überzeugt, dass alles messbar sei – vom Fingerabdruck bis zum Verstand

stand. Für seine einfachen Experimente zur massenhaften Erfassung menschlicher Eigenschaften prägt er ein neues Wort: „Test“ (engl. für „Versuch“).

Wohl mehr als 100 000 Daten zur Sinnesschärfe sammelt der Brite. Um sie auszuwerten, verwendet er ein mathematisches Verfahren: die Statistik.

Zunächst hält er die Informationen in Tabellen fest, analysiert sie mithilfe komplexer Rechenvorschriften und stellt die Werte schließlich als grafische Kurve dar – links die Sinneschwachen, rechts die Sinnesstarken. Die Form der Kurve ähnelt einer bauchigen Glocke: Sie steigt von einem niedrigen Wert langsam an, bildet einen Scheitelpunkt und fällt auf der anderen Seite wieder ab.

Galton schließt daraus, dass die meisten Menschen mehr oder weniger ähnlich intelligent sind – sie sammeln sich in seiner Kurve in der Mitte. Nur wenige sind ausgesprochen scharfsinnig oder deutlich minderbegabt.

Doch lässt sich die Intelligenz wirklich anhand der Kopfform oder der Schärfe menschlicher Sinne ablesen?

ALFRED BINET kommen da schon bald Zweifel. In den 1880er Jahren vermisst der Psychologe nach den phrenologischen Vorgaben von Gall Hunderte Kinderschädel. Denn zunächst glaubt

auch Binet, dass „geistige Überlegenheit mit einem überlegenen Hirnvolumen verknüpft ist“.

Doch die Köpfe der leistungsstärksten und somit schlauesten Schüler – so erkennt der Franzose nach seinen Testreihen – sind im Schnitt nur um einen Millimeter größer als die der unverständigen. „Die Vorstellung, Intelligenz zu messen, indem man Köpfe misst, schien lächerlich“, vermerkt Binet schließlich.

Zudem bestreitet er die Aussagekraft all jener Versuche, mit deren

Hilfe man aus der Schärfe der Sinne eines Probanden auf dessen Intelligenz schließen will.

Binet hat die Tests an seinen beiden Töchtern überprüft. Die Ergebnisse: widersprüchlich, kaum zu interpretieren.

So reagieren die Mädchen zuweilen nicht weniger schnell oder sensibel auf Reize als Erwachsene – ihre Sinne sind also ebenso scharf. Doch scheitern die beiden häufig an abstrakten Denkauf-



DER FRANZOSE ALFRED BINET ermittelte ab 1905 das Denkvermögen von Kindern anhand eines Fragenkatalogs. Gemeinsam mit dem Arzt Théodore Simon entwickelte er den ersten Test zur Messung von Intelligenz



DEN INTELLIGENZQUOTIENTEN als Berechnungsmethode geistiger Fähigkeiten führte der deutsche Psychologe William Stern 1912 ein: Wer dem Durchschnitt seiner Altersgruppe entsprach, hatte einen IQ von 100

gaben, die Erwachsenen keinerlei Probleme bereiten.

Erst von Jahr zu Jahr vermögen seine Töchter zunehmend schwierige Fragen zu lösen. Für Binet steht daher fest: Um die Intelligenz eines Menschen zu beurteilen, müssen vor allem dessen „höhere“ geistige Fähigkeiten systematisch getestet werden. Es gehe, so der Franzose, darum „gut zu urteilen, gut zu verstehen, gut zu denken“.

1904 erhält er als Direktor des „Psycho-physiologischen Laboratoriums“ in Paris vom Erziehungsministerium einen Auftrag: Er soll ein Verfahren entwickeln, das hilft, lerngestörte Kinder zu finden. Man will sie in besonderen Hilfsklassen fördern.

Die Prozedur soll zeitsparend sein und vor allem „objektiv“. Das heißt: Es dürfen keine Schüler ausgesiebt werden, die nur faul sind oder in der Klasse stören. Daher verzichtet das Ministerium darauf, Lehrer nach deren Urteil zu fragen: Die würden womöglich nur versuchen, missliebige Kinder loszuwerden.

Gemeinsam mit dem Arzt Théodore Simon formuliert Binet eine Reihe von Aufgaben, für deren Lösung verschiedene geistige Fähigkeiten wie etwa ein gutes Gedächtnis oder Sprachgewandt-

heit erforderlich sind. Bei einer Aufgabe soll der Prüfling beispielsweise möglichst viele Wörter finden, die sich auf einen vorgegebenen Begriff reimen. Oder er soll einen Satz bilden, der drei Begriffe enthält – etwa „Paris“, „Fluss“ und „Glück“. Oder es werden ihm mehrere Bilder gezeigt, die er anschließend aus dem Gedächtnis beschreiben soll.

Binet bestimmt zunächst, in welchem Alter ein Kind in der Regel welche der Aufgaben lösen kann. Die ersten Fragen sollen leicht sein, damit möglichst viele sie beantworten können, dann werden die Aufgaben von Stufe zu Stufe anspruchsvoller.

Immer wieder verbessern Binet und Simon ihren Fragenkatalog. Als sie im Frühjahr 1905 ihre „Stufenleiter der Intelligenz“ vorlegen, zeigen sich allerdings Probleme. Eine Frage lautet: „Worin ähneln sich Fliege und Schmetterling?“ Die Kinder reicher Familien kennen Schmetterlinge von den Ferien auf dem Land, doch Arbeiterkinder scheitern, weil sie in der Stadt nie ein solches Insekt gesehen haben.

Die Frage wird gestrichen. Denn Binet geht es ja nicht um erlerntes Wissen, sondern um die Fähigkeit, sich überhaupt Wissen anzueignen, logisch zu denken, Probleme zu durchdringen.

Zweimal revidieren Binet und Simon den Test, zuletzt 1911. Dann ist er für Kinder zwischen drei und 15 Jahren geeicht. Jeder der zwölf Fragenkomplexe enthält fünf Aufgaben und steht für eine bestimmte geistige Reife. Je mehr Fragen ein Kind beantworten kann, desto intelligenter ist es.

Das neuartige Testverfahren ist nicht nur leicht anzuwenden – die Psychologen können aus den Ergebnissen nun

Fünffährigen bewältigen. Dann hat es ein „Intelligenzalter“ von fünf Jahren – ist seiner Altersklasse also voraus. Hängt es dagegen zwei Jahre hinter seinen Kameraden zurück, zählt es zu den Minderbegabten und kommt in eine Hilfsklasse.

Zwar ist das Verfahren durchdacht und standardisiert. Doch Kritiker bemängeln, dass die Auswertung zu schematisch sei und die Angabe des Intelligenzalters die wahren Stärken oder Schwächen der Testperson zu sehr verzerrt – so sei ein Vierjähriger mit der Intelligenz eines Zweijährigen deutlich minderbegabter als ein Zwölfjähriger, der auf dem geistigen Stand eines Zehnjährigen verharre.

Deshalb schlägt der deutsche Psychologe William Stern 1912 eine neue Art der Berechnung vor: Das durch die Tests ermittelte Intelligenzalter eines Menschen solle fortan durch die Zahl seiner realen Lebensjahre dividiert werden. Um ganze Zahlen zu erhalten, wird dieser „Intelligenzquotient“ anschließend mit 100 multipliziert.

Wer also über einen IQ von 100 verfügt, dessen geistiges Alter entspricht exakt seinem Lebensalter. Wer einen IQ von unter 71 hat, gilt als geistig behindert, wer hingegen einen Wert von über 130 erreicht, erhält das Attribut „hochbegabt“.

Daraus folgt: Ein Achtjähriger, der geistig einem Vierjährigen gleichkommt, besitzt einen IQ von 50 ($4 : 8 \cdot 100 = 50$).

Ein 14-Jähriger dagegen, der zwei Jahre zurückliegt, hat immerhin einen IQ von rund 86 ($12 : 14 \cdot 100 = 85,7$). Laut Skala gilt er nur als „weniger intelligent“, nicht aber als minderbegabt.

Manche Psychologen hielten alle geistig behinderten Menschen für potenzielle Verbrecher

auch ableiten, wie stark sich der Verstand des jeweiligen Probanden von dem Gleichaltriger unterscheidet: Ein Kind kann erst vier Jahre alt sein, aber trotzdem die Aufgaben eines typischen

Fortan, so sehen es die meisten Psychologen, ermöglicht es der IQ, die geistige Leistungsfähigkeit von Menschen zu vergleichen – und zwar unabhängig von deren Alter.

Das neue Testverfahren verbreitet sich nirgendwo so rasant wie in den USA: Dort feiern Psychologen den IQ euphorisch als großartigste Errungenschaft ihrer Zunft. 1916 überarbeitet der Psychologe Lewis M. Terman den auf Binet und Stern beruhenden Test. Der an der Stanford University lehrende Forscher formuliert 36 weitere, vor allem schwierigere Fragen – darunter arithmetische Rechenaufgaben. Sein „Stanford-Binet-Test“ umfasst nun 90 Aufgaben und soll insbesondere helfen, Hochbegabte zu identifizieren.

Um die Testsituation bestmöglich zu normieren, setzt Terman obendrein Richtlinien für die Prüfer fest: Sie sollen zurückhaltend auftreten, der Getestete soll weder eingeschüchtert noch besonders motiviert werden.

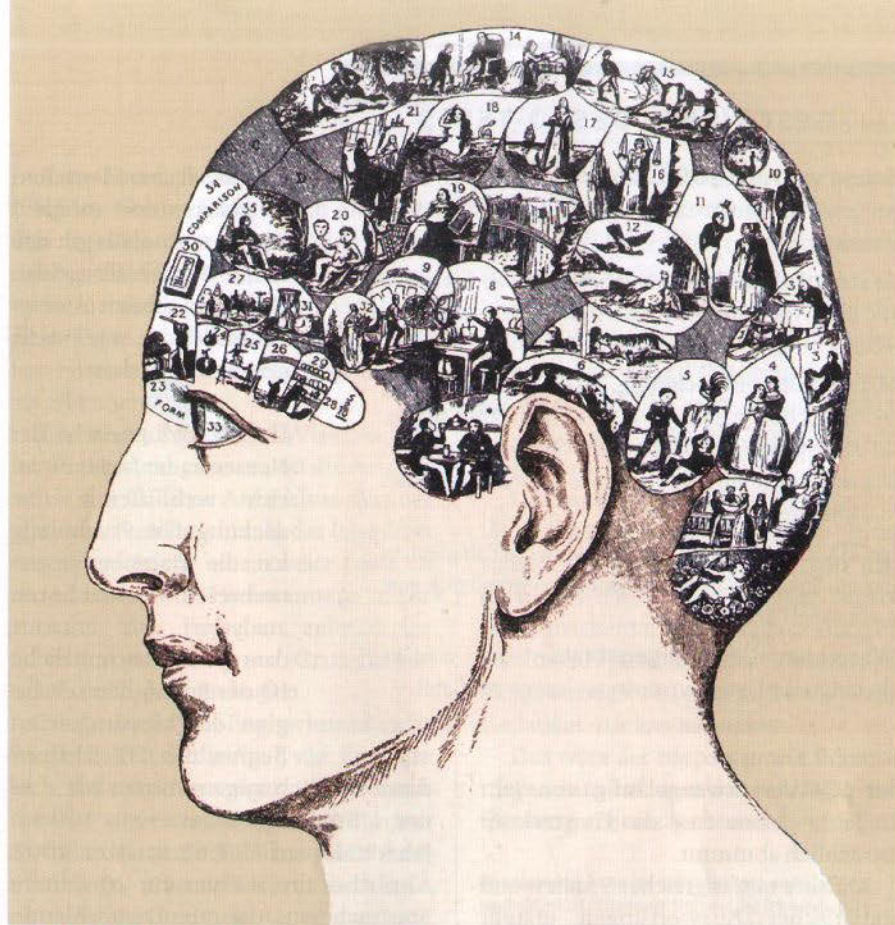
Terman ist von der Aussagekraft seiner Tests so überzeugt, dass er den Verstand jedes US-Bürgers messen lassen will. Man könne gar das Land mithilfe von Intelligenzprüfungen sicherer machen, die USA gewissermaßen von Kriminellen befreien: „Nicht alle Verbrecher sind schwachsinnig, aber alle schwachsinnigen Menschen sind zumindest potenzielle Verbrecher“, behauptet der Psychologe.

Und dass eine geistig behinderte Frau „eine potenzielle Prostituierte ist, dürfte wohl kaum jemand bestreiten“. Denn, so Terman: „Die Moral kann nicht blühen und Frucht tragen, wenn die Intelligenz infantil bleibt.“

In der Tat werden schon bald sämtliche Einwanderer dem Stanford-Binet-Test unterzogen – unter anderem deshalb, weil sich die meisten US-Bürger vor der Verbreitung eines „Schwachsinnsgens“ fürchten.

Und tatsächlich: Stichproben geben unglaubliche Daten wieder – den Testergebnissen zufolge sind 83 Prozent der jüdischen Einwanderer angeblich schwachsinnig, 80 Prozent der Ungarn, 79 Prozent der Italiener. Ihr geistiges Alter liegt im Schnitt unter zwölf Jahren.

In Wahrheit aber sind die gerade in den USA angekommenen Bauern und Arbeiter während der Tests erschöpft und verunsichert. Zudem sind die entsprechenden Fragen oft nur unzurei-



Schädellehre und Rassenwahn

Noch um 1900 glaubten Mediziner, dass die Verstandeskraft in der Kopfform festgeschrieben und vererbbar ist. Darauf gründeten die Nationalsozialisten später ihre Ideologie der Rassenhygiene

chend in die jeweilige Landessprache übersetzt. Abertausende Immigranten werden wieder ausgewiesen.

1917 treten die USA in den Ersten Weltkrieg ein. IQ-Tests sollen nun helfen, intelligente Soldaten für Waffengattungen und Offiziersposten zu finden. Innerhalb weniger Wochen werden 1 726 966 Armeeangehörige geprüft. Die Soldaten mit den schlechtesten Ergebnissen, vor allem amerikanische Schwarze sowie Einwanderer aus dem Alpen- und Mittelmeerraum, teilt man Beobachtungsbataillonen zu.

NACH DEM Ersten Weltkrieg macht sich Lewis Terman daran, die Prognosekraft seines Tests zu beweisen. Seine These: Ein hoher IQ lässt auf außergewöhnliche Erfolge im Leben schließen. Der Psychologe versucht, den Intelligenztest als Gütesiegel für Hochbegabung zu etablieren.

Dafür wählt Terman 1528 kalifornische Kinder mit einem IQ von mindestens 135 aus. Jahrelang verfolgt er deren Werdegang. Und tatsächlich schlagen die meisten dieser Hochbegabten eine erfolgreiche Karriere als Arzt, Anwalt oder Wissenschaftler ein.

Allerdings reüssiert niemand als Industrieller oder Politiker. Und selbst zwei spätere Nobelpreisträger sind zuvor im Test nicht als hochbegabt identifiziert worden.

Terman erkennt, dass sein Verfahren noch nicht perfekt ist – offenbar sind einige Fragen so formuliert, dass sie sich nicht mit rein logischem Denken lösen lassen.

Erst Ende der 1930er Jahre verbessert der US-Psychologe David Wechsler den Stanford-Binet-Test entscheidend. Wechsler erkennt, dass die gängige IQ-Berechnung bei Erwachsenen unsinnig ist: Denn ab einem Alter von etwa 25 entwickelt sich der Verstand eines Menschen kaum weiter. Man erreicht gewissermaßen ein Plateau seiner geistigen Möglichkeiten.

Wenn das Intelligenzalter aber stets durch das Lebensalter geteilt wird, sinkt

► **Schon vor rund 3000 Jahren** mussten Bewerber für einen Posten beim chinesischen Kaiser ihr Talent beweisen.

► **Erste Intelligenztests** nahm 1905 der Franzose Alfred Binet vor, indem er Kindern Aufgaben stellte und ermittelte, ob und wie schnell sie dafür Lösungen fanden.

► **Mithilfe einer Berechnung**, die die geistige Leistung eines Menschen in Beziehung zu seinem Alter setzte, schuf der Psychologe William Stern 1912 den Begriff des Intelligenzquotienten als noch heute gültige Maßeinheit für die Intelligenz.

► **Im 20. Jahrhundert** hat vor allem die Fähigkeit zu logischem Schlussfolgern zugenommen – womöglich eine Folge besserer Schulbildung.

► **Was genau die Intelligenztests** messen, wird bis heute unter den Forschern unterschiedlich gedeutet.

der IQ-Wert zwangsläufig von Jahr zu Jahr – ohne dass die Geisteskraft tatsächlich abnimmt.

Mithilfe umfangreicher Studien und statistischer Auswertungen erstellt Wechsler eine neue, komplexere Berechnungsgrundlage für den IQ-Test und modernisiert ihn. Seinen Überlegungen zufolge erreichen nur zwei Prozent aller Menschen einen IQ von mindestens 130, sind also hochbegabt.

In den folgenden Jahrzehnten erweitern etliche Psychologen den Test zwar. So nehmen sie zum Beispiel Aufgaben hinzu, bei denen der Prüfling durch logische Schlussfolgerung eine Reihe von Symbolen sinnvoll um ein weiteres Symbol ergänzen soll. Allerdings ändert

sich der IQ-Wert zwangsläufig von Jahr zu Jahr – ohne dass die Geisteskraft tatsächlich abnimmt. Ähnliches findet Flynn für 20 weitere Staaten heraus, darunter Deutschland.

Würde man diesen Trend umkehren, hätten Menschen um 1900 im Durchschnitt einen IQ von nur 70 gehabt, wären also lernbehindert gewesen.

Vor allem bei jenen Testabschnitten, in denen es um logische Schlussfolgerungen geht, so stellt Flynn fest, sind über die Jahrzehnte Fortschritte zu verzeichnen. Weniger jedoch bei Aufgaben, die Wissen abfragen, also etwa den Wortschatz testen.

Anders gesagt: Offenbar nimmt mit den Generationen jene geistige Fähig-

keitswelt des Menschen so präzise wie möglich ausloten. Endlich gilt das uralte Rätsel als gelöst: Der IQ, so scheint es, zeigt verlässlich an, wie intelligent ein Mensch ist.

DOCH 1984 macht der Neuseeländer James Flynn eine verblüffende Entdeckung: Der Psychologe hat die Datenberge aus mehreren Jahrzehnten analysiert und erkannt, dass der durchschnittliche IQ der Probanden seit Beginn der Messungen zu Beginn des 20. Jahrhun-

derts deutlich zugenommen hat – in den USA beispielsweise von 100 im Jahr 1947 auf 117,63 im Jahr 2002.

Daher fallen ihnen die Aufgaben bei den IQ-Tests leichter. Denn ebenjene Art zu denken – logisches Schlussfolgern, eigene Urteilsfähigkeit – wird bei den Prüfungen ja abgefragt. James Flynn findet noch eine weitere Erklärung: Zu Beginn der Industriellen Revolution haben die meisten Menschen ihre Urteilskraft vor allem an ihrer praktischen Erfahrung geschult. Haben beispielsweise beobachtet, wie das Wetter auf die Ernte wirkt oder unter welchen Bedingungen ihre Maschinen am besten funktionieren. Doch mit der Zeit haben sich die Menschen an die Denkweise der modernen Arbeitswelt gewöhnt, haben gelernt, in abstrakten Kategorien zu denken. Diese Fähigkeit erlaube es ihnen, IQ-Tests erfolgreicher zu absolvieren.

Gestützt wird die These von einer weiteren Beobachtung: In Industrieländern lässt der Flynn-Effekt heutzutage nach. In Entwicklungsstaaten dagegen nimmt er seit einer Generation rasant zu – vermutlich, weil auch dort immer mehr Menschen lernen, in abstrakten Begriffen zu denken.

Sagt der IQ-Wert also weniger aus über eine allgemeine Intelligenz als vielmehr darüber, wie gut sich ein Mensch an die moderne Welt angepasst hat? Bis heute befeuern Flynn's Studien die Kritik an den Messverfahren. Und werfen nicht zuletzt die Frage auf, was die Tests überhaupt messen sollen. Darüber streiten heute vor allem zwei Schulen:

• Die meisten Forscher propagieren einen „generellen Intelligenzfaktor“ – danach bezieht sich die Intelligenz des Einzelnen stets auf viele Bereiche, sie

Der durchschnittliche IQ stieg in den USA zwischen 1947 und 2002 um mehr als 17 Punkte an

sich am Verfahren selbst nichts Entscheidendes mehr.

Nun kommt es nahezu weltweit zu IQ-Tests: in Nordamerika, Europa, Australien, Japan. In Schule, Verwaltung, Militär und Industrie. Allein in den USA werden Schätzungen zufolge etwa 40 Millionen Schüler und Studenten gleich mehrfach pro Jahr getestet.

Die meisten Psychologen sind davon überzeugt, dass die Tests die mentale

keit zu, die es einem Menschen erlaubt, komplexe Muster zu deuten, abstrakte Systeme zu erkennen und Probleme mithilfe logischen Denkens zu lösen.

Sind die Menschen aber tatsächlich schlauer geworden? Oder gewöhnen sie sich nur an die Tests?

Etliche Forscher versuchen, die Ursache des „Flynn-Effekts“ zu ergründen. Und kommen zu dem Schluss: Das Phänomen basiert anscheinend darauf,

ist breit gefächert. Ein besonders intelligenter Mensch verfügt also über eine hohe Fähigkeit, sich generell auf neue Aufgaben einzustellen, Zusammenhänge zu durchdringen, effektive Lösungsstrategien zu entwickeln. So besitzt dieser Theorie nach ein Mensch, der mathematisch begabt ist, oft zugleich ein überdurchschnittliches Sprachverständnis.

• Andere Wissenschaftler sind hingegen davon überzeugt, dass die einzelnen geistigen Fähigkeiten weitgehend voneinander getrennt existieren. Wortschatz, Raumvorstellung und Urteilsvermögen hängen demnach nicht unmittelbar miteinander zusammen. Ihrer Einschätzung nach müsste im Grunde genommen für jede dieser Fähigkeiten ein gesonderter IQ erhoben werden.

Vielleicht wird dieser Streit schon bald mithilfe von speziellen Tomographen gelöst: Mit diesen Geräten lässt sich beobachten, welche Gehirnareale bei Denkaufgaben besonders viel Sauerstoff verbrauchen (siehe Seite 20).

Zwar lässt sich mit diesem modernen Blick ins Gehirn bisher noch nicht auf den Intelligenzquotienten eines Menschen schließen. Doch neuere Studien weisen darauf hin, dass es vielleicht eines Tages möglich sein wird, mithilfe von Hirnscans individuelle Begabungen zu erkennen.

So haben chinesische Wissenschaftler vor Kurzem getestet, ob die Arbeitsweise des Gehirns Aufschluss darüber gibt, welche Menschen in der Lage sind, besonders leicht eine zweite Sprache zu erlernen. Mit Hirnscannern untersuchten die Forscher zehnjährige Schüler, die bislang nur Grundkenntnisse im Englischen hatten.

Nach einem Jahr Englischunterricht wiederholten sie die Analysen. Es zeigte sich, dass das Vermögen, eine Fremdsprache zu verstehen, offenbar mit der Aktivität bestimmter Hirnareale zusammenhängt – etwa dem Gyrus fusiformis, einer Windung in der Großhirnrinde. Bei jenen Schülern, die im Vergleich

besonders gute Fortschritte erzielt hatten, verbrauchte diese Hirnregion in beiden Untersuchungen überdurchschnittlich viel Sauerstoff.

Die Forscher hoffen nun, dass die Ergebnisse ihrer Studie dabei helfen, künftig besonders talentierte Sprachschüler mithilfe von Tomographen zu erkennen und sie entsprechend zu fördern.

Und wer weiß? Vielleicht entdecken Wissenschaftler ja ebenfalls Unterschiede in der Hirnaktivität von Kindern, die mehr oder weniger begabt sind, mathematische Fragestellungen zu lösen, physikalische Zusammenhänge zu begreifen oder philosophische Gedanken nachzuvollziehen.

Das wäre der nächste große Erkenntnisgewinn auf dem langen Weg zur Messung unseres Verstandes. □

Dirk Liesemer, 34, ist Journalist in Münster und schreibt regelmäßig für GEOkompakt. Während des Schreibens hat er sich gefragt, ob es nicht zur Recherche gehören würde, auch mal einen Intelligenztest zu absolvieren.



Fühlen Sie sich in Ihrer Fremdsprache zu Hause.

Sprechen Sie eine neue Sprache mit der innovativen Rosetta Stone Sprachlern-Lösung.

Mit **Rosetta Stone** lernen Sie eine neue Sprache wie im Land selbst. Ganz **einfach** und **intuitiv**, aber ohne Vokabeln und Grammatik auswendig lernen.

Mit **direkter Rückmeldung** zu Ihrer Aussprache.



Intuitiv lernen. Sicher sprechen.
Probieren Sie es aus auf RosettaStone.de/geok911
10% Rabatt über Aktionscode "geok911"

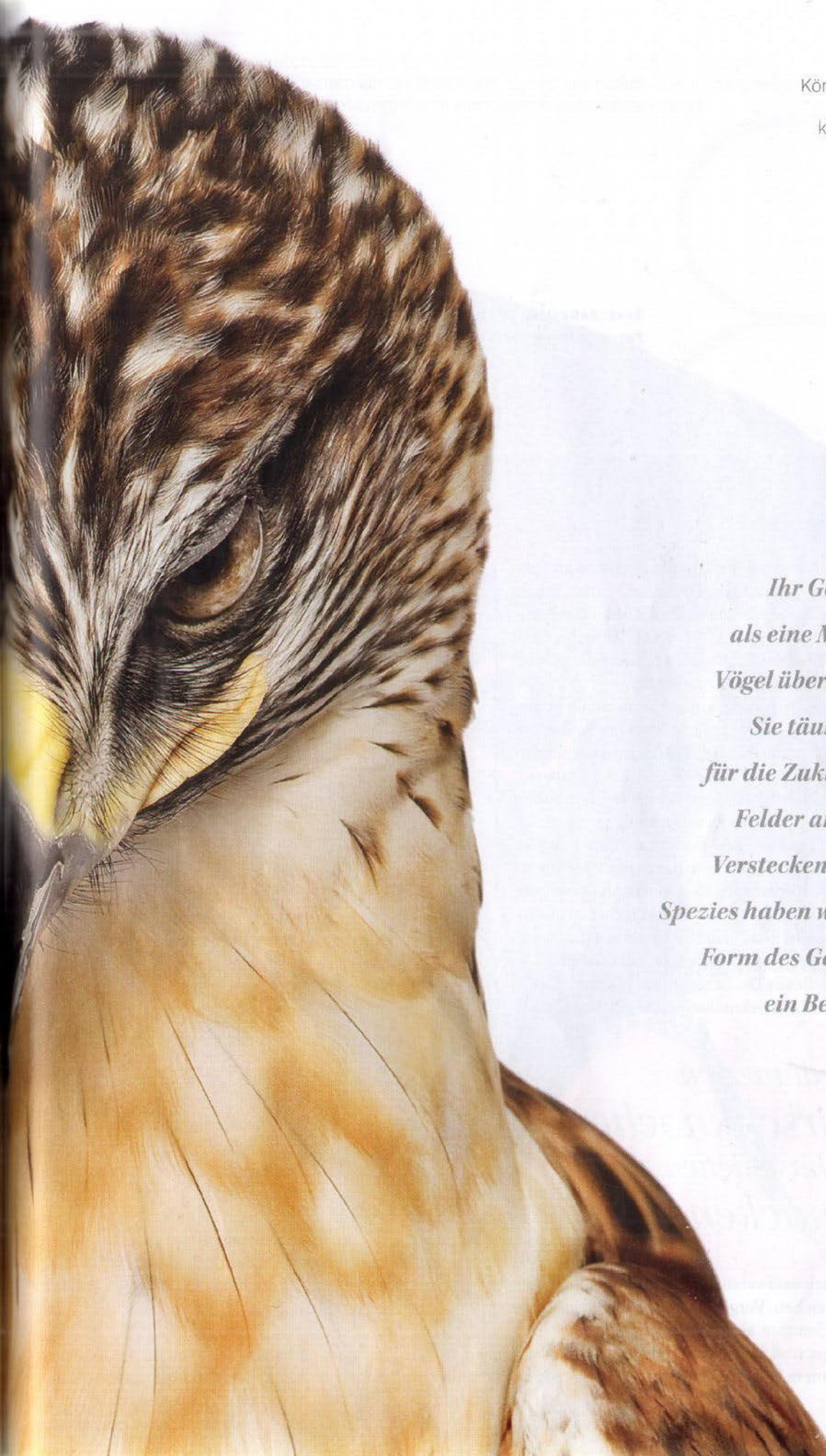
© 2011 Rosetta Stone Ltd. All rights reserved.

RosettaStone 

Vögel

Was sie wohl denken?





Vögel verfügen, wie dieser Königsbussard, über extrem leistungsfähige Hirne. Nur so können sie in den unterschiedlichsten Habitaten siedeln

*Ihr Gehirn ist selten größer
als eine Murmel, dennoch sind
Vögel überaus intelligente Tiere:
Sie täuschen Rivalen, planen
für die Zukunft oder brennen gar
Felder an, um Nager aus ihren
Verstecken zu locken. Und einige
Spezies haben womöglich die höchste
Form des Geistes hervorgebracht:
ein Bewusstsein ihrer selbst*

B

Text: Sebastian Witte

Fotos: Andrew Zuckerman

Bettys Gehirn, so sollte man meinen, fehlt es an Substanz, um kluge Gedanken zu fassen: Es ist kaum größer als eine Haselnuss, wiegt etwa neun Gramm – also nicht viel mehr als eine 50-Cent-Münze –, und würde man seine Oberfläche glätten, füllte die gerade einmal das Format einer Briefmarke aus.

Und doch befähigt diese simpel anmutende Struktur ihre Besitzerin, eine Neukaledonische Krähe, zu erstaunlichen Denkleistungen. Betty gelingt es scheinbar mühelos, komplexe Probleme zu lösen, mit denen sie der Verhaltensforscher Alex Weir in seinem Labor an der University of Oxford konfrontiert.

Der Forscher präsentierte dem Vogel zum Beispiel ein etwa fingerhutgroßes, mit nahrhaften Mehlwürmern gefülltes Eimerchen. Das Behältnis stand am Grunde einer Röhre, sodass die Krähe den Leckerbissen mit ihrem Schnabel nicht erreichen konnte. Dann legte Weir einen geraden Metalldraht neben das Gefäß.

Betty hatte diesen Draht nie zuvor gesehen. Doch schon nach wenigen Sekunden pickte der Vogel nach

*Krähen in Nordamerika
legen Hirschknochen
auf Eisenbahnschienen, um
sie knacken zu lassen*

dem Drahtstück und versuchte damit, den Eimer aus der Röhre zu ziehen. Vergebens. Die Krähe hielt kurz inne. Dann klemmte sie das eine Drahtende unter ihrem Fuß fest und bog das andere Ende mit dem Schnabel zu einem Haken. Mit diesem Gerät gelang es



Papageien, hier ein Kardinallori, zählen zu den intelligentesten Vögeln. Manche erreichen gar die mathematischen Fähigkeiten eines Kleinkindes. Das ist vermutlich nur deshalb möglich, weil sie sehr kleine Nervenzellen besitzen, die im Hirn extrem dicht gepackt sind



Mit ihren bis zu 35 Zentimeter langen Schnäbeln weiden Marabus verendete Tiere aus. Aasfresser wie sie sind alles andere als stumpfsinnig: In Simbabwe etwa warteten Geier neben Minenfeldern – bis sich darüberlaufende Gazellen selbst in schnabelgerechte Häppchen sprengten



ihr schließlich, den kleinen Eimer an seinem Henkel aus der Röhre zu angeln.

Als Alex Weir in einem Fachmagazin einen Artikel über Bettys Fähigkeiten veröffentlichte, löste er unter Biologen und Neurowissenschaftlern ungläubiges Staunen aus. Zwar wussten Forscher bereits, dass einige Säugetiere bestimmte Objekte als Werkzeuge benutzen – manche Delfinarten etwa töten Skorpionfische, um mit dem stacheligen Kadaver in zerklüfteten Felsen nach Muränen zu stochern; Schimpansen greifen mitunter nach dünnen Stöckchen und graben mit diesen nach Termiten; und Seeotter verwenden nicht selten flache Steine als Unterlage, um darauf die Schalen von Schnecken und Krebsen aufzubrechen und so an deren Fleisch zu gelangen.

Doch Experimente, in denen Vögel Werkzeuge verwenden, ja sie sogar selbst herstellen und noch dazu im Labor, gab es bis dahin nicht. Ohnehin trauten die meisten Wissenschaftler eine derartige Leistung lediglich einigen Primaten wie etwa den Menschenaffen zu, also Schimpansen, Gorillas und Orang-Utans.

Denn nur sie verfügen über eine große, stark gefurchte Großhirnrinde (Kortex). Diese umhüllt einer dünnen Schicht gleich das Denkorgan und beherbergt Abermilliarden Nervenzellen, die höheren geistigen Aufgaben wie Lernen, Planen und Entscheiden dienen. Beim Menschen macht die nur wenige Millimeter dicke Großhirnrinde fast die Hälfte des gesamten Hirnvolumens aus: Sie lässt uns denken, Urteile fällen und die Welt begreifen (siehe Seite 30).

Einem Vogelhirn aber fehlt jene walnussartige äußere Schicht. Seine Oberfläche sieht vielmehr glatt und glänzend aus, wie ein Stück Leber. Eine derart simple Struktur, so vermuteten Forscher lange Zeit, könne keine kognitiv anspruchsvollen Prozesse steuern.

Diese Lehrmeinung aber hat sich in den vergangenen Jahren grundlegend gewandelt, nicht nur dank Betty.

Tauben können sich spezifische Malstile einprägen – und so kubistische von impressionistischen Gemälden unterscheiden

Überall auf der Welt haben Wissenschaftler mittlerweile erstaunliche Anzeichen und Belege dafür gefunden, dass Vögel weitaus schlauer sind als ihr Ruf.

In Japan etwa legen Aaskrähen Walnüsse auf Straßen, damit sie von fahrenden Autos geknackt werden.

Einige dieser Rabenvögel lassen die hartschaligen Früchte sogar bevorzugt auf Kreuzungen mit Ampeln fallen und passen anschließend bewusst die Grünphasen ab, um das nun freigelegte Futter aufzusammeln. Auf diese Weise vermeiden sie es, überfahren zu werden.

Ein ähnliches Verhalten zeigen ihre Verwandten in Nordamerika, die Hirschknöchel auf Eisenbahnschienen legen, um an das fettreiche Mark im Inneren zu gelangen. In Simbabwe wurden Geier beobachtet, die stundenlang neben einem Minenfeld warten, bis sich unvorsichtige Gazellen in schnabelgerechte Häppchen sprengen. Ein Schwarzmilan in Australien soll gar mit einem glimmenden Stock Gras entzündet haben: weil er es auf flüchtende Nager abgesehen hatte.

Vor einigen Jahren testeten Verhaltensforscher in Tokyo das Abstraktionsvermögen von Tauben. Auf einem Monitor präsentierten sie den Vögeln in zufälliger Reihenfolge mehrere Gemälde von Pablo Picasso und Claude Monet. Die Tauben wurden in zwei Gruppen eingeteilt. Die einen erhielten immer dann eine kleine Futterration, wenn sie mit ihrem Schnabel gegen ein impressionistisches Bild pickten, die anderen, wenn sie ein Werk von Picasso berührten. Nach einigen Durchgängen hatten die Vögel das Prinzip verstanden. Und konnten anschließend mit einer Treffsicherheit von bis zu 90 Prozent die beiden Künstler voneinander unterscheiden.

Sie prägten sich dabei offenbar sogar den spezifischen Malstil ein – denn selbst unbekannte Werke vermochten sie nun auf Anhieb richtig zuzuordnen.

Ein Graupapagei namens Alex, den die Zoologin Irene Pepperberg an der Harvard University trainierte, bestach vor allem durch seine Fähigkeit, logische

Schlüsse zu ziehen: Er konnte nicht nur Stoffe wie Metall, Plastik oder Papier unterscheiden, verschiedene Farben benennen oder Formen wie Kreise, Kugeln, Dreiecke und Würfel auseinanderhalten – er vermochte sogar zu rechnen.

Auf einem Tablett präsentierte die Wissenschaftlerin dem Papagei zwei umgedrehte Plastiktassen, unter denen sich Nüsse befanden: unter der einen zum Beispiel zwei, unter der anderen drei. Nacheinander

Lange galt das Denkorgan der Vögel, hier ein Schreiseeadler, als urtümlicher Vorläufer des Säugetiergehirns. Mittlerweile ist klar: Die Federtiere haben womöglich ein effizienteres Hirn als die Säuger hervorgebracht

hob sie die Tassen kurz hoch und stellte sie wieder ab. Dann fragte sie Alex: „Wie viele Nüsse insgesamt?“

Über ein halbes Jahr lang testete die Forscherin die Rechenkünste des Papageis: Alex bildete in mehr als 85 Prozent der gestellten Aufgaben die richtige Summe. Damit erreichte er die mathematischen Fähigkeiten eines Kleinkindes.

Dass manche Vögel gar eine Vorstellung davon haben, was Zeit ist, hat die britische Biologin Nicola Clayton entdeckt. Verwehrte sie Buschhähern ihr Frühstück, versteckten die Vögel schon bald abends ausreichend Futter, um morgens nicht hungern zu müssen. Am nächsten Tag wussten die Häher nicht nur genau, wo sie die Kost vergraben hatten, sie merkten sich auch exakt, wann sie welche Nahrung beiseite geschafft hatten.

Das konnte Nicola Clayton mit einem weiteren erstaunlichen Experiment nachweisen. Die Wissen-

Buschhäher erinnern sich noch nach Wochen daran, wo und wann sie welches Futter versteckt haben

schaftlerin gab den Vögeln Wachsmotten und Erdnussstückchen und ließ sie diese in sandgefüllten Kästen verscharren. Die Raupen der Wachsmotten gehören zur Lieblingsspeise von Buschhähern. Sie haben nur einen Nachteil: Sie verderben rasch. Die wesentlich weniger beliebten Erdnüsse halten dagegen monatelang.

Zu unterschiedlichen Zeiten gab Nicola Clayton den Vögeln die Kästen zurück. Durften die Tiere bereits am nächsten Tag nach dem Futter suchen, gruben sie ausschließlich die begehrten Raupen aus. Waren die Vorräte jedoch schon einige Tage alt, beachteten sie die Verstecke, in denen das mittlerweile verdorbene Fleisch lag, überhaupt nicht – und bargen stattdessen ausschließlich die Erdnüsse. Ganz offensichtlich besitzen die Buschhäher also ein genaues Gespür für Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.

ALL DIES BEWERKSTELLIGEN VÖGEL mit einem Denkorgan, das – je nach Spezies – oft klein ist wie eine Erbse (und nie größer als eine Pflaume) und zudem ohne die zerklüfteten Großhirnwindungen auskommt.





Weil Papageien, hier ein Palmkakadu, häufig in Gemeinschaft leben, haben sie hoch entwickelte Kommunikationstechniken hervorgebracht. Einige Spezies können sogar auf Fragen antworten und Wünsche äußern



Gerade die aber hatte der deutsche Neuroanatom Ludwig Edinger einst zum Gipfel der Hirnentwicklung erklärt, als er vor mehr als 100 Jahren eine Art Stufenleiter der Intelligenz für die Wirbeltiere entwarf. Seinem Modell zufolge haben sich die Vertebraten (von lat. *vertebra*, Wirbel) im Verlauf der Evolution kontinuierlich „höher“ entwickelt – von den Fischen über Amphibien, Reptilien und Vögeln bis zu den Säugern. Mit jeder Stufe, so die Theorie, erhielten die einzelnen Klassen ein neues, immer leistungsfähigeres Hirnstück dazu.

Die unter den Windungen liegenden Hirnareale etwa eines Affen deutete Edinger dementsprechend als Relikte früherer Evolutionsschritte: zuinnerst das Fischhirn, darum das Amphibien- und das Reptilienhirn, dann das Vogelhirn und zuletzt das Säugerhirn mit seiner gefalteten Großhirnrinde, dem Kortex.

Deshalb wurden die Gehirne von Vögeln im Vergleich zu denen von Säugetieren als primitiv und weniger entwickelt angesehen, galt das Federvieh eher als instinktgetrieben.

Den neuen Erkenntnissen zufolge ist jedoch klar, dass der Kortex, den die Säugetiere entwickelt haben, nicht länger als einzige Lösung auf dem evolutionären Weg zu intellektuellen Fähigkeiten gelten kann. Die Evolution der Intelligenz ist keineswegs so geradlinig und gerichtet verlaufen, wie Edinger einst dachte.

Im Gegenteil: Die Klasse der Vögel, so wissen die Forscher heute, hat sich vor gut 150 Millionen Jahren von den Reptilien abgespalten – mindestens 50 Millionen Jahre später als die Säugetiere. Das Vogelhirn stellt also gewissermaßen das viel jüngere Organ dar. Demzufolge ist es keineswegs ein urtümlicher Vorläufer des Säugetierhirns.

Beide Klassen, die Vögel und die Säugetiere, haben ihre weit entwickelte Intelligenz vielmehr unabhängig voneinander hervorgebracht. „Wenn man einmal vom Menschen absieht, so war die Vogellinie in der Entwicklung kognitiver Fähigkeiten nicht weniger erfolgreich als die Säugetierlinie“, erklärt der Biopsychologe Onur Güntürkün, der an der Universität Bochum seit einigen Jahren die erstaunliche Gehirnleistung der gefiederten Flieger erforscht.

Manche Spezies bewerkstelligten den mentalen Aufschwung allerdings erfolgreicher als andere. Denn in beiden Klassen wuchsen die Hirne einiger Vertreter im Laufe der Evolutiongeschichte überproportional an: bei den Säugern die der Menschenaffen, bei den Vögeln vor allem die der Raben, Krähen und Papageien.

Evolutionsbiologen erklären das Phänomen damit, dass diese Arten fast ausnahmslos in komplexen sozialen Gruppen leben. In solchen vielschichtigen Gemeinschaften, in denen die Mitglieder ständig miteinander interagieren, benötigen Tiere besonders leistungsfähige Hirne.

Raben bilden langjährige Partnerschaften, führen Rivalen hinters Licht, gehen mit Wölfen auf Jagd

So müssen Schimpansen ihre Artgenossen ebenso individuell erkennen und unterscheiden können wie Raben – denn beide Arten bilden Clans mit einer ausgeprägten Hierarchie. Einige ihrer Mitglieder schließen langjährige Freundschaften, fechten Kämpfe mit Rivalen aus, um ihren Rang zu verteidigen, und gehen gemeinsam auf Jagd.

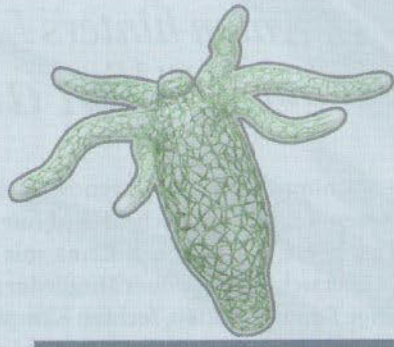
Während jedoch der Fortschritt hin zu immer mehr Leistung und Lernbereitschaft bei den Primaten in erster Linie dem Aufblähen der Großhirnrinde, zu verdanken war, folgte die Entwicklung der Vögel anderen Bauprinzipien.

Ihr Intelligenzzentrum wird heute einer Hirnregion zugesprochen, die Forscher gemäß der Theorie von Edinger noch vor wenigen Jahren mit primitiven

Kluger Blick: Mit ihren Augen vermögen Eulen nicht nur Gegenstände und Beutetiere räumlich zu sehen, sondern auch Geschwindigkeiten und Abstände einzuschätzen



Tiere und ihre kognitiven Leistungen



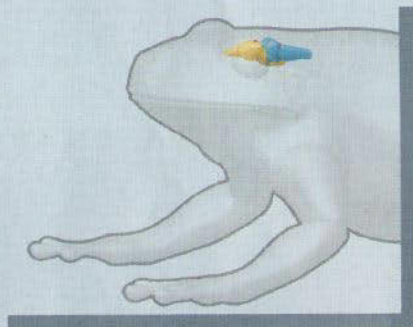
Nesseltiere

Diese stammesgeschichtlich alten, wirbellosen Tiere (hier ein Polyp) haben kein Gehirn. Ihre Körper sind von einem Nervennetz durchzogen, das mechanische, chemische oder elektrische Reize verarbeitet. Auch mit diesem primitiven Sinnessystem können sich die hohlförmigen Tiere in verschiedenen Lebensräumen zurechtfinden, gegen Feinde verteidigen, mit ihren Tentakeln nach Beute angeln. Damit sie auch größere Tiere fressen können, ist ihre dehbare Schlundöffnung von besonders vielen Neuronen durchsetzt.



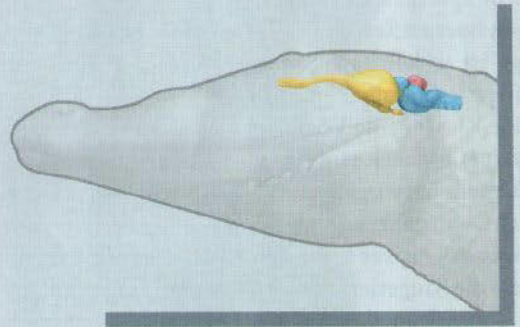
Kraken

Kraken besitzen das höchstentwickelte Gehirn aller Wirbellosen. Das in zwei Hälften geteilte Organ besteht aus mehr als 40 Millionen Nervenzellen und befähigt die Tiere zu virtuellen Schwimmbewegungen und zu raschem Lernen: Kraken merken sich unter anderem, wo es besonders schmackhaftes Futter gibt, und finden den Weg durch komplizierte Labyrinth. Vermutlich sind sie sogar fähig, andere Artgenossen nachzuahmen. Manche Wissenschaftler halten die Kopffüßer daher für ähnlich intelligent wie Hunde.



Amphibien

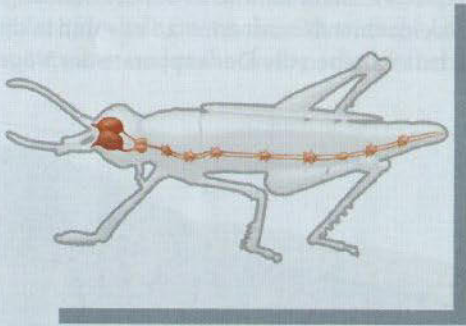
Bei Amphibien (hier ein Frosch) ist vor allem das Vorderhirn (gelb) vergrößert, das unter anderem Eindrücke bewertet. Insbesondere die Fähigkeit, visuelle Reize zu verarbeiten, ist bei ihnen weit entwickelt. So gelingt es Amphibien, Insekten blitzschnell zu orten und nach ihnen zu schnappen. Dabei spielen keineswegs nur Instinkte eine Rolle: Erblickt ein Frosch ein unbekanntes Beutetier, beäugt er es zunächst genau, wägt ab – und entscheidet erst dann, ob er es frisst.



Reptilien

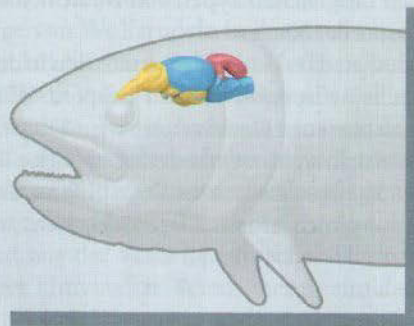
Bei verschiedenen Reptilienarten (oben ein Krokodil) hat sich ein Teil des Vorderhirns (gelb) keulenförmig ausgedehnt und darauf spezialisiert, Gerüche zu analysieren. So unterscheiden sie feinste Variationen von Duftstoffen. Ihr Hirn befähigt die Kriechtiere aber auch zu anspruchsvolleren Leistungen: Echsen prägen sich beispielsweise verschiedene Futterverstecke ein, und Schildkröten überwinden unübersehbare Hindernisse, um an eine schmackhafte Belohnung zu gelangen.

Im Laufe der Evolution hat die Natur eine Vielzahl unterschiedlicher Denkkorgane hervorgebracht – von dem einfachen Nervenetz im Leib der Polypen bis zu den komplexen Gehirnen von Krokodil oder Hund



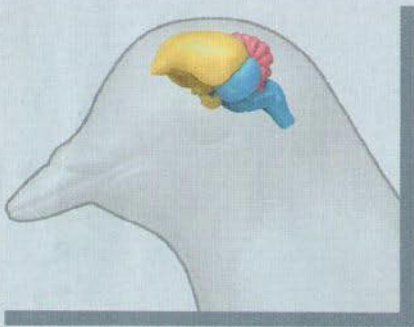
Insekten

Insektenkörper (hier eine Heuschrecke) sind in verschiedene Segmente gegliedert, die je zwei Nervenknotten enthalten. Diese „Minihirne“ steuern das entsprechende Segment. Das eigentliche Gehirn sitzt im Kopf der Sechsbereiner und ermöglicht erstaunlich komplexe, wenn auch weitgehend automatisierte Verhaltensweisen: Raubwanzen etwa tarnen sich mit Abfällen aus Termitennestern, um unerkannt in deren Bau Beute zu machen, Bienen weisen mit einer Art Tanz ihren Artgenossen den Weg zu einer Futterquelle.



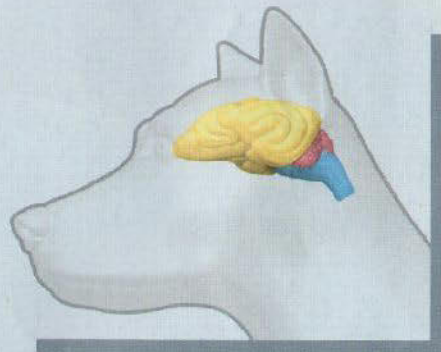
Fische

Das Fischhirn ähnelt dem anderer Wirbeltiere: Der Hirnstamm (blau) steuert lebenswichtige Funktionen wie den Herzschlag und verarbeitet Sinnesreize, das Kleinhirn (rot) koordiniert unter anderem Bewegungen, das Vorderhirn (gelb) dient dem Planen, Bewerten und Entscheiden. Bereits bei diesen sehr alten Wirbeltieren ist das Hirn stark entwickelt und befähigt sie zu erstaunlichen Leistungen: So vermögen sich Schlammpringer Pfützen einzuprägen, in die sie bei Ebbe hüpfen.



Vögel

Vögel (hier eine Taube) besitzen ein massiges Kleinhirn (rot), das ihnen eine präzise Orientierung in der Luft ermöglicht. Auch das Vorderhirn (gelb) ist stark vergrößert. Es ist mit winzigen Nervenzellen bestückt, die in dichten Netzen sehr effizient zusammenarbeiten. Daher verfügen einige Vogelarten über einen vergleichsweise hohen Verstand. Manche von ihnen können sogar Werkzeuge herstellen und Tausende Futterverstecke erinnern. Sie scharren sogar absichtlich am falschen Ort nach Nahrung – um Rivalen zu verwirren.



Säugetiere

Das Vorderhirn (gelb) von Säugern (hier ein Hund) ist von der zerfurchten Großhirnrinde geprägt. Diese nur wenige Millimeter dünne Schicht verarbeitet Sinneswahrnehmungen wie Hören und Tasten, Riechen und Sehen und fügt all diese Informationen zu einem Gesamteindruck der Welt zusammen. Im Vorderhirn entsteht auch das Bewusstsein der Säuger und ihre immense Lernfähigkeit: Sie ermöglicht es beispielsweise Hunden, sich den Klang von Worten einzuprägen und sie richtig zuzuordnen.

Instinkthandlungen und unbewusst ablaufenden Prozessen in Verbindung brachten.

Onur Güntürkün und sein Team haben dagegen entdeckt, dass das glatte, ungefaltete Vorderhirn der Vögel in Wahrheit die gleichen Typen von Neuronen enthält wie der Kortex der Säuger.

Das bedeutet, dass beide Hirnstrukturen in der Lage sind, ähnliche neuronale Netze zu knüpfen. Während sich die verschiedenen Neuronenarten im Säugerkortex jedoch in Schichten übereinanderlegen (siehe Illustration Seite 95), fügen sie sich im Vogelhirn zu Clustern zusammen – gleich einem Marmorkuchen, in dem

hat große Vorteile: Die Übertragungswege zwischen einzelnen Zellen verkürzen sich enorm, Reize können rascher verarbeitet und weitergeleitet werden.

Intelligenz ist demnach nicht unbedingt eine Frage der Hirngröße. Vielmehr kommt es auf die Leistungsfähigkeit der einzelnen Neuronennetze an – und in dieser Eigenschaft scheinen die Denkapparate der Vögel



sich verschiedenfarbige Anteile des Teigs in Gruppen nebeneinanderballen.

Welchen Vorteil diese Clusterbildung hat, können die Forscher bislang noch nicht mit Sicherheit beantworten. Womöglich hilft sie dem Vogelhirn dabei, einzelne Areale besonders effizient miteinander zu verschalten, Hirnfunktionen wie Planen, Bewerten und Entscheiden besser zu koordinieren.

Bei dieser Höchstleistung kommt dem vergleichsweise winzigen Denkorgan der Federtiere eine weitere architektonische Besonderheit zugute: Es besitzt, wie Neurobiologen erst vor Kurzem herausgefunden haben, sehr kleine Nervenzellen, die äußerst dicht gepackt sind. Vögel vereinen also auf kleinem Raum eine weit aus höhere Anzahl von Neuronen als Säugtiere. Das

Vögel, hier ein Swainson-Tukan, verfügen über vergleichsweise winzige Hirne und können doch relativ komplexe Probleme lösen. Forscher fanden heraus, dass ihre Denkorgane besonders effizient arbeiten

die aller anderen Tiere zu übertreffen – womöglich haben sie im Vergleich zu manchen Säugern sogar die viel effizienteren Gehirne hervorgebracht.

VIELLEICHT WAREN EINIGE Vogelspezies nicht zuletzt deshalb imstande, sich an mehr Lebensräume anzupassen und mehr ökologische Nischen zu erobern

als die meisten anderen Wirbeltiere. Denn um sich in unterschiedlichsten Habitaten behaupten zu können, benötigen Tiere vor allem geistige Flexibilität: So sind bestimmte Rabenvogelarten in der Gesellschaft von Eisbären in der hohen Arktis ebenso zu Hause wie im Gefolge von Wolfsrudeln in der sibirischen Taiga, sie fangen bei 50 Grad Celsius Eidechsen im amerikanischen Death Valley und bewohnen die Gebirgsregionen des Himalaya, der Rocky Mountains und der Anden.

Auch an die Moderne haben sie sich rasch gewöhnt: Sie nisten auf Kirchtürmen, durchwühlen Mülltonnen, erbeuten überfahrene Tiere auf der Autobahn.

Und wie der Verhaltensforscher Thomas Bugnyar von der Universität Wien herausgefunden hat, vermögen sie sich sogar in andere Artgenossen hinein-

*Vögel waren in der
Entwicklung kognitiver
Fähigkeiten nicht weniger
erfolgreich als Säugetiere*



Neukaledonische Krähen zählen zu den klügsten Werkzeugbauern im Tierreich: Im Labor fertigen die Vögel aus biegsamen Drahtstücken Haken, um Futter aus Röhren zu angeln; in freier Natur bearbeiten sie Blattstiele, um Maden unter der Rinde von Bäumen zu erreichen

zuversetzen – eine geistige Gabe, die ein hohes Maß an Aufmerksamkeit und Einfühlungsvermögen voraussetzt.

In einem Experiment ließ Bugnyar zwei Raben dabei zusehen, wie er in einem Gehege Futter versteckte. Bei einigen Durchgängen verdeckte er jedoch die Sicht des einen Vogels so, dass nur der andere mitbekam, wo genau sich die Kost verbarg.

Wussten beide Vögel um das Versteck, lieferten sie sich einen Wettlauf, schließlich wollte jeder den Leckerbissen als Erster einstreichen. War einer der beiden Vögel hingegen ahnungslos, ließ sich der eingeweihte Rabe Zeit. Er wartete, bis sich sein Gefährte möglichst weit von der begehrten Futterstelle entfernt hatte und plünderte erst dann das Versteck: weil er wusste, dass der andere



keine Ahnung hatte, wo sich die Nahrung befand.

Bei so viel tierischer Einsicht und List scheint es fast, als überträte der Mensch den gefiederten Scharfsinn nur deshalb, weil er über die wohl „höchste“ Form des Geistes verfügt: Selbstbewusstsein, also eine Ich-Identität.

Bei Kindern reift die Fähigkeit zur Selbsterkennung im Alter von etwa 18 Monaten heran. Klebt man ihnen einen Farbpunkt auf die Stirn, bemerken sie ihn, sobald sie sich im Spiegel sehen, und

fassen sich an die markierte Stelle. Sie begreifen: Das bin ich, und auf meiner Stirn haftet ein Punkt.

Auch einige Menschenaffen vermögen sich so selbst zu erkennen. Doch anders als Wissenschaftler lange Zeit vermuteten, sind sie nicht die einzigen Tiere, denen dies gelingt: Onur Güntürkün hat das Experiment mit Elstern wiederholt – und auch die Rabenvögel haben sofort versucht, sich an der präparierten Stelle zu kratzen und zu putzen. Sie erkannten sich also selbst.

„Die ganze Zeit hat neben uns eine Gruppe von Tieren gelebt, die all jene mentalen Fähigkeiten entwickelt haben, die auch für den Menschen wichtig sind. Und niemand hat es bemerkt“, sagt Güntürkün.

So kommt es, dass die Forscher gerade erst beginnen, das Geheimnis der grübelnden Vögel zu enträtseln. Bisher haben sie vor allem Einblicke bei Raben und Papageien gewonnen. Doch wer weiß, zu welchen geistigen Höhenflügen andere Vögel fähig sind – Pinguine etwa, Albatrosse und Strauße, Enten, Adler oder Kiwis. Immerhin gibt es mehr als 10 400 Vogelspezies auf der Erde. Und damit rund 10 400 verschiedene Arten von Intelligenz.

Doppelt so viele wie bei den Säugetieren. □

Memo: INTELLIGENZ BEI VÖGELN

► **Vögeln fehlt** – anders als Säugetieren – eine gefurchte Hirnrinde, ihr Denkorgan ist scheinbar simpel aufgebaut. Daher galt es lange Zeit als urtümlich und wurde vor allem mit Instinkthandlungen in Verbindung gebracht.

► **Heute ist jedoch klar**, dass das Vogelhirn evolutionär jünger als das der Säuger ist und hoch entwickelt. Vor allem Raben, Krähen und Papageien haben eine beachtliche Intelligenz hervorgebracht. Sie leben fast ausnahmslos in komplexen sozialen Gemeinschaften und besiedeln unterschiedlichste Lebensräume.

► **Die erstaunliche Geistesleistung** vieler Vogelarten beruht vermutlich auf sehr kleinen, dicht gepackten Nervenzellen, die Signale extrem schnell weiterleiten und verarbeiten können.

► **Intelligenz ist demnach** nicht so sehr eine Frage der Hirngröße, vielmehr kommt es auf die Leistungsfähigkeit der Neuronennetze an. In dieser Eigenschaft übertreffen Vögel womöglich alle anderen Tiere.

Sebastian Witte, 27, ist Wissenschaftsjournalist in Hamburg. Für seine Fotostudie „Wild Birds“ porträtierte der preisgekrönte New Yorker Künstler **Andrew Zuckerman**, 33, Vogelarten aus aller Welt.

Literaturempfehlung: Gerhard Roth, „Wie einzigartig ist der Mensch?“, Spektrum Akademischer Verlag; umfangreiche Faktensammlung zur Evolution des Geistes und der Intelligenz im Tierreich. Das anspruchsvolle, aber allgemein verständliche Buch verbindet die neuesten Erkenntnisse aus der Hirnforschung mit der Verhaltensbiologie.

Zeichen hoher Intelligenz: Jetzt bis zu 13 % sparen!

**Gratis
dazu!**

- ✓ Ein Geschenk gratis!
- ✓ Lieferung frei Haus!
- ✓ Ein oder mehrere Magazine zur Wahl!

Edelstahl-Thermoset

Bestens ausgestattet für unterwegs – mit der doppelwandigen 0,75l-Kanne, den 2 stabilen Thermobechern mit Kunststoff-Verschluss und der praktischen Umhängetasche. Maße: Kanne ca. 7,5 x 29,5 cm, Becher ca. 9 x 15 cm.



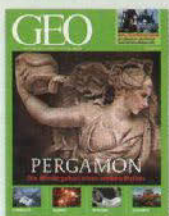
✓ Ja, ich möchte mein/e GEO-Wunschmagazin/e zum Vorzugspreis:



1. Die großen Themen der Allgemeinbildung – visuell opulent, leicht verständlich.

GEOkompakt erscheint 4x jährlich zum Preis von zzt. € 7,75 statt € 8,50 im Einzelkauf mit 9% Ersparnis. **Best.-Nr.**

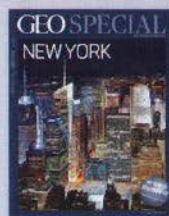
☐ selbst lesen! **774 984**
☐ verschenken! **774 985**



2. Aufwendige Reportagen über den Zustand der Welt.

GEO erscheint 12x jährlich zum Preis von zzt. € 5,65 statt € 6,30 im Einzelkauf mit 10% Ersparnis. **Best.-Nr.**

☐ selbst lesen! **774 986**
☐ verschenken! **774 987**



3. Beeindruckende Erkundungen – je Heft ein Land, eine Region oder eine Stadt.

GEO SPECIAL erscheint 6x jährlich zum Preis von zzt. € 6,95 statt € 8,00 im Einzelkauf mit 13% Ersparnis. **Best.-Nr.**

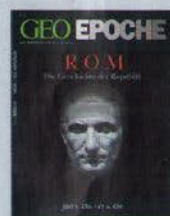
☐ selbst lesen! **774 988**
☐ verschenken! **774 989**



4. Die schönsten Reiseziele der Welt – einladend und informativ.

GEOSAISON erscheint 12x jährlich zum Preis von zzt. € 4,40 statt € 5,00 im Einzelkauf mit 12% Ersparnis. **Best.-Nr.**

☐ selbst lesen! **774 990**
☐ verschenken! **774 991**



5. Auf den besonderen Spuren der Geschichte.

GEO EPOCHE erscheint 6x jährlich zum Preis von zzt. € 8,00 statt € 9,00 im Einzelkauf mit 11% Ersparnis. **Best.-Nr.**

☐ selbst lesen! **774 992**
☐ verschenken! **774 993**



6. Rätsel, Bastelspaß und Spiele – für Kinder von 5 bis 7 Jahren.

GEO mini erscheint 12x jährlich zum Preis von zzt. € 2,60 statt € 2,90 im Einzelkauf mit 10% Ersparnis. **Best.-Nr.**

☐ selbst lesen! **774 994**
☐ verschenken! **774 995**



7. Spielerisch-sympathisch lernen – für Kinder von 8 bis 14 Jahren.

GEO lino erscheint 12x jährlich zum Preis von zzt. € 3,05 statt € 3,40 im Einzelkauf mit 10% Ersparnis. **Best.-Nr.**

☐ selbst lesen! **774 996**
☐ verschenken! **774 997**

Senden Sie mir bzw. dem Beschenkten die oben ausgewählte(n) Zeitschrift(en) aus der GEO-Familie ab der nächsterreichbaren Ausgabe. Mein Geschenk erhalte ich nach Zahlungseingang. Nach 1 Jahr kann ich das Abonnement jederzeit beim GEO-Kundenservice, 20080 Hamburg, kündigen. Im Voraus bezahlte Beträge erhalte ich dann zurück. Dieses Angebot gilt nur in Deutschland und nur, solange der Vorrat reicht. Auslandsangebote auf Anfrage.

Meine persönlichen Angaben: (bitte unbedingt ausfüllen)

Name, Vorname _____ Geburtsdatum 19 _____

Straße, Hausnummer _____

PLZ _____ Wohnort _____

Telefonnummer _____ E-Mail-Adresse _____

☐ Ja, ich bin damit einverstanden, dass GEO und Gruner + Jahr mich künftig per Telefon oder E-Mail über interessante Angebote informieren.

Ich bezahle bequem per Bankeinzug: (jährliche Abbuchung)

Bankleitzahl _____ Kontonummer _____

Geldinstitut _____

☐ Ich zahle per Rechnung.

Ich verschenke ein oder mehrere Magazine aus der GEO-Familie an:

(bitte nur ausfüllen, wenn Sie ein oder mehrere Magazine aus der GEO-Familie verschenken möchten)

Name, Vorname des Beschenkten _____ Geburtsdatum 19 _____

Straße, Hausnummer _____

PLZ _____ Wohnort _____

Telefonnummer _____ E-Mail-Adresse _____

☐ Die Belieferung soll frühestens ab dem 20 _____ beginnen. (Optional)

Als Geschenk erhalte ich: ☒ Edelstahl-Thermoset

Widerrufsrecht: Die Bestellung kann ich innerhalb der folgenden zwei Wochen ohne Begründung beim GEO-Kundenservice, 20080 Hamburg in Textform (z. B. E-Mail oder Brief) widerrufen. Zur Fristwahrung genügt die rechtzeitige Absendung.

Datum _____ Unterschrift _____

Bestellen leicht gemacht:

Per Post:
GEO-Kundenservice,
20080 Hamburg

Per Telefon: (bitte die Bestell-Nr. angeben)

01805/861 80 03

14 Cent/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 42 Cent/Min. aus dem dt. Mobilfunknetz
Abonnenten-Service Österreich und Schweiz: +49 1805/861 80 03

Online mit noch mehr Angeboten:

www.geo.de/familie

Von der Klugheit

Menschliche Emotionen scheinen impulsiv, irrational und animalisch. Sie vermögen unser Bewusstsein zu überflutet. Daniel Goleman, dass sich in unseren Gefühlswelten – jenseits der Ratio – eine Form der Vernunft verbirgt:

Text: Ute Eberle; Fotos: Flore-Aël Surun



Laut Daniel Goleman ist ein Mensch emotional klug, wenn er Konflikte nicht eskalieren lässt

Seit Jahrtausenden gelten Emotionen als Gegenspieler der Ratio. Als Widersacher von klarer Logik und kühlem Verstand. Gefühle scheinen primitiv, unberechenbar, animalisch. Und bisweilen wallen sie aus den Tiefen des Hirns empor, überrumpeln in Sekundenschnelle unser Bewusstsein, bestimmen unser Handeln. Rasende Wut, brennender Neid, kopf-

lose Begierde steuern dann mitunter machtvoll unsere Entscheidungen.

Nicht zuletzt daher erschien es geradezu widersinnig, als Mitte der 1990er Jahre der US-Psychologe und Wissenschaftsjournalist Daniel Goleman behauptete, dass sich ausgerechnet dort, in jenen diffusen Gefühlswelten,

eine Form des Verstandes verbirgt, die etliche Intelligenzforscher offenbar jahrzehntelang übersehen hatten.

Goleman nannte sie „Emotionale Intelligenz“.

In einem Buch mit gleichnamigem Titel schrieb der Amerikaner: „Wir besitzen zwei Sorten von Verstand – einen, der denkt, und einen, der fühlt.“ Und die zweite, die emotionale Form des Verstandes sei mindestens ebenso

der Gefühle

sein zu überrumpeln, unser Handeln zu bestimmen. Und doch meint der US-Psychologe Daniel die Emotionale Intelligenz. Und die sei womöglich sogar wichtiger als unser denkender Verstand



wichtig wie die erste, vielleicht sogar wichtiger. Immerhin habe sie die Macht, die denkende Vernunft – die klassische Intelligenz also – auszuschalten.

Zwar hatten ein paar Jahre zuvor zwei andere US-Psychologen bereits eine ähnliche Idee gehabt und von einer auf Gefühlen beruhenden Intelligenz geschrieben: John Mayer von der University of New Hampshire und Peter Salovey von der Yale University postu-

Wer in einer Partnerschaft für Harmonie sorgt, verfüge über einen hohen emotionalen Verstand

lierten, dass es Menschen gebe, die mit ihren Emotionen so klug umgehen könnten wie ein Mathematikgenie mit Gleichungen – und ihre Gefühlsregungen geschickt zu nutzen wüssten.

Doch erst durch Daniel Goleman avancierte der Begriff „Emotionale Intelligenz“ zum internationalen Schlagwort.

Nach Golemans Auffassung umfasst Emotionale Intelligenz fünf verschiedene Kompetenzen: die Fähigkeit, eigene Gefühle zu erkennen, mit ihnen umzugehen, sich selbst zu motivieren, die Emotionen anderer Menschen zu erkennen sowie soziale Beziehungen zu gestalten.

Emotional intelligent sei ein Mensch, so Goleman, der genau wisse, wann er von welcher Regung gepackt werde – der



also nicht blind und ahnungslos von seinen Gefühlen übermannt werde. Wer über viel emotionalen Verstand verfüge, sei nicht nur in der Lage, seine Gefühle in all ihren Nuancen zu erspüren – er könne sie auch steuern. Und so für Harmonie in seinem Leben sorgen.

Laut Goleman zwingt sich ein emotional kluger Mensch etwa nach einem Streit mit dem Partner, einen Spaziergang zu machen, um sich erst einmal abzukühlen – ehe die Auseinandersetzung eskaliert und er im Affekt etwas sagt, was er später bereut.

Oder er registriert, dass er dabei ist, in eine Spirale aus Sorgen und trüben Gedanken gezogen zu werden. Statt sich in dieser Situation von anderen Menschen zu isolieren und in Kummer zu versinken, verabredet er sich mit Freunden oder geht ins Kino, um auf andere Gedanken zu kommen.

Zudem äußerte sich Emotionale Intelligenz darin, nicht nur die eigene

Ein intelligenter Mensch mag mühelos mathematische Formeln lösen oder mehrere Sprachen sprechen. Das heißt jedoch nicht, dass er mit Gefühlen umzugehen weiß

Gemütslage kompetent beurteilen zu können, sondern auch die der Mitmenschen – und das eigene Verhalten entsprechend abzustimmen. Emotional besonders kluge Menschen läsen bereits aus kleinsten Veränderungen im Mienenspiel, ob ihr Gegenüber trauert oder zweifelt, optimistisch gestimmt ist, vergnügt, irritiert, müde oder genervt.

Und sie vermögen meist den richtigen Moment abzapfen, um ihre Ideen einzubringen. So merkten sie genau, wenn ihr Chef verstimmt ist, und warteten auf eine bessere Gelegenheit, ihn etwa nach einer Gehaltserhöhung zu fragen. Oder sie sahen ihrem Partner an, dass der gerade zu sehr mit eigenen Gedanken beschäftigt ist, um über Beziehungsprobleme zu sprechen.

Auf diese Weise vermeide und löse eine emotional kluge Person zwischenmenschliche Konflikte, so Goleman, und sichere sich sozial ab.

Golemans Thesen gehen aber noch weiter: Emotional intelligente Menschen steigen, so der Psychologe, auch mit höherer Wahrscheinlichkeit beruflich auf. Denn nicht so sehr der IQ entscheide über die Karriere, sondern die EI: Fast 90 Prozent des Unterschieds zwischen beruflich Hochleistenden und durchschnittlich Leistenden gehen laut Goleman auf die Emotionale Intelligenz zurück. Doch selbst für gefühlsmäßig Einfältige gebe es Hoffnung: EI lässt sich laut Goleman trainieren.

Die Vorstellung, dass Menschen nicht nur dann zu Überfliegern werden können, wenn sie in Bereichen wie Mathematik, Rechtswissenschaft oder Sprachvermögen brillieren, kam vor allem bei Laien gut an – Golemans Buch verkaufte sich millionenfach.

Wohl seit Sigmund Freud sei kein psychologisches Konzept so begeistert aufgenommen worden, schreiben die Bildungspsychologen Ralf Schulze und Richard Roberts von den Universitäten Wuppertal und Sydney.

Viele Kognitionsforscher dagegen nahmen Golemans Thesen geradezu entsetzt auf. Manche Fachleute nannten dessen Konzept der Emotionalen Intelligenz gar „rückschrittlich, irreführend, ignorant und unnötig“.

Denn obwohl der Name suggeriert, dass Emotionale Intelligenz auf einer Ebene mit der „klassischen“ Intelligenz steht, zeigte sich schnell, dass viele Behauptungen, die Goleman mit ihr verband, gänzlich überzogen oder unbewiesen waren.

Zwar belegen Studien, dass Personen, die ihre eigenen Emotionen beherrschen und sich leicht in Mitmenschen einfühlen können, tatsächlich in etlichen Lebensbereichen überdurchschnittlich erfolgreich sind: Sie entwickeln seltener Suchtprobleme, führen stabilere Partnerschaften und sind im Beruf erfolgreicher und im Bekanntenkreis anerkannter. Doch obwohl es mittlerweile EI-Ratgeber für etliche Berufsgruppen gibt – von Lehrern bis zu Managern –, hat bislang niemand eindeutig nachzuweisen vermocht, dass Menschen, die in EI-Tests gut abschneiden, allein deshalb auch beruflich besonders erfolgreich sind.

Auch die Tests selber halten viele Bildungspsychologen für unseriös und wenig aussagekräftig. Im Gegensatz zum IQ lässt sich die Emotionale Intelligenz nämlich nur schlecht objektiv messen.

Denn häufig beruhen die entsprechenden Untersuchungen darauf, dass ein Proband einschätzt, wie er sich in einer beschriebenen Situation – etwa in einem Streit mit dem Partner oder während einer wichtigen Konferenz – verhalten würde. Seine Antwort wird anschließend mit der Reaktion verglichen, die ein Expertengremium, etwa eine Gruppe erfahrener Psychologen, für angemessen hält. „Richtig“ oder „falsch“ ist somit weit weniger eindeutig als etwa bei einer Rechenaufgabe.

Und ob ein Proband im Eifer des Gefechts wirklich so handeln würde, wie er während des Tests behauptet, bleibt offen.

Entsprechend zweifelhaft erscheint es vielen Wissenschaftlern, dass sich emotionales Geschick tatsächlich in dem Maße trainieren lasse, wie Goleman behauptet. Zwar haben etliche Schulen, vor allem in den USA, in den vergangenen Jahren Programme eingeführt, in denen Kinder üben sollen, ihre Emotionen zu analysieren und sich in andere einzufühlen. Doch ob solche Kurse, die auch für Erwachsene angeboten werden, wirklich einlösen, was sie versprechen, ist umstritten. Studien jedenfalls erbrachten keine eindeutigen Ergebnisse.

Vor allem stören sich die meisten Kritiker an der Bezeichnung selbst – Emotionale Intelligenz. Denn nach Meinung fast aller Kognitionsforscher geht es bei Intelligenz um die Verarbeitung von Informationen und das Begreifen von Zusammenhängen (siehe Seite 20). Diese Fähigkeit spielt aber nur in einigen Bereichen, die zur EI gezählt werden, eine gewisse Rolle – etwa wenn jemand das Mienenspiel seines Gegenübers interpretiert.

Dagegen gehören zu Golemans Konzept von der Emotionalen Intelligenz auch Fähigkeiten, die mit der gängigen Definition von Intelligenz unvereinbar sind. Etwa die Gabe, sich selbst zu motivieren, also trotz Enttäuschungen

hene US-Psychologe David G. Myers, „führt letztendlich dazu, dass er seine Bedeutung verliert.“

DOCH BEI ALLER KRITIK an Golemans Konzept: Kein Forscher wird heute noch abstreiten, dass Emotionen eine entscheidende Rolle für unser Verhalten spielen. Und anders als früher von vielen Wissenschaftlern behauptet, verleiten uns Gefühle keineswegs nur zu dummen und möglicherweise über-eilten Entscheidungen.

Im Gegenteil: Emotionen helfen uns, äußerst klug zu handeln.

Denn Gefühle bergen verschlüsseltes Wissen. Sie stellen gleichsam eine Art Kurzschrift der Psyche dar, die es uns erlaubt, schnell – und oft richtig – zu reagieren.

So sind Empfindungen zum einen häufig eng mit Erfahrungen verknüpft, die wir in früheren Jahren gesammelt haben. Zum anderen sind viele Gefühlsregungen, die sich im Laufe der menschlichen Stammesgeschichte für das Überleben unserer Ahnen als sinnvoll erwiesen, fest im Erbgut und somit in unserem Gehirn verankert.

Dass wir etwa Angst vor einer Schlange haben oder uns in einem finsternen Wald fürchten und erschreckt zurückspringen, wenn es im Busch raschelt, rettet uns im Zweifelsfall das Leben – ohne dass wir die Situation erst mithilfe unseres Verstandes logisch analysieren müssten.

Nicht allein der IQ entscheide über die Karriere, so Goleman, sondern eher die Emotionale Intelligenz

nicht aufzugeben, spontan aufwallende Impulse zu unterdrücken.

Die Bezeichnung „Emotionale Intelligenz“ spiegelt im Grunde nicht mehr als eine inflationäre Verwendung des Intelligenzbegriffs wider, so die Kritik. „Die Bedeutung eines Begriffs derart weit auszudehnen, dass er alles umfasst, was wir schätzen“, schreibt der angese-

Und beginnen unsere Hände zu schwitzen, wenn wir daran denken, den Chef zu kritisieren, warnt uns das: Es kann riskant sein, Autoritätspersonen herauszufordern.

Gefühle lenken unsere Aufmerksamkeit also auf jene Aspekte des Lebens, die wichtig sind. Und sie helfen, dass wir uns an gelernte Erfahrungen erinnern.

Memo: »EMOTIONALE INTELLIGENZ«

Die Panik beim Gedanken an eine Prüfung kann bedeuten, dass man sich noch besser vorbereiten muss. Und plagen uns Schuldgefühle, weil wir aus nichtigem Anlass einen Freund versetzt haben – und der enttäuscht ist –, bewahrt uns das schlechte Gewissen davor, den gleichen Fehler erneut zu begehen.

Das klassische Bild, wonach jemand dann am klügsten handelt, wenn er seine Gefühle ausblendet und rein logisch denkt (der Evolutionstheoretiker Charles Darwin etwa empfahl, nüchtern alle Gründe – Pro und Kontra – aufzulisten, ehe man sich entscheidet, wen man heiraten wolle), könnte deshalb falscher nicht sein.

Das zeigen auch Fälle von Menschen, bei denen Tumore oder Verletzungen die Emotionszentren im Gehirn zerstört haben, sodass sie kaum noch Gefühle spüren. Wie Tests belegen, verfügen die Betroffenen hinterher nicht selten über den gleichen IQ wie zuvor. Aber sie treffen oft denkbar schlechte Entscheidungen.

Berühmt wurde der Fall eines Amerikaners, den der Neurologe Antonio Damasio von der University of Southern California behandelte. Der Geschäftsmann – unter dem Pseudonym „Elliot“

► **Einige Menschen** vermögen die eigenen Gefühle besonders gut zu beurteilen und zu steuern. Sie führen stabilere Partnerschaften, sind im Bekanntenkreis anerkannter und können ihre Ideen besser einbringen.

► **Der US-Psychologe Daniel Goleman** meint, dass sich dahinter eine spezielle Form des Verstandes verbirgt, die sogenannte „Emotionale Intelligenz“. Im Gegensatz zur klassischen Intelligenz lässt sich der emotionale Verstand jedoch nur schlecht objektiv messen.

► **Etliche Kognitionsforscher** halten Golemans These daher für irreführend oder gar ignorant: In ihren Augen geht es bei Intelligenz um die Verarbeitung von Informationen und das Begreifen von Zusammenhängen, nicht aber um Selbstkontrolle und emotionales Geschick.

► **Am klügsten handeln wir** vermutlich dann, wenn wir Intelligenz und Emotionen kombiniert einsetzen: wenn wir also unsere Gedanken von Gefühlen lenken lassen – diese aber zugleich mit dem Verstand überprüfen.

plötzlich immer wieder Zeit mit Triviale. Obwohl er nach wie vor über einen überdurchschnittlich hohen IQ verfügte, investierte Elliot sein Geld nun in offensichtlich dubiose Geschäfte und verspielte sein Vermögen. Er heiratete eine Frau, die nicht zu ihm passte, und entdeckte seine Sammelleidenschaft – für Objekte, die bestenfalls Schrott wert besaßen.

„Er war weder dumm noch ignorant, doch er benahm sich oft so“, sagt Antonio Damasio. Denn Elliot fehlten nach der Tumoroperation im Emotions-

cherweise beginnen, allen Männern zu misstrauen – auch jenen, die es gut mit ihm meinen.

Darum handeln wir vermutlich dann am klügsten, wenn wir Intelligenz und Emotionen kombiniert einsetzen. Wenn wir unsere Gedanken also von Gefühlen lenken lassen – aber zugleich mit dem Verstand überprüfen, ob die Emotionen auch wirklich angebracht sind.

Dass allerdings die Gefühle und der Umgang mit ihnen vielleicht sogar der wichtigere Partner in dieser Kombination sind, wie Daniel Goleman behauptet, lässt sich nicht belegen.

Und dass die Fähigkeit, sich in andere Menschen ein-

zufühlen, allerorten ausschließlich für Harmonie sorgt, ist ebenfalls eine recht einseitige Behauptung des US-Psychologen. Denn auch jene Menschen, die andere belügen und betrügen, ihnen etwas vorgaukeln oder sie manipulieren, müssen ja vor allem eines können: die eigenen Gefühle gut einschätzen – und natürlich die ihrer Mitmenschen.

Also kann die Emotionale Intelligenz (wenn es sie denn wirklich gibt) auch extrem missbraucht werden.

Dem Erfolg von Golemans Thesen schadet das nicht. Noch immer unternimmt der Amerikaner Vortragsreisen, referiert an diversen Universitäten und auf Kongressen. Er gibt Seminare vor Geschäftsleuten und lehrt Schulkinder, was Emotionale Intelligenz bedeutet. Auf seinen ersten Bestseller folgten ein knappes Dutzend weiterer Bücher.

Vor Kurzem scheint Goleman noch eine weitere Form des Verstandes gefunden zu haben. Davon jedenfalls berichtet er in seinem jüngsten Buch: Menschen, die sich darüber bewusst sind, welche Auswirkungen ihr Konsum auf die Umwelt hat, und die daher etwa nachhaltig erzeugte Produkte kaufen, seien – so Daniel Goleman – „ökologisch intelligent“. □

Menschen, die nach einer Tumoroperation kaum noch Gefühle verspüren, handeln oft denkbar unklug

bekannt geworden – erholte sich gut von einer Tumoroperation, sprach klug und verfügte noch immer über ein ausgezeichnetes Gedächtnis.

Zunächst machte Elliot auch einen durchaus vernünftigen Eindruck. Dennoch verlor er nach kurzer Zeit seinen Job, denn statt sich auf wichtige Aufträge zu konzentrieren, vergeudete er

zentrum seines Gehirns jene Gefühlsimpulse, die ihm zuvor geholfen hatten, jene unzähligen Sachargumente, die sein Intellekt vor einer Entscheidung erarbeitet hatte, zu sortieren.

Doch natürlich kann das in Gefühlen kodierte Wissen auch falsch sein: Ein Mädchen, das von seinem Vater misshandelt worden ist, wird mögli-

Jetzt im Handel




FrISChe Milch, frISChe Eier, frISChe
Ideen: **die besten Landhotels.**

Weitere Themen

Überraschendes Porto •
Unglaubliches Hongkong •
Italien für Entdecker •





Diese Maschinen in Quallengestalt,
entwickelt von deutschen Wissenschaftlern,
bewegen sich selbstständig durchs Wasser, füllen
bei Bedarf ihre Batterien an einer Ladestation
auf und kommunizieren über Infrarotsignale. So
können sie Schwärme bilden und gemein-
sam Aufgaben meistern

Künstliche Intelligenz

Der Geist aus **Silizium**

Computer und Roboter werden immer schlauer. Sie schlagen bereits Schachweltmeister, können in unbekanntem Gelände agieren und sind mit Sensoren ausgestattet, die ihnen so etwas wie »Körperempfindung« ermöglichen. Wie weit diese Entwicklung noch gehen könnte, erläutert der Bremer Experte Frank Kirchner – und ob es irgendwann Maschinen geben wird, die intelligenter als Menschen sind

Interview: Rainer Harf und Henning Engeln; Fotos: Heiner Müller-Elsner



GEOkompakt: Herr Professor Kirchner, vor einigen Jahren hat der Computer „Deep Blue“ den Schachweltmeister Garri Kasparow geschlagen, und der IBM-Computer „Watson“ gewann kürzlich eine Quizshow in den USA – werden Maschinen bald intelligenter sein als Menschen?

Frank Kirchner: Nicht in absehbarer Zeit. Die beiden von Ihnen erwähnten Beispiele von künstlichen Systemen unterscheiden sich noch sehr von der menschlichen Intelligenz und auch untereinander. Beim Schach übertrumpfen Computer wie „Deep Blue“ die kognitive Leistung des Menschen im Wesentlichen dadurch, dass sie extrem schnelle und mit großem Speicherplatz ausgestattete Rechensysteme nutzen. Hinzu kommen intelligente Suchalgorithmen, also Rechenverfahren. Die Maschine kann im Prinzip das Spiel vorausberechnen. Hier schlägt die Quantität die Qualität.

Und „Watson“?

Da haben wir eine Maschine, die mit Fachwissen gefüttert wurde. Diese riesige Datenbank verfügt über intelligente Rechenverfahren, die dieses Fachwissen verwalten. Sodann mathematische Verfahren, die es erlauben, die Fachgebiete nach Schlagworten einzukreisen und sie zu bewerten. Sie werden gewichtet, um zu entscheiden, welches Schlagwort vermutlich zutrifft. So kann das System die inhaltlich richtigen Antworten liefern – obwohl es die Begriffe selbst gar nicht versteht. Darüber hinaus



Frank Kirchner, 48, Experte für Künstliche Intelligenz, ist Leiter des Robotics Innovation Center in Bremen

Wir lassen uns also vom Klang einer menschlichen Stimme täuschen?

Ja, vorausgesetzt es besteht kein Sichtkontakt. Dank der verbesserten Qualität – die auf die enorme Leistungsfähigkeit heutiger Soundchips zurückgeht – akzeptieren wir die Sprache eher als menschlich. Und vermuten dann etwas Intelligentes dahinter.

Aber was ist denn nun Intelligenz?

Es gibt dafür keine allgemeingültige Definition. Bezogen auf Lebewesen kann man vielleicht sagen: Der Mensch ist von den geistigen Leistungen her das Intelligenteste, was wir zurzeit kennen.

Und bei den Maschinen?

Im Bereich der Künstlichen Intelligenz, der KI, gibt es zwei Denkrichtungen. Die Vertreter der einen nehmen die

begreifen könnte. Forscher, die glauben, dass das möglich ist, hängen der „starken KI-Hypothese“ an.

Und die „schwache KI-Hypothese“?

Hier geht es nicht darum, den Menschen zu imitieren, sondern technischen Systemen mehrere intelligente Funktionen mitzugeben – Funktionen, die für Maschinen nach wie vor eine ungeheure Herausforderung darstellen.

Sie sollen zum Beispiel ein einzelnes Objekt in einer Fülle anderer, sich bewegendes Objekte identifizieren können: also etwa in einem Aquarium einen Stein zwischen allerlei Fischen sowie dem sich wiegenden Gras. Oder sie sollen mehrere Gegenstände in einen Zusammenhang stellen: etwa eine Tasse, einen Tisch und den Boden. Auch die Fähigkeiten von technischen Systemen, Sprache zu verarbeiten und zu erkennen oder Gesichter zu identifizieren, sind Herausforderungen, an denen derzeit gearbeitet wird, die jedoch immer besser gelingen – dank leistungsfähigerer Computerchips.

Aber ist so etwas schon Intelligenz?

Wie gesagt, es gibt keine allgemein akzeptierte Definition. Für mich ist ein technisches System dann intelligent, wenn es in der Lage ist, sich ein Bild von seiner Umwelt zu verschaffen, sich darin zu bewegen und mit ihr zu interagieren.

Das klingt noch recht abstrakt. Wie könnte das im einfachsten Fall aussehen?

Nehmen wir jenes Vehikel, das der Kybernetiker Valentino Braitenberg bereits in den 1980er Jahren entwickelt hat. Das ist ein ganz einfaches Fahrzeug mit zwei von Elektromotoren angetriebenen Rädern und zwei Lichtsensoren. Der linke Sensor ist mit dem rechten Motor verdrahtet, der rechte Sensor mit dem linken Motor. Wenn jetzt links mehr Licht einfällt, dann wird der linke Sensor und damit der rechte Motor stärker stimuliert. Und was passiert?

Es wendet sich nach links, zum Licht hin.

Genau. Und wenn beide Sensoren gleich viel Licht erhalten, fährt das Vehikel geradeaus auf die Lichtquelle zu. Bewegt man die Lichtquelle jetzt, folgt

Es ist den Forschern bereits möglich, **MASCHINEN ZU BAUEN**, die so intelligent sind wie manche Insekten

muss man bedenken, dass Watson sie in perfektem Englisch und mit einer schönen, wohlklingenden Stimme vorträgt – nicht mit so einer blechnen Computerstimme wie früher. Als ich einen Ausschnitt der Quizshow im Radio verfolgte, konnte ich eine Zeit lang nicht sagen, wer der Computer ist und wer der Mensch.

Intelligenz des Menschen als Vorbild. Sie hoffen, dass es ihnen irgendwann gelingen wird, dessen bislang einzigartige geistige Fähigkeiten – zum Beispiel über Dinge nachzudenken oder sich seiner selbst bewusst zu sein – mit Rechnern oder Robotern nachzuahmen. Das geht dann bis zu der Frage, ob ein künstliches System seine eigene Existenz

der Roboter ihr ständig nach. Das System reagiert also auf Reize aus der Umwelt und spult reflexartig Handlungsmuster ab.

Was wäre die nächste Stufe?

Da reagiert ein System dann nicht nur, sondern durchläuft gezielt eine Sequenz von Handlungen, es löst Aufgaben und erreicht am Ende ein Ziel.

Und das hieße konkret?

Stellen Sie sich ein Service-Robotic-System vor, das in einem Büro Post austrägt. Dazu muss der Roboter zunächst zur Sammelstelle gehen, dort die Post abholen und dann eine möglichst kurze Route zu all jenen Punkten finden, zu denen die Post gebracht werden soll. Er muss durch ein Gebäude navigieren, in dem möglicherweise Türen verschlossen sind. Stellt er ebendas fest, ist es nötig, erst mal zu einer anderen Position zu fahren, um dort einen Knopf zu drücken, der die Tür öffnet.

Gibt es so etwas schon?

Innerhalb von Gebäuden ist das bereits möglich – also dort, wo die Umgebung gut bekannt ist, wo ich die zu erwartenden Hindernisse angeben kann und sich nicht ständig etwas verändert, etwa die Position der Wände und Türen.

Welchen Tieren würde dieses Intelligenzniveau entsprechen?

Insekten vielleicht: Käfern, Kakerlaken oder Ameisen.

Sie können also schon Roboter konstruieren, die ähnlich intelligent sind wie ein Insekt?

Wir sind in der Lage, Systeme zu bauen, die ähnliche Leistungen vollbringen. Allerdings wissen wir nicht, wie intelligent Insekten wirklich sind – nehmen Sie etwa die Bienen.

Ein Mensch erkundet ein Gebäude, indem er durch die Räume geht, sich die Wege einprägt und lernt, wo sich was befindet. Wie bringt man so etwas Robotern bei?

Es gibt Ansätze, die wir „Self Localization and Mapping“ nennen, also Selbstlokalisierung und -kartierung. Die Maschine lernt, wie ihre Welt aussieht und wo sie sich darin befindet. Dazu setzt man den Roboter in eine

unbekannte Umgebung, und er beginnt sie mehr oder weniger planlos zu erkunden, um eine Karte zu erarbeiten. Anhand seiner Sensordaten stellt er etwa fest: Nach zwei Metern kommt eine Wand. Dann fährt er diese Wand entlang und registriert, dass sie fünf Meter lang ist. Anschließend folgt der Roboter vielleicht im rechten Winkel einer anderen Wand, nach zwei Metern kommt kein Signal mehr, dann nach einem Meter erneut ein Signal, und das System stellt fest: Das könnte eine Tür sein. So baut es langsam, aber sicher eine Karte auf.

Kann man das schon mit der Raumvorstellung eines Lebewesens vergleichen?

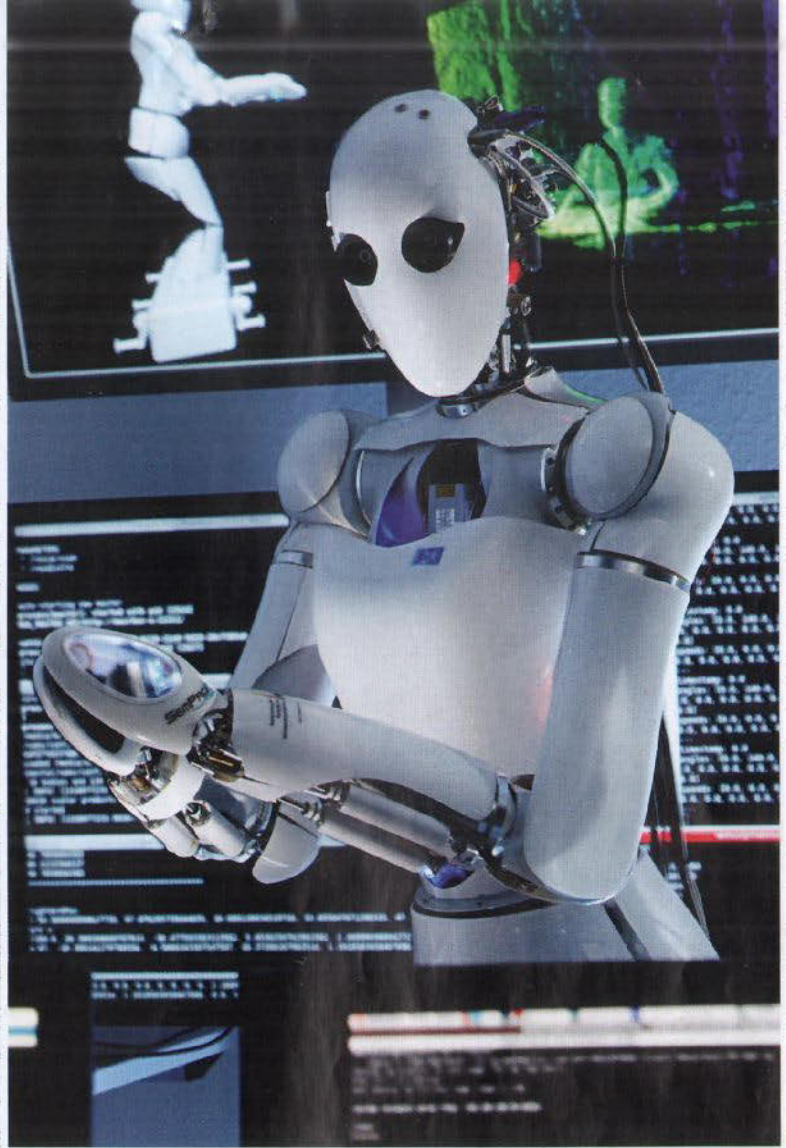
Das ist zurzeit umstritten, denn es ist noch relativ wenig darüber bekannt, wie Karten im Gehirn angelegt sind und wie sich Tiere oder Menschen

Die Roboterfrau AILA, in Bremen konstruiert, nimmt ihre Umgebung dreidimensional wahr und soll ihre Hände bald ähnlich geschickt wie ein Mensch bewegen. Ziel ist es, Maschinen zu entwickeln, die einfühlsam sind und auf die Bedürfnisse von Menschen eingehen

innerhalb ihrer Umgebung selbst verorten. Für den erwähnten Ansatz ist auch Vorwissen über die Umgebung nötig. Daher ist es sehr schwierig, diesen Ansatz auf natürliche Umgebungen anzuwenden.

Ein Mensch hat ja eine Vorstellung davon, was eine Tür ist. Besteht da nicht doch noch ein grundsätzlicher Unterschied zu einem Roboter, der lernt, wo ein Hindernis ist?

Ja, das ist schon noch etwas anderes. Aber wenn der Roboter sich eine metri-





sche Karte aufbaut, dann ist das eine Form von digital repräsentiertem Wissen über die Umgebung, in der er sich befindet. Und es ist eine zusätzliche Qualität von Wissen, wenn er in der Lage ist festzustellen, wo er sich selbst gerade befindet und wie er zum Beispiel von einem Punkt zum anderen kommt.

Steigungen von bis zu 80 Prozent kann der Bremer Laufroboter »SpaceClimber« bewältigen. Mithilfe seiner insektenähnlichen Beine soll er einmal außerirdische Monde und Planeten erkunden und dort durch Krater klettern

Im Übrigen: Auch der Mensch arbeitet mit so etwas wie Karten, mit Modellen, die er aufgrund seiner Erfahrungen im Gebäude aufstellt. Er erwartet dann, dass an bestimmten Stellen Türen sind – ohne jedes Mal zu überprüfen, ob sie wirklich da sind, und ohne dass dabei ein Bewusstsein davon notwendig wäre, was eine Tür ist. In der Alltagsroutine



ist der Unterschied zur metrischen Karte des Roboters also gar nicht so groß.

Aber ist die Hardware, die man dazu braucht, nicht grundsätzlich anders?

Nein. Zwar arbeitet ein Computer mit Mikrochips und digital – ein menschliches Gehirn dagegen basiert auf Nervenzellen, die in unterschiedlicher

Geschwindigkeit Signale aussenden. Dennoch machen beide im Prinzip das Gleiche. Im biologischen System haben wir zwar komplexe Nervenzellverbände, doch für sich genommen erledigen sie immer relativ einfache Funktionen. Und die lassen sich mit mathematischen Verfahren bis zu einem gewissen Grad auf Rechnern nachahmen.

Bedeutet das: Es ist bereits möglich, zu simulieren, was in einem menschlichen Gehirn insgesamt so alles vorgeht?

Wenn man die Frage vom Bewusstsein weglässt, es also auf einer rein funktional-anatomischen Ebene sieht, lautet die Antwort: Ja. Das Sehzentrum verarbeitet optische Reize, sensomotorische Zentren steuern die Körperbewegung, Sprachzentren sind dafür zuständig, Worte zu erzeugen und zu verstehen, der präfrontale Kortex speichert Gedächtnisinhalte. All diese Funktionen kann man virtuell bereits nachbilden.

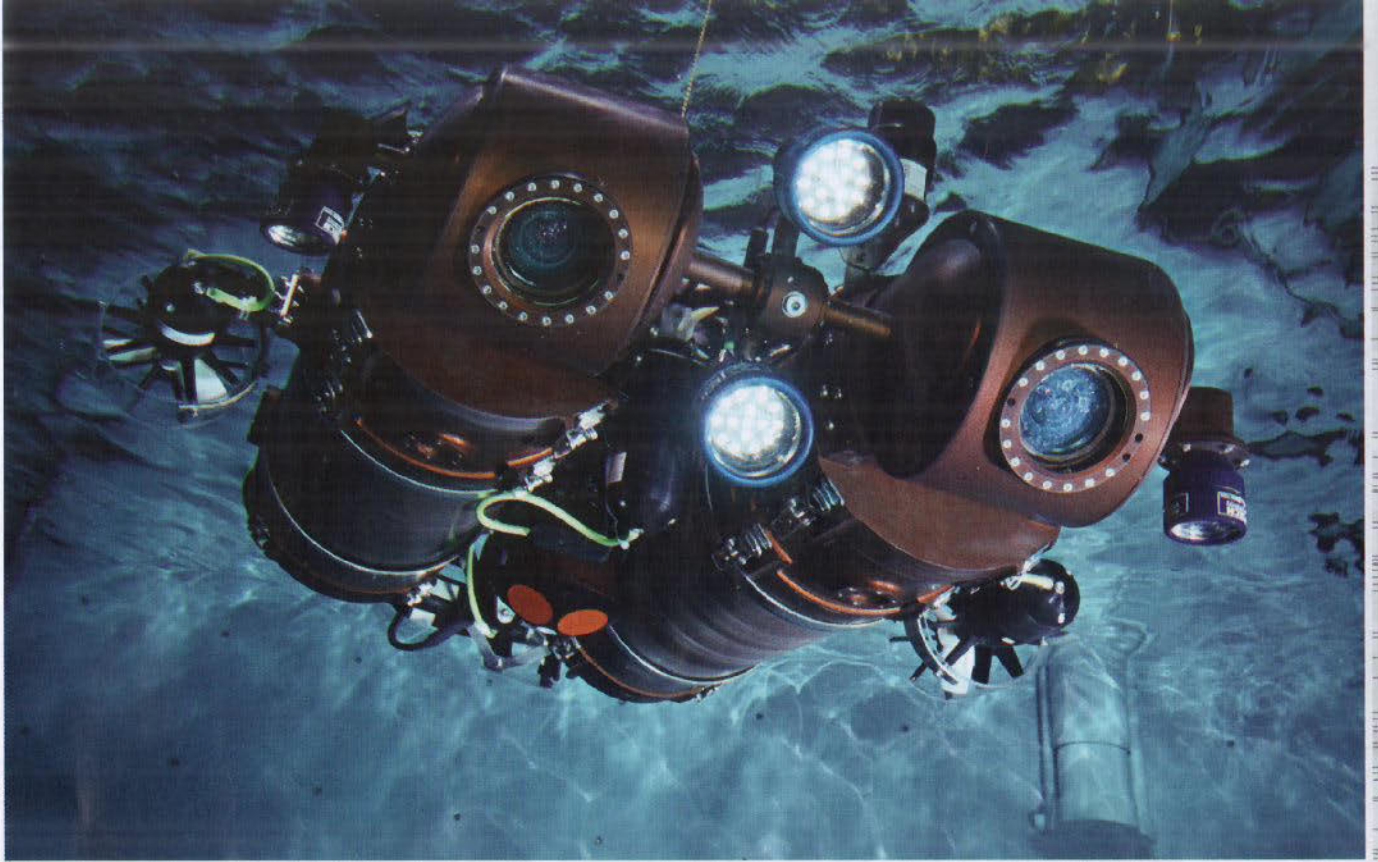
Roboter sollen **IHRN KÖRPER SPÜREN** können, um ihre Intelligenz zu verbessern

Angenommen, das alles lässt sich auf einem Rechner modellieren. Bestehen dann nicht doch noch grundsätzliche Unterschiede zur Intelligenz von Lebewesen? Der US-Hirnforscher Antonio Damasio meint, die Intelligenz und das Selbstbewusstsein des Menschen hätten sich nur deshalb entwickeln können, weil wir einen Körper und eine Körperempfindung haben.

Dem stimme ich zu. Deshalb arbeiten wir nicht nur mit körperlosen Rechnern, sondern auch mit Maschinen, die sich bewegen und agieren können, also mit Robotern. Denn die Körperlichkeit ist eine zentrale Voraussetzung auch für die Intelligenz von Maschinen.

Wie sieht die aus? Bedeutet das, dass ein Roboter Rückmeldungen von den verschiedenen Teilen seines Körpers erhält?

Ja. Das ist ein wesentlicher Bestandteil der Arbeit in meinem Institut. In unserem Projekt „SeeGrip“ etwa bauen wir gerade eine Unterwasserhand mit drei Fingern und jeweils 674 Tastsensoren darin. Die Sensoren bestehen aus Glasfaserleitungen, die in einem Schaum sitzen. Wenn ich darauf drücke, deformiere ich die Leitungen, und ein



Chip errechnet, an welcher Stelle welcher Druck auf dem Schaum lastet.

Ist das schon mit dem Tastsinn des Menschen vergleichbar?

Noch nicht ganz. In meiner Fingerkuppe habe ich Tausende Sensoren. Wir müssen die sensorische Ausstattung unserer Systeme deshalb noch steigern. Nur so können sie die Welt angemessen wahrnehmen.

Werden Sie die Funktionen der menschlichen Hand irgendwann erreichen?

Wir sind schon ziemlich nah dran.

Welche Beispiele für die Körperlichkeit eines Roboters gibt es noch?

Wir haben für den Fuß eines Laufroboters eine Platine entwickelt, die über Tastsensoren verfügt. Die liefern dem System Informationen über die Veränderungen des Drucks beim Auftreten und Abrollen: Etwa, ob sich das Bein in der Luft befindet oder auf dem Boden steht und wie stark es gedrückt wird.

Was folgt daraus?

Man könnte der Maschine eine Art Selbstbewertungsmechanismus einbauen. Wenn der Roboter mit seinem Bein

Dieses Gefährt kann sich im Meer selbstständig bewegen, orientieren und dabei detaillierte Karten der Umgebung anfertigen. Ein solcher Roboter könnte zum Beispiel eingesetzt werden, um Unterwasser-Produktionsstätten wie Ölförderanlagen zu überwachen

schief steht und dann von seinen Gelenken sensorische Informationen erhält, die eine extreme Druckbelastung des Fußes signalisieren, könnte er feststellen: Das ist eine ungünstige Situation, an der man etwas ändern sollte.

Das klingt ja schon fast nach Schmerzempfindung, zumindest nach dem Registrieren von etwas Unangenehmem. Kann man sich vorstellen, dass Sie Ihren Robotern irgendwann so etwas wie Gefühle geben?

Nein, ich wüsste nicht, wie. Gefühle liegen auf einer Ebene, in der ich mit meinen technischen Systemen noch nicht angekommen bin. Solche Rückmeldungen aus dem Fuß wären höchstens eine Vorbedingung, um irgendwann Gefühle zu erreichen – wenn man bereit ist, Gefühle als bewertete Sensorinformation zu definieren. Da schließen sich jedoch viele weitere Fragen an, die

wir hier nicht erschöpfend diskutieren können. Deswegen erst einmal: Nein.

Wäre es denn ein Ziel der KI-Forscher, bei Maschinen Gefühle zu simulieren?

Es gibt Leute, die meinen, wir könnten irgendwann Roboter konstruieren, die eigene Gefühle, eigene Antriebe, eigene Motivationen haben, und wir sollten das auch verwirklichen. Ich selbst finde das nicht. Zumal es erhebliche ethische und juristische Folgen hätte: Wäre ein solcher Roboter eine eigene Person, die rechtlich belangbar ist? Müsste man ihm dann nicht auch die Menschenrechte zugestehen?

Es sind ja nicht nur die Gefühle, die Lebewesen – noch – von den Maschinen trennen. Menschen können über Probleme nachdenken und neue Lösungen finden. Ist das nicht nach wie vor ein gewaltiger Unterschied?

Ja, sicher. Wir nennen das in unserem Modell der dreistufigen Roboter-Verhaltenssteuerung die „Erklärungsebene“, und sie stellt im Grunde die Funktionsweise eines Roboters auf den Kopf. Denn normalerweise gibt man dem Automaten ein konkretes Ziel vor. Allerdings können wir diese



Erklärungsebene in gewissem Maß auch bei technischen Systemen erreichen.

Wie würde das aussehen?

Ein Beispiel: Wenn ich als Mensch eine Thermoskanne hochheben will, um etwa Kaffee einzuschenken, dann habe ich eine gewisse Vorstellung vom Gewicht der vollen Kanne. Wenn sie nun unerwartet leichter ist – etwa weil inzwischen jemand anderes den Kaffee unbemerkt ausgetrunken hat –, dann ergreife ich sie mit zu viel Kraft, und die Bewegung droht überzuschießen. Ich muss also darüber nachdenken, was geschehen ist, und meine Erwartung korrigieren und Erklärungen für das von mir selbst beobachtete Verhalten finden.

Und solche Fähigkeiten könnte man auch einer Maschine geben?

Zumindest können wir einen Roboter mit einem anpassungsfähigen mathematischen Modell ausstatten. Er geht zunächst von bestimmten Annahmen über das Gewicht der Kanne aus. Dann registriert er beim Versuch, die leere Kanne anzuheben: Da stimmt etwas nicht mit dem Modell. Nun nutzt er die Erklärungsebene, um sein Modell zu verbessern. Er erzeugt sozusagen ein

Mit einer Kombination aus Rad und Bein bewegt sich diese Maschine über unebenes Gelände oder durch Rohre und registriert dabei per Kamera, Laser und Radar ihre Umwelt. Ihre Aufgaben – etwa Bodenproben zu entnehmen – erledigt sie völlig autonom

neues, in dem es leere und volle Kannen gibt, die sich äußerlich nicht unterscheiden lassen.

Ein solches mathematisches Modell erscheint aber doch weit entfernt von dem, was ein Mensch sich vorstellt. Hinzu kommt, dass wir für die Begriffe Wörter haben und sie anderen mitteilen können.

Ja, das ist noch ein weiterer Schritt. Sprache funktioniert, weil wir Menschen einigermaßen deckungsgleiche Modelle von der Welt haben. Daher können wir vorhersagen, was der an-

dere denkt und macht. Und wir können ihn manipulieren.

Werden Roboter all das dereinst leisten?

Das wird eines Tages möglich sein.

Dann wird es also irgendwann einen Automaten geben, mit dem ich kommunizieren kann und der auf meine Stimmungen und Bedürfnisse eingeht? Wozu ließe sich ein solches System nutzen?

Ja, das wird es geben, und es ließe sich vielleicht in der Altenpflege einsetzen. Allerdings müsste man dabei kulturelle Unterschiede berücksichtigen. In unserem Kulturkreis wäre es problematisch, solange die Betroffenen wissen, dass es Maschinen sind – denn selbst wenn es gelänge, den Roboter perfekt zu gestalten: In dem Moment, in dem die Pflegebedürftigen oder auch ihre Angehörigen merken, dass es sich um ein technisches System handelt, gibt

In 20 Jahren wird es womöglich
AUTOMATEN GEBEN, die einen Menschen
 beim Joggen im Wald überholen

es Vorbehalte. In Asien ist das offenbar weniger ein Thema, weil man dort in technischen Systemen nichts Böses, Schlechtes oder Minderwertiges sieht.

Glauben Sie, dass ein solcher Roboter auch ein Bewusstsein seiner selbst erlangen könnte? Der amerikanische KI-Experte Ray Kurzweil behauptet, dass es im Jahr 2045 möglich sein wird, das menschliche Bewusstsein in einem Rechner nachzuahmen.

Das bezweifle ich. Es geht ja auch gar nicht darum, dass wir das menschliche Bewusstsein simulieren. Wir reden von einem technischen System, das in der menschlichen Umgebung gezielt und komplex agieren kann – also etwa Tassen greifen oder Kaffee einschenken. Und das zudem die Fähigkeit besitzt, Ihre Stimmungen zu erkennen und auf Sie einzugehen. Und da sage ich: Ja, das kriegen wir hin. Das heißt aber nicht, dass wir dann in diesem technischen System eine Kopie der menschlichen Intelligenz haben. Das ist weit davon entfernt.

Wie lässt sich überhaupt die Intelligenz einer Maschine ermitteln? Es gibt ja den berühmten Turing-Test, bei dem ein Mensch und eine Maschine quasi hinter einem Vorhang Fragen beantworten müssen und der Fragende einschätzen soll, wer Mensch und wer Maschine ist. Wenn ein technisches System diesen Test besteht, ist damit schon bewiesen, dass es im menschlichen Sinn intelligent ist?

Nein, das würde ich nicht sagen. Das Grundproblem ist ja, dass wir keine genauen Vorstellungen haben, was menschliche und künstliche Intelligenz jeweils ausmacht. Alan Turing hat vorgeschlagen, einen Roboter zu bauen, der alle Funktionen des menschlichen Körpers erfüllt, also sensorisch und motorisch. Der müsste mit der echten Welt – statt mit einer Simulation – interagieren und könnte dann als Basis dienen, künstliche Intelligenz zu erforschen.

Also so, wie es in Science-Fiction-Filmen gern dargestellt wird.

Genau. Aber bei aller Perfektion wäre interessant zu sehen, was in dem Moment geschieht, in dem ich herausfinde: Mein Gegenüber ist ein technisches System. Ich habe die ganze Zeit geglaubt, mit einer Person Schach zu spielen, und habe uns für zwei intelligente Wesen gehalten. Doch in der Millisekunde, in der ich erkenne, der andere ist nicht aus Fleisch und Blut, bekomme ich Zweifel.

Liegt es daran, dass ich dem anderen nicht zubillige, Gefühle zu haben?

Vielleicht ist es einfach die Andersartigkeit. Stellen wir uns vor, wir würden einen fremden Planeten besuchen und auf intelligente Wesen treffen, die große Zivilisationen aufgebaut haben,

Ein solches Szenario hat natürlich einen bedrohlichen Beigeschmack. Andererseits geht es weit über das hinaus, was wir zurzeit auch nur ansatzweise realisieren können. Reine Spekulation. Wenn man sich aber darauf einlassen will, könnte man sagen: Vielleicht ist das ja ein Weg der Evolution. Der Mensch entwickelt sich weiter, indem er technische Systeme baut, die sozusagen die nächste Stufe der Evolution erklimmen – die mit Lebewesen nicht realisierbar ist. So ein System besteht dann nicht aus Fleisch und Blut, sondern aus unempfindlichen Materialien. Es brauchte keinen Sauerstoff, könnte im All leben und den Mars kolonisieren.

Wenn das noch Utopie ist – was bringt die nähere Zukunft?

Wir haben bereits Maschinen konstruiert, die auf dem Mars rumkrabbeln können. Eine echte Herausforderung aber wäre ein Roboter, der sich gewandter als der Mensch durch eine natürliche Umgebung, etwa einen Wald, bewegt. Das wäre ein Ziel für die nächsten 20 Jahre. Also wenn ein Roboter mich beim Joggen im Wald abhängt und ich ihm hinterherrennen muss, reicht es für mich. Dann gehe ich in Rente.

Und wenn Ihnen jemand Unsterblichkeit verspräche? Manche Experten glauben, es sei eines Tages möglich, die Persönlichkeit eines Menschen auf einen Computer zu übertragen. Würden Sie ein solches Angebot annehmen?

Die Versuchung wäre groß, denn man könnte weiterhin bei den Menschen sein, mit denen man gern zusammen ist, man müsste nicht von etwas Abschied nehmen. Andererseits kann ich mir nicht vorstellen, auf einen Körper zu verzichten. Man würde ja nur als Geist irgendwo in der digitalen Welt existieren. Nein, am Ende würde ich es doch nicht machen. □

Prof. Dr. Frank Kirchner, 48, ist einer der beiden führenden deutschen Experten für die Entwicklung intelligenter Roboter. Das Robotics Innovation Center gehört zum Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz – der weltweit größten Einrichtung auf diesem Gebiet.

Memo: KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

► **Schachcomputer** und Wissens-Systeme können Menschen schlagen, weil sie über extreme Rechenkapazitäten und gewaltige Datenbanken verfügen.

► **In Zukunft wird es Roboter** geben, die sowohl mit Menschen kommunizieren als auch auf deren Bedürfnisse eingehen und etwa in der Altenpflege eingesetzt werden können.

► **Intelligent ist ein künstliches System**, wenn es in der Lage ist, sich ein Bild von seiner Umwelt zu verschaffen, sich darin zu bewegen und mit ihr zu interagieren.

► **Manche Forscher** spekulieren, eines Tages könnte es möglich werden, den kompletten Inhalt eines menschlichen Gehirns auf einen Computer zu übertragen.

► **Ob aber eine Maschine** jemals ein Bewusstsein ihrer selbst erlangen kann, ist unter Wissenschaftlern umstritten.

aber aussehen wie Eidechsen. Daran müssten wir uns erst gewöhnen. Wir brauchen vermutlich eine gewisse Zeit, um zu akzeptieren, dass Intelligenz nicht nur an unsere biologische Struktur gebunden sein muss.

Blicken wir in die Zukunft und stellen uns vor: Wir konstruieren schlaue Maschinen, die ihrerseits noch intelligentere Systeme hervorbringen. Schließlich stehen wir vor einer Superintelligenz und müssen uns eingestehen, dass wir Menschen jetzt die primitiveren Wesen sind.

Gratis-Baumspende

Helfen Sie uns, den Regenwald zu schützen!

Für Ihren kostenlosen Anruf spendet GEO einen Baum in Ecuador.

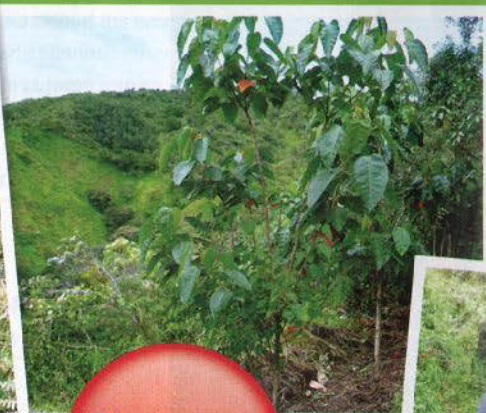


**GEO SCHÜTZT
DEN REGENWALD e.V.**

Gutes tun kann so einfach sein!

Wir spenden pro Teilnehmer einen Baum im Wassereinzugsgebiet von El Paraíso/Ecuador. Zum Hintergrund: Abholzung und Brandrodung bedrohen den Regenwald im Norden Ecuadors und lassen das Trinkwasser knapp werden.

Der Verein „GEO schützt den Regenwald e.V.“ will durch Aufforstung die Versorgung der Menschen mit sauberem Trinkwasser sicherstellen. **Das Projekt ist ein voller Erfolg:** Seit 2009 konnten bereits 41.200 Baumsetzlinge gespendet werden!



Ihr Baum
für Ecuador!



ECUADOR

Ambato

GUAYAQUIL

5897m
Cotopaxi

6272m
Chimborazo

Mehr erfahren und online mitmachen unter:

www.geo.de/baumspende

Oder kostenlos anrufen!

0800/592 92 96

Servicezeiten: Mo.-Fr. 9:00-20:00 Uhr, Sa. 10:00-15:00 Uhr

FORSCHUNG: Weshalb Sport schlau macht

SPRACHEN LERNEN HILFT GEGEN DEMENZ

Zweisprachigkeit schützt offenbar vor abnehmender Hirnleistung, wie Forscher an der Universität Toronto herausgefunden haben. Patienten, die zwei Sprachen beherrschten, prägten eine Demenz durchschnittlich vier Jahre später aus als Menschen, die nur einer Sprache mächtig waren. Diese Verzögerung des Verfalls zeigte sich unabhängig von sonstigem Verhalten, das den Verstand fördert – etwa einem aktivem Lebensstil oder einer regen Teilnahme am sozialen Leben. ■

US-Studie: Kleines Hirn durch dicken Bauch

Fettes Essen fördert nicht nur Übergewicht, Diabetes und Herz-Kreislauf-Erkrankungen: US-Forscher haben herausgefunden, dass es auch Einfluss auf unser Denkorgan hat – je massiger das Bauchfett, desto kleiner das Hirnvolumen. ■



Sportlich zu höherem IQ

Kinder, die sich viel bewegen, sind im Durchschnitt intelligenter

Wer in jungen Jahren Sport treibt, fördert seine Intelligenz, hat ein internationales Forscherteam bei einer Untersuchung an 1,2 Millionen schwedischen Rekruten herausgefunden: All jene, die körperlich fit waren, zeigten auch bei IQ-Tests bessere Leistungen. Forscher haben für dieses Phänomen eine evolutionsbiologische Erklärung: Wer sich in der Steinzeit viel bewegte und damit von seinem Revier entfernte, benötigte – um sich zurechtzufinden – mehr Verschaltungen im Gehirn. Ein weiterer Faktor ist wohl, dass das Denkorgan besser durchblutet wird, wenn wir uns bewegen. So hat in Versuchen das Gehirnvolumen von Mäusen, die in Laufrädern trainierten, an Größe zugenommen. ■

Stress mindert die Intelligenz

Wenn Hormone den Verstand beeinträchtigen

Stress schadet nicht nur unserer körperlichen, sondern auch der geistigen Fitness. Sind Menschen großer Aufregung ausgesetzt, schüttet ihr Gehirn vermehrt Stresshormone aus, vor allem Cortisol – einen Stoff, der uns zwar kurzfristig zur Höchstleistung bringt, langfristig aber dem Gehirn schadet. Bei Kindern, deren Mütter während der Schwangerschaft hohen Belastungen ausgesetzt waren, etwa Naturkatastrophen, liegt der IQ um sechs Punkte niedriger als bei Gleichaltrigen. Der Minderwert beruht wohl darauf, dass der Hippocampus nicht genug heranreift.



Dieses Hirnareal spielt eine zentrale Rolle beim Lernen und scheint sich beim Fetus nur schlecht auszubilden, wenn der Cortisolspiegel im Blut der Mutter eine bestimmte Konzentration übersteigt. ■

HOHER IQ MACHT ALT

Eine Untersuchung an mehr als 800 Hochbegabten in den USA hat ergeben: Menschen mit einem IQ von mindestens 135 werden überdurchschnittlich alt. Für jeden IQ-Punkt über 135 sinkt, so die Studie, das Risiko um zwei Prozent, früh an einer Krankheit zu sterben. Allerdings gilt der Zusammenhang nur bis zu einem IQ von 163 – noch höhere Werte bringen offenbar keinen weiteren Zuwachs an Lebenserwartung. ■

100 000 000 000

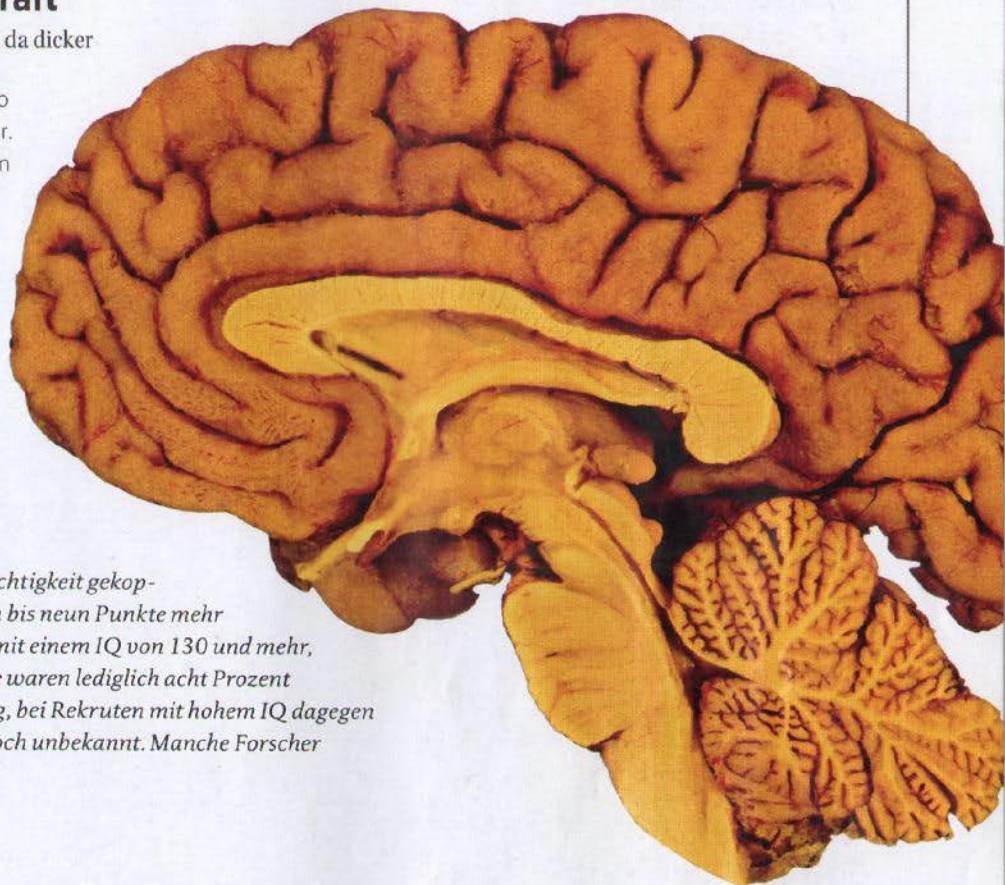
(100 Milliarden) Nervenzellen besitzt schätzungsweise das menschliche Gehirn. ■

Nicht nur Gene und Sozialisation haben Einfluss auf unsere Intelligenz: Studien haben ergeben, dass sich auch Sport und Stress auf den IQ auswirken

Anatomie der Geisteskraft

Der Kortex intelligenter Menschen ist hier und da dicker

„Intelligenz spiegelt sich in der Anatomie wider“, so der Hamburger Neurowissenschaftler Jan Gläscher. Das zeige unter anderem eine Studie von Forschern im kanadischen Montreal: Sie durchleuchteten in regelmäßigen Abständen die Gehirne von mehr als 500 Mädchen und Jungen und ermittelten zudem den IQ der Probanden. Das Ergebnis: Der Kortex (Großhirnrinde) derjenigen mit hohem IQ war in bestimmten Regionen dicker. Experten gehen davon aus, dass die gefundenen Unterschiede zum Teil angeboren sind. ■



SCHARFSINNIG – UND KURZSICHTIG

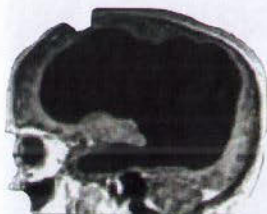
Forschungen zeigen: Ein hoher IQ ist oft an Kurzsichtigkeit gekoppelt. Im Schnitt erreichen Kurzsichtige etwa sieben bis neun Punkte mehr als Normalsichtige. Hochbegabte, also Menschen mit einem IQ von 130 und mehr, sind besonders oft kurzsichtig. Einer Studie zufolge waren lediglich acht Prozent israelischer Rekruten mit niedrigem IQ kurzsichtig, bei Rekruten mit hohem IQ dagegen 27,3 Prozent. Die Ursache für das Phänomen ist noch unbekannt. Manche Forscher vermuten, ein Gen rufe den Effekt hervor. ■

Bis zu **90%** aller Zellen
im Gehirn leiten keine Signale
weiter, sondern bilden Strukturen,
die die Neuronen stützen. ■

LOCH IM HIRN

Ein ungewöhnlicher Fall verblüfft Neurowissenschaftler: Ein 44-jähriger Familienvater aus Frankreich führt ein normales Leben, obwohl sein Schädel vor allem mit Flüssigkeit gefüllt ist. Erstaunlicherweise konnte sich sein Hirn an besonders schwierige Bedingungen anpassen: Denn bereits in früher Kindheit hatte sich bei dem Mann in den stark erweiterten Hirnkammern zu viel Nerven-

wasser gesammelt und das Großhirn gegen die Schädeldecke gedrückt. Dort bildet die Hirnmasse heute eine nur zentimeterdicke Schicht. Dennoch ist der Franzose imstande, intelligent zu handeln. ■



Die Farbe Sieben

Wenn Menschen Zahlen bunt sehen

Etwa ein Prozent aller Menschen haben eine erstaunliche Gabe: Ihnen erscheinen Zahlen oder Buchstaben farbig, selbst wenn die schwarz gedruckt sind. Diese „Synästhetiker“ verfügen – einer Hypothese zufolge – über Nervenverbindungen, die im Hirn von Babys noch vorhanden sind, im Laufe der späteren Kindesentwicklung jedoch in der Regel aufgelöst werden. Forscher haben festgestellt, dass auffallend viele bildende Künstler Synästhetiker sind. Mehr noch: Ihr Gedächtnis ist, wie Tests ergaben, deutlich besser als das anderer Menschen. ■



Das Atelier im **Kopf**

Mit Gedanken, Buchstaben, Farben und Tönen gestalten Menschen aus dem Nichts etwas Neues: Sie schaffen Gemälde, komponieren Symphonien, entwickeln Schlachtpläne oder wissenschaftliche Theorien – und verändern auf diese Weise ihre Welt. Wie aber kommen wir auf neue Ideen? Wo liegen die Quellen unserer Inspiration? Forscher enträtseln die einzigartige Gabe der Kreativität



Julie Mehretu, New York

Der Blick in Ateliers zeigt, wie unterschiedlich Kreative arbeiten: Manche mögen es chaotisch, andere eher aufgeräumt – wie Julie Mehretu aus New York, die dynamische Pinselstriche zu großformatigen Gemälden komponiert



Jeanne Silverthorne, New York

Ihr Studio sei gewöhnlich leer, sagt Jeanne Silverthorne, die vorzugsweise aus gelbem Gummi Skulpturen formt. Sobald eine Arbeit abgeschlossen ist, verbannt sie das Werk – und schafft so Platz für neue Fantasien

Text: Bertram Weiß



„Creavit“, so lautet das erste Verb der ins Lateinische übersetzten Bibel: „In principio creavit Deus caelum et terram.“ Es ist der erste Satz des Schöpfungsmythos von Christen und Juden: „Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde.“ Die Ureinwohner von Samoa glaubten: Am Anfang befahl eine Gottheit einem Stein, sich in Himmel und Erde zu zerteilen. Und laut einem Mythos des japanischen Urvolkes der Ainu schlug auf Geheiß des Schöpfers am Anfang ein Vogel mit seinen Flügeln so heftig auf die Oberfläche des Urmeeres, dass aus der Gischt schließlich Inseln entstanden.

Seit Jahrtausenden erzählen sich Menschen solche Geschichten über die Entstehung der Welt. Doch so verschieden diese Legenden sind: Im Grunde handeln die meisten von einer einzigartigen Gabe, die frühe Kirchengelehrte „creatio ex nihilo“ nannten – die Schöpfung aus dem Nichts.

Es scheint eine den Göttern vorbehaltene Fähigkeit zu sein, die unsere Vorfahren in Mythen kleideten. Letztlich aber berichten sie von einem Prinzip, das auch der Mensch beherrscht. Denn manchmal befällt uns eine Idee, mal als vage Ahnung, mal als zündender Geistesblitz – und wir beginnen, etwas Neues zu gestalten: etwas zu erschaffen, das zuvor nicht



Francis Bacon, London

Immer wieder beschäftigte sich der 1992 gestorbene Maler Francis Bacon mit Zerstörung und Verfall, malte von Gewalt geprägte, entstellte Körper. Selbst sein chaotisch anmutendes Studio schien dieses Motiv zu spiegeln

existierte. Und das sich von bisher Dagewesenem unterscheidet. Kurz: Wir sind kreativ (von lat. *creare*, hervorbringen, schaffen, erzeugen).

Doch wie ist es möglich, neue Gedanken zu denken? Wie entsteht Kreativität? Was fördert, was hemmt sie? Kann jeder von uns schöpferische Energie in sich wecken?

Und: An welchen Merkmalen lassen sich kreative Menschen erkennen?

Etwa seit der Mitte des 20. Jahrhunderts sind Psychologen, Philosophen und Hirnforscher den Antworten auf diese Fragen auf der Spur. Denn nur wer die Regeln des Einfallsreichtums durchschaut, kann gezielt Bedingungen schaffen, unter denen Menschen zu den Quellen ihrer Inspiration finden.

Und das ist nicht nur für Wissenschaftler von Interesse, sondern auch für Unternehmer. Immerhin gilt die schöpferische Gabe – wie der US-Ökonom Richard Florida von der University of Toronto in Kanada schreibt – als „wichtigste wirtschaftliche Ressource“ der Menschheit. Es ist ein Schatz, der heute wertvoller ist als je zuvor: Waren früher vor allem die Rohstoffe der Natur und die

physische Arbeitskraft bedeutsam, so wird die Wirtschaft der Zukunft vornehmlich auf neue Ideen angewiesen sein, so Florida.

Schon heute gelten fantasievolle Mitarbeiter gleichsam als bedeutendes Kapital von Unternehmen, schöpferische Einfälle als Währung des Erfolgs. Nur wenige Eigenschaften sind deshalb so populär wie Kreativität.

Doch bereits bei einer eher harmlos wirkenden Frage sind sich die Forscher nicht einig: Was ist eigentlich „Kreativität“? Jedermann glaubt zu wissen, welche Bedeutung das Wort hat. Aber je länger man darüber nachdenkt, desto vager und unbestimmter wird der Begriff, desto vielfältiger und unterschiedlicher sind seine Anwendungsbereiche.

ES IST EIN schillerndes Wort, so schwierig zu fassen wie „Intelligenz“ oder „Begabung“. Die Zeichnung eines Kindes kann ebenso als kreativ gelten wie eine Komposition von

Kreativität ist kaum zu definieren. Und gilt doch als eine der wichtigsten wirtschaftlichen Ressourcen der Menschheit



Edgar Honetschläger, Wien

Es ist, als hätte der Künstler, Filmemacher und Drehbuchautor Edgar Honetschläger den Fußboden seines Ateliers in einen riesigen Schreibtisch verwandelt, auf dem Pinsel, Stifte und Farben stets griffbereit sind: um Ideen umzusetzen, sobald sie aufkeimen

Beethoven, die Erfindung des Radios, ein Gemälde von Picasso, Darwins Evolutionstheorie oder die Schlachtpläne von Napoleon Bonaparte. Mehr noch: Auch die Atmosphäre an einem Arbeitsplatz oder die Stimmung in einer Gruppe von Tänzern, Werbetextern oder Softwareentwicklern werden häufig „kreativ“ genannt.

Daher müssen sich Wissenschaftler zumeist damit begnügen, diese schöpferische Kraft zu beschreiben und zu erforschen, wo sie sie zu entdecken glauben. Eine allgemeingültige Definition gibt es nicht.

Der renommierte Psychologe Heinz Schuler, der jahrzehntelang an der Universität Hohenheim menschliche Fähigkeiten analysiert hat, fasst die wichtigsten Merkmale so zusammen: „Kreative Leistungen zeichnen sich stets durch neuartige und nützliche Lösungen von Problemen aus.“

Mit anderen Worten: Kreativ ist, wer etwas Originelles erschafft, etwas Außergewöhnliches.

Auf den ersten Blick mögen nur wenige Menschen diese Gabe besitzen – nämlich all jene, die

immer wieder durch geniale Einfälle verblüffen. Doch Forscher sehen die Kreativität meist nüchterner. Erstaunlicherweise betrachten sie die Fähigkeit nicht als Privileg eines kleinen Personenkreises, sondern als Charakteristikum aller Menschen – ja als grundlegenden Wesenszug des *Homo sapiens*.

Zwar mag diese Gabe bei dem einen stärker, bei dem anderen schwächer ausgeprägt sein. Doch im Prinzip ist jeder dazu fähig, neuartige Fantasien zu entwickeln. Denn genau das geschieht jede Nacht – dann, wenn wir unsere Gedanken treiben lassen und träumen. Im Schlaf formt unser Gehirn aus Erinnerungen und Erlebnissen fremde, mitunter bizarre Welten – und wird so gleichsam zu einer Art Atelier unseres künstlerischen Schaffens.

Dass Menschen ihren Geist von Natur aus auf imaginäre Ausflüge schicken, äußert sich schon sehr früh im Leben. Denn wir erproben diese Fähigkeit erstmals, wenn wir zu spielen beginnen. „Vielleicht dürfen wir sagen“, vermutete bereits 1908 der Österreicher Sigmund Freud,

der Begründer der Psychoanalyse, „jedes spielende Kind benimmt sich wie ein Dichter, indem es sich eine eigene Welt erschafft.“

Schon mit knapp zwei Jahren nutzen Kinder ihre Fantasie, um neue Objekte herzustellen – etwa, indem sie Bauklötze aufeinander türmen. In diesem Alter fangen Mädchen und Jungen an, Gegenstände und Handlungen fantasievoll umzudeuten: Sie tun etwa so, als seien gelbe Bausteine Bananen oder als enthalte ein leerer Becher eine Flüssigkeit, die sich ausschütten und wieder aufwischen ließe.

Dies ist eine verblüffende Leistung, denn sie erfordert nichts weniger, als auf kreative Weise Neues zu erschaffen.

In jenem Einfallsreichtum der frühen Jahre, so meinen Forscher, zeigt sich womöglich, wie stark ein Mensch zum kreativen Denken neigt. Doch auf welche Weise lässt sich ermes sen, wie groß die Erfindungsgabe ist? Offenbaren schaffenskräftige Menschen spezielle Charakterzüge?

GENERATIONEN VON WISSENSCHAFTLERN haben nach Wesensmerkmalen gesucht, die spielerische Fantasie begünstigen oder hemmen. In den 1970er Jahren erstellte der US-Psychologe Raymond Cattell von der Universität Illinois einen bis heute gebräuchlichen Katalog von rund 180 Fragen über Verhalten, Gemüt und Temperament. Je nachdem, wie die Antworten einer Testperson ausfielen, ordnete Cattell ihr eine Auswahl von Charaktermerkmalen zu – und vermochte so die Persönlichkeit eines jeden Menschen zu beschreiben.

Cattell fand heraus: Menschen, denen kreative Leistungen leichtfallen, neigen zu überdurchschnittlich dominantem, selbstsicherem und neugierigem Verhalten. Doch zugleich wohnt ihnen eine andere, scheinbar widersprüchliche Seite inne: Sie sind sehr empfindsam, feinfühlig, bisweilen zartbesaitet – und gewöhnen sich mitunter nur langsam an neue Eindrücke.

Diese ausgeprägte Sensibilität konnten Forscher sogar anhand von physiologischen Messungen nachweisen. Normalerweise versetzen uns neue Reize, etwa ein fremder Ton oder eine ungewohnte Berührung, kurzzeitig in Stress. Das erkennen Wissenschaftler zum Beispiel daran, dass die Haut dann leichter elektrischen Strom leitet. Gewöhnen wir uns allmählich an die Stimulation, nimmt der Widerstand der Haut wieder zu. Kreative Menschen sind jedoch so sensibel, dass sich der Zustand der Haut erst nach längerer Zeit wieder normalisiert.

Zunächst mag es widersinnig erscheinen: Doch gerade diese Anfälligkeit für Stress, so vermuten Forscher, treibt manche Kreative dazu, sich extrem ausdauernd in eine Aufgabe zu vertiefen. Sind sie einmal auf ein Problem aufmerksam geworden, lässt es sie nicht mehr los. Diese Form der Beharrlichkeit nennen Wissenschaftler „perseverieren“

de Aufmerksamkeit“ (lat. *perseverare*, beharren). Und sie funktioniert offenbar wie ein Schutzmechanismus: Solange sich kreative Menschen in ihre Gedankenwelt zurückziehen, schirmen sie sich gegen äußere Reize ab – und vermeiden somit übermäßigen Stress.

Doch hartnäckige Konzentration allein reicht nicht aus, um eine neue Erkenntnis zu gewinnen. Kreative Menschen streben laut Cattell auch stärker als andere nach Unabhängigkeit, sie sind eigenwilliger und unbeugsamer, neigen dazu, Normen, Regeln und Gesetze zu missachten. Es drängt sie, Tabus und Konventionen zu brechen.

Allerdings bringt dieses Charakteristikum nicht nur Vorteile mit sich: Aufgrund ihres ausgeprägten Eigensinns wirken kreative Persönlichkeiten auf ihre Mitmenschen oft herablassend, egozentrisch und herrisch, mitunter gar zynisch oder feindselig.

Vermutlich tragen Wesenszüge wie diese dazu bei, dass selten ein kreativer Mensch sowohl Einfälle hat als auch fähig ist, andere vom Wert seiner Innovation zu überzeugen. Arbeitspsychologen raten deshalb dazu, nicht eine Person damit zu betrauen, eine Idee zu entwickeln und sie zugleich auch zu vermarkten.

Das ist ein Prinzip, das sich längst weltweit etabliert hat. Ob Regisseur und Filmproduzent, Modeschöpfer und Manager, Redakteur und Herausgeber, Komponist und Impresario, Kunstmaler und Galerist, Romancier und Verleger: Zumeist verhelfen nur Teams von kreativen Persönlichkeiten und organisatorischen Talenten neuen Ideen zum Erfolg.

Denn die übersteigerte Empfindsamkeit, der Drang nach Unabhängigkeit, der Hang zur Dominanz, zur einsamen Arbeit schaffen zwar den Nährboden für Ideen – doch erschweren diese Eigenarten zugleich den Umgang mit den Mitmenschen.

Manche Forscher haben eine ausgeprägte Erfindungsgabe daher sogar als psychische Störung gedeutet, als widernatürliche geistige Verwirrung. Schon der römische Gelehrte Seneca schrieb im 1. Jahrhundert n. Chr. „Kein großer Geist ohne eine Beimischung von Wahnsinn.“

TATSÄCHLICH SCHEINEN Kreativität und Irrsinn, Genie und Geisteskrankheit mitunter nah beieinanderzuliegen. Das belegen zumindest die Biografien vieler kreativer Persönlichkeiten. Den Franzosen Blaise Pascal, einen der ideenreichsten Mathematiker aller Zeiten, plagte die Zwangsvorstellung, direkt neben ihm gähne stets ein Abgrund.

Der Staatstheoretiker und Literat Jean-Jacques Rousseau litt die letzten 21 Jahre seines Lebens unter Verfolgungswahn. Raserei brachte den Dichter Friedrich Hölderlin in eine Nervenheilanstalt, im Wahn endeten auch der Maler

Zweijährige können die eigenen Gedanken noch nicht von denen anderer unterscheiden. Doch sind sie bereits kreativ

Vincent van Gogh und der Philosoph Friedrich Nietzsche, die Komponisten Gaetano Donizetti, Robert Schumann und Bedřich Smetana, die Schriftsteller Robert Walser, Charles Baudelaire, Nikolai Gogol und Guy de Maupassant. Doch Forscher warnen davor, die Merkmale ausgeprägten Schöpfergeistes zu leichtfertig mit Symptomen psychischer Leiden zu verknüpfen. Zu klein ist dafür bislang die Zahl überzeugender Belege, zu wenig stichhaltig die bloße Rückschau auf das Leben kreativer Persönlichkeiten.

Denn hochintelligente Menschen sind in besonderem Maße darin begabt, analytisch zu denken. Sie lösen Probleme planmäßig und linear, gelangen Schritt für Schritt – nach gewohnten Strategien – zur richtigen Lösung. Wissenschaftler nennen dies „konvergentes“ oder schlussfolgerndes Denken (von lat. *convergere*, sich hinneigen).

Kreativität dagegen, so haben Forscher herausgefunden, beruht auf einer ganz anderen Arbeitsweise des Gehirns: auf dem „divergenten“ Denken (von lat. *divergere*,



Dieter Roth, Wien

Das Atelier als »Work in Progress«: Aus seiner Wirkungsstätte machte der Künstler Dieter Roth eine begehbare Installation (»Große Tischruine« 1970–1998). »Alles, was ich so habe an Schrott, bringe ich hierher«, kommentierte er das Projekt

IN EINEM PUNKT sind sich die Wissenschaftler dagegen sicher: Kreativität und Intelligenz gehen vielfach Hand in Hand. Menschen mit einem höheren Intelligenzquotienten haben bessere Chancen, kreativ zu sein.

Allerdings muss dies nicht bedeuten, dass besonders intelligente Menschen zugleich außergewöhnlich schöpferisch sind; und wer weit überdurchschnittlich kreativ ist, muss nicht auch eine überragende Intelligenz besitzen.

auseinanderstreben). Dabei nähert sich das Denkorgan der Lösung eines Problems eher assoziativ, lässt auch Emotionen und ungewöhnliche Einfälle dazu beitragen und umgeht zensierende Gedanken. Psychologen gliedern dieses „Querdenken“ in drei Teilbereiche:

- Flüssigkeit – die Gabe, in kurzer Zeit eine große Anzahl von Ideen zu erzeugen;
- Flexibilität – die Fähigkeit, vielfältige Ideen zu produzieren, ein Problem also auf möglichst unterschiedliche Weise zu lösen;



Raymond Pettibon, Los Angeles

Wenn sich Kreative wie Raymond Pettibon in ihre Gedankenwelt zurückziehen, schirmen sie sich gegen äußere Reize ab – und vermeiden so übermäßigen Stress. Das hilft ihnen, sich beharrlich einer neuen Idee zu widmen

• Originalität – das Talent, ausgefallene, überraschende Ideen zu entwickeln, auf die kaum ein anderer kommen würde.

Anders als die rationale Intelligenz lassen sich diese Anzeichen des divergenten Denkens bis heute kaum messen. Ideenreichtum und Schaffenskraft kann man nicht mit einem ähnlich strengen Punktesystem bewerten wie die Intelligenz: Es gibt keinen „Kreativitätsquotienten“.

Zwar könnte dies Managern bei der Auswahl kreativer Mitarbeiter helfen oder Lehrer bei der Förderung kreativer Kinder unterstützen. Doch bislang müssen sich Unternehmer und Pädagogen mit Tests begnügen, deren Ergebnisse einen eher vagen Eindruck des kreativen Potenzials geben.

Um zu ermitteln, ob Probanden außergewöhnlich „flüssig“ denken, bitten Forscher sie etwa: „Finden Sie zu dem Wortende -lich so viele Wörter wie möglich.“

Oder: „Nennen Sie Wörter, die so etwas Ähnliches bezeichnen wie ‚gut‘.“ Manche Testpersonen haben Schwierigkeiten, auch nur ein einziges Synonym zu finden, andere nennen mühelos ein ganzes Dutzend.

Die Ideenflexibilität versuchen Forscher zu erfassen, indem sie Versuchspersonen etwa auf

die Frage antworten lassen: „Was kann man alles mit einer Zeitung tun?“ Weniger kreative Menschen werden an das Naheliegende denken: Man kann eine Zeitung lesen, zusammenfalten, in den Papierkorb werfen. Anderen fällt zusätzlich ein: Aus einer Zeitung kann man Wörter ausschneiden und einen anonymen Brief verfassen, man kann mit dem Papier Wände tapezieren, und man kann mit einer Zeitung Millionen Menschen erreichen.

Um Originalität einzuschätzen, fragen Testleiter zum Beispiel: „Was würde sich ändern, wenn plötzlich alle Menschen zwei Daumen an jeder Hand hätten?“ Oder: „Was würden Sie tun, wenn Sie auf die Größe einer Fünf-Cent-Münze schrumpften und in einen Mixer fielen, der in einer Minute eingeschaltet wird?“

Gerade bei solchen Fragen, die kaum etwas mit der menschlichen Erfahrungswelt gemein haben, fühlen sich viele überfordert – spontan fällt ihnen keine Antwort ein. Andere Probanden sprudeln geradezu vor Ideen.

Im „Torrance Test for Creative Thinking“ (TTCT), einem der am weitesten verbreiteten Kreativtests, spielt auch die

Kreative sind vergleichsweise eigenwillig und unbeugsam – sie neigen dazu, Regeln und Gesetze zu übertreten



Paula Rego, London

Der Mensch darf Kreativität nicht wollen – er muss sie zulassen. Das gelingt vor allem jenen Künstlern, die wie die portugiesische Malerin Paula Rego über einen Ort des Schaffens, die erforderliche Zeit und Unabhängigkeit verfügen

visuelle Originalität eine Rolle: Probanden werden etwa gebeten, einfache Zeichnungen wie Haken oder Kurven zu sinnvollen Bildern zu erweitern. Während die einen aus der Vorgabe eher zurückhaltend mit wenigen Strichen ein kleines Tier entwickeln, nehmen andere sie zum Ausgangspunkt einer ganzen Landschaft.

Wer versucht, all diese Aufgaben nur mit logischer Argumentation zu bearbeiten, wird kein überdurchschnittliches Ergebnis erzielen. Denn es gibt keine bestimmte, eindeutig korrekte Lösung: und somit auch keine Begrenzung für die Menge möglicher Antworten.

Getestet wird dabei nicht die Fähigkeit zu tüfteln und zu analysieren, sondern die ungezwungene Imagination. Eine Gabe also, die sich nicht unbedingt im Moment des Tests frei entfaltet – und auch nicht zuvor einüben lässt.

VIELE RATGEBER BEHAUPTEN, wir könnten Kreativität dauerhaft verbessern, indem wir sie etwa mit Knobelspielen oder durch mehr Abwechslung im Alltag trainieren – gerade so, als wäre sie ein Muskel.

Tatsächlich aber bleibt die schöpferische Gabe ein Leben lang stabil. Anders als Sprachkenntnisse etwa vermögen wir unser Ideenpotenzial kaum zu verändern. Doch können wir zumindest dazu beitragen, es besser zu nutzen?

„Aus einem unkreativen Menschen kann man keinen kreativen Menschen machen“, sagt Heinz Schuler, der Psychologe von der Universität Hohenheim. „Allerdings lässt sich eine Umgebung schaffen, in der Menschen ihren Schöpfergeist leichter entfalten können.“

Um zu begreifen, unter welchen Umständen wir besonders leicht auf Ideen kommen, ergründen Wissenschaftler, wie überhaupt fantasievolle Gedanken zustande kommen, wie der kreative Denkprozess funktioniert. Und was in unserem Gehirn geschieht, wenn uns ein Geistesblitz ereilt.

Freilich gelangen nicht alle Menschen auf die gleiche Weise zu einem neuen Einfall, zu verschiedenen sind die jeweiligen Aufgaben und individuellen Stärken. Und doch kennen Forscher inzwischen einige Gemeinsamkeiten.

Es gibt mindestens vier Phasen, die jeder auf dem Weg zur kreativen Idee durchlebt:

- **Entdeckung** – bewusst oder unbewusst setzen wir uns mit einer Frage auseinander; wir entwickeln ein unbefriedigtes Bedürfnis, entfalten einen ungestillten Wunsch. Kurz: Wir entdecken ein Problem, das unsere Neugier weckt. Wer kreativ arbeitet, muss über ein besonderes Gespür für neue Herausforderungen verfügen – denn Visionen sind der Rohstoff der Kreativität, Unzufriedenheit ist ihre treibende Kraft.

- **Reifung** – jenseits unserer bewussten Gedanken beginnt das Gehirn, Informationen zusammenzutragen, Erinnerungen zu verknüpfen und zwischen ihnen – ohne dass wir dies gezielt steuern können – zum Teil unerwartete Verbindungen herzustellen. Sobald wir uns bewusst mit dem Problem auseinandersetzen, vermindert sich diese freie Assoziation: Logisches und lineares Denken setzt ein, das sich vor allem an bekannten und bewährten Gedankenmustern orientiert.

- **Einsicht** – in dieser Phase, auch „Aha-Erlebnis“ oder „Heureka-Moment“ genannt, beginnen wir, eine Lösung des Problems zu erkennen. Mal ist es zunächst nur eine vage Ahnung, mal ein Geistesblitz, mal eine Kette von zeitlich versetzten Erkenntnissen.

- **Ausarbeitung** – häufig ist dieses Stadium, in dem wir den Wert der neuen Einsicht einschätzen und sie umsetzen, besonders mühsam. Emotionen wie Euphorie oder Angst können im raschen Wechsel aufeinanderfolgen, Selbstkritik und Unsicherheit wühlen uns auf. Denn auf dem Weg von der Idee zum fertigen Produkt, von der Geschichte zum Roman, von der Melodie zur Komposition müssen wir ausdauernd an die Idee glauben, wieder und wieder Entscheidungen treffen und gegen Zweifel ankämpfen.

Thomas Alva Edison, der in den USA mehr als 1000 Ideen patentieren ließ, dachte wohl an diese Phase, als er das heute berühmte Bonmot prägte: „Genie besteht aus einem Prozent Inspiration und 99 Prozent Transpiration.“

Diese vier Phasen des kreativen Prozesses wirken auf den ersten Blick geordnet, so, als würde die eine logisch auf der anderen aufbauen. In der Realität aber überschneiden sie sich mitunter oder wiederholen sich mehrfach.

Und doch verbirgt sich wohl der geheime Schlüssel zu kreativem Denken oft in der zweiten der vier Phasen. Mitunter bezeichnen Forscher dieses Stadium, die Reifungsphase, auch als „Inkubation“ – so wie die Menschen im Altertum jenen mystischen Schlaf an einer Kultstätte nannten, der eine höhere Einsicht herbeiführen sollte.

Noch heute erscheint diese Phase besonders rätselhaft, ja geradezu magisch. Der Vorgang ist so komplex, dass er sich biochemischen Analysen bisher fast vollständig entzieht.

Forscher wissen bislang nicht, was genau geschieht, wenn unser Gehirn im Verborgenen einen Einfall heranreifen lässt.

Überzeugend belegt ist nur: Bewusstes Denken stört die unbewussten Quellen zündender Ideen. Wer aus diesen schöpfen will, muss sich, so absurd es zunächst klingen mag, von der eigentlichen Aufgabe lösen.

Vor allem Künstler, ob Poeten, Bildhauer oder Maler, suchen gezielt nach Wegen, um bewusste Grübeleien zu vermeiden. So versuchte der Amerikaner Jackson Pollock um 1950 bei seinem „Action Painting“ – der Produktion scheinbar hingeworfener Bildklekse und Farbgespinnste – seinem Unterbewusstsein so viel Raum wie möglich zu geben. Er tänzelte um seine Leinwand und ließ die Farbe spielerisch mal von einem Stock, mal von einem Pinsel oder gar direkt aus der Dose tropfen.

In diesem tranceähnlichen Zustand schuf Pollock Werke voller Linien, Pfützen, Schlieren und Kleckse, die eine eigenwillige, neuartige Faszination ausstrahlen. Und bis heute als Meisterleistungen kreativer Schaffenskraft gelten.

DAMIT SICH EIN MENSCH ziellos in den geistigen Reifungsprozess fallen lassen kann, muss er freilich über die nötige Zeit und Unabhängigkeit verfügen. Daher raten Kreativitätsforscher: Unternehmer, die ihre Mitarbeiter zu Ideenreichtum beflügeln wollen, müssen dafür Möglichkeiten im Arbeitsalltag schaffen.

Das Suchmaschinen-Unternehmen „Google“ etwa räumt den Entwicklern die Möglichkeit ein, an einem Tag in der Woche eigene Ideen zu verfolgen. Am Institut für Medizinische Psychologie in München hat man alle Türen mit Tafelfarbe bestrichen, damit die Wissenschaftler eine Idee notieren können, sobald sie aufkeimt – egal wie unpassend die Situation ist oder wie überraschend der Zeitpunkt.

Vor über 50 Jahren erdachte der US-Werbefachmann Alex Osborn die in Unternehmen wohl populärste Kreativitätstechnik: das *brainstorming* in Gruppen. Erstaunlicherweise aber ist dieses gemeinsame Gedankenspiel oft nicht so fruchtbar, wie viele denken.

Zwar ist es nützlich, um bestehende Ideen zu verfeinern, weiterzuentwickeln und miteinander zu verknüpfen. Doch belegen Studien, dass Brainstorming für die Ideenfindung selbst eher unfruchtbar ist. Denn in den meisten Gruppen gelingt es nur selten, zwischen den Teilnehmern eine vertrauensvolle Atmosphäre zu schaffen. Aus Angst, sich vor Kollegen oder Vorgesetzten zu blamieren, halten Mitarbeiter häufig ihre originellsten Ideen zurück – und produzieren eher konventionelle, wenig überraschende Gedanken.

In der Erwartung, einfallsreich sein zu müssen, erreichen sie nur selten, was der Management-

Keine Kreativität ohne Intelligenz: Menschen mit höherem IQ haben bessere Chancen, schöpferisch zu sein

Memo: **KREATIVITÄT**

► **Schon mit zwei Jahren** nutzen Kinder ihre Fantasie, um neue Objekte herzustellen. Dabei zeigt sich bereits, wie stark ein Mensch zum schöpferischen Denken neigt.

► **Kreative Menschen** sind häufig sehr empfindsam, feinfühlig und stressanfällig. Die ausgeprägte Sensibilität schafft den Nährboden für neue Ideen.

► **Geniale Einfälle** beruhen zudem auf „divergentem Denken“. Dabei nähert sich das Gehirn der Lösung eines Problems assoziativ, lässt auch Emotionen und ungewöhnliche Einfälle zu.

► **Das Heranreifen** einer neuen Idee ist ein derart komplexer Vorgang, dass er sich biochemischen Analysen nahezu gänzlich entzieht.

► **Kreative Menschen** neigen zu überdurchschnittlich dominantem, selbstsicherem Verhalten und sind doch bisweilen zartbesaitet.

► **Die schöpferische Gabe** bleibt ein Leben lang stabil – und lässt sich kaum trainieren. Wer sie bestmöglich nutzen möchte, sollte sich immer wieder von der eigentlichen Aufgabe lösen und bewusste Grübeleien vermeiden.

berater Otto Scharmer vom Massachusetts Institute of Technology als „presenting“ bezeichnet. Dieses Kunstwort ist aus den englischen Begriffen für Spüren (*sensing*) und Gegenwart (*presence*) zusammengesetzt.

Im Kern versteht Scharmer darunter, was bereits die chinesischen Denker des Taoismus vor zwei Jahrtausenden lehrten: Der Mensch darf Kreativität nicht wollen – er muss sie zulassen.

In der Tat hat die Kreativitätsforschung gezeigt: Konzentrieren wir uns nicht gezielt auf eine Aufgabe, so ist unser Gehirn trotzdem vollauf beschäftigt. Dies entdeckte 2001 der Neurowissenschaftler Marcus Raichle aus St. Louis. Mithilfe von Hirnscannern beobachtete er die Denkkorgane von Probanden, während diese von einer Konzentrationsübung zum Nichtstun übergingen. Sobald die Aufmerksamkeit der

Testpersonen nachließ, zeigte sich ein kurioser Effekt: In einigen Hirnregionen nahm die Aktivität nicht etwa ab, sondern zu.

Raichle bezeichnete diesen Verbund verschiedener Areale als „Default-Network“, als „Leerlauf-Netzwerk“. Weitere Studien haben seither bestätigt, dass es immer dann anspringt, wenn das bewusste Denken erlahmt; wenn wir uns passiv verhalten und nur wenige Reize unsere Aufmerksamkeit erregen. Besonders aktiv sind dann Bereiche unmittelbar hinter der Stirn und oberhalb der Schläfen.

So kommt es, dass das Gehirn in diesem Modus nur rund fünf Prozent weniger Energie verbraucht, als zu Zeiten, da unsere Konzentration voll gefordert ist.

Noch rätseln Forscher, was genau während des Leerlaufs im Gehirn geschieht. Vermutlich macht unser Denkkorgan in diesen Augenblicken, was es auch im Schlaf tut: Es verknüpft neue Informationen im Unbewussten mit Erinnerungen und Emotionen; es sortiert, ordnet, vernetzt. Und ebnet so auf ungemein komplexe Weise den Weg für ungewöhnliche Einfälle.

In jener geheimnisvollen Phase, in der das Gehirn die Ideen heranreifen lässt, verbirgt sich allerdings auch die dunkle Seite der Kreativität: die Ungewissheit, der Zweifel, die Selbstverachtung.

Ob Mozart, Rilke oder Goethe – viele der Persönlichkeiten, deren Leistungen wir als außergewöhnlich kreativ erachten, berichten: Ihr Schaffensdrang ist kein luxuriöses Vergnügen, sondern ein elementarer Trieb, um seelisches Leid zu mindern.

Der Philosoph Arthur Schopenhauer nannte innere Spannungen den „Mutterschoß unsterblicher Werke“, Thomas Mann flüchtete sich ins Schreiben, um die „Hunde im Souterrain“ an die Kette zu legen, William Blake wurde „von Schakalen und Hyänen gefressen“, wenn er nicht dichten und malen konnte. Und Graham Greene fragte sich, „wie alle jene, die nicht schreiben, komponieren oder malen, es fertigbringen, dem Wahnsinn, dem Trübsinn und der panischen Angst zu entfliehen“.

Auch Johann Wolfgang von Goethe beobachtete, dass seine Tatkraft, mit der er seine berühmten Gedichte und Dramen, Romane und Abhandlungen hervorbrachte, häufig von seelischen Schmerzen geweckt wurde.

„Und wenn der Mensch in seiner Qual verstummt“, schrieb er, „gab mir ein Gott zu sagen, was ich leide.“

Ein schöpferischer Gott, der für den Kreativen selbst wohl nicht nur Gutes bewirkt. Denn wenig später offenbarte Goethe in seiner Tragödie „Faust“, wer aus seiner Sicht in Wahrheit den Menschen zur Kreativität verhilft.

„Des Menschen Tätigkeit kann allzu leicht erschaffen, er liebt sich bald die unbedingte Ruh“, ließ Goethe den Allmächtigen sprechen. „Dum geb ich gern ihm den Gesellen zu, der reizt und wirkt und muss als Teufel schaffen.“ □

**Im Leerlauf-
modus verknüpft
unser Gehirn
Informationen mit
Emotionen – und
ebnet den Weg für
neue Einfälle**

Bertram Weiß, 28, ist Wissenschaftsjournalist in Hamburg.

Literaturempfehlung: Heinz Schuler und Yvonne Görlich, „Kreativität“, Hogrefe; verständlich geschriebenes Überblickswerk, das auf die verschiedenen Aspekte der schöpferischen Kraft eingeht. Zudem stellen die Autoren Verfahren zur Bewertung von Kreativität vor und erläutern die besten Möglichkeiten zur Förderung von Kreativität in Unternehmen.

Jetzt im Handel

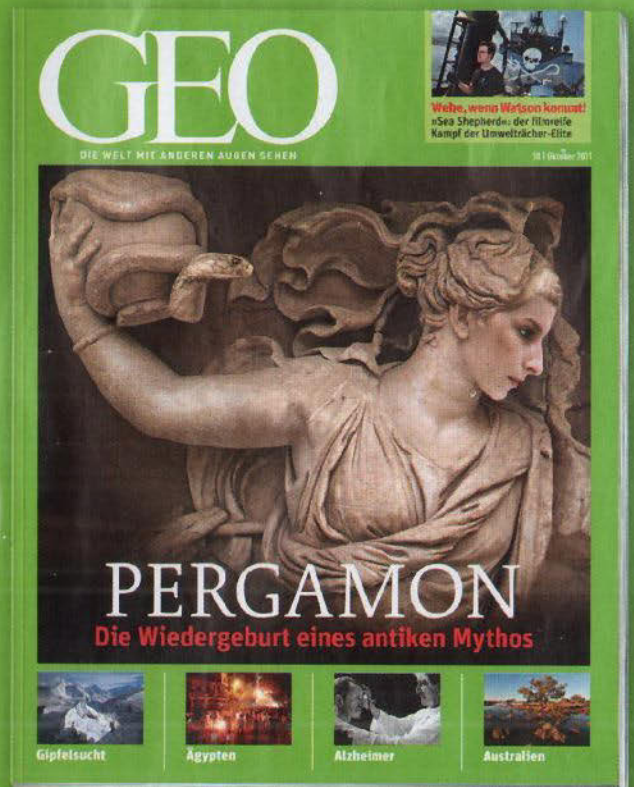


Am Kiosk bitte nicht so drängeln: GEO hat genug **sensationelle Antike** für alle.

Keller & Kuhn

Große Ausstellung in Berlin
30. 9. 2011 – 30. 9. 2012
PERGAMON
PANORAMA DER ANTIKEN METROPOLE
PERGAMONMUSEUM MUSEUMSINSEL BERLIN

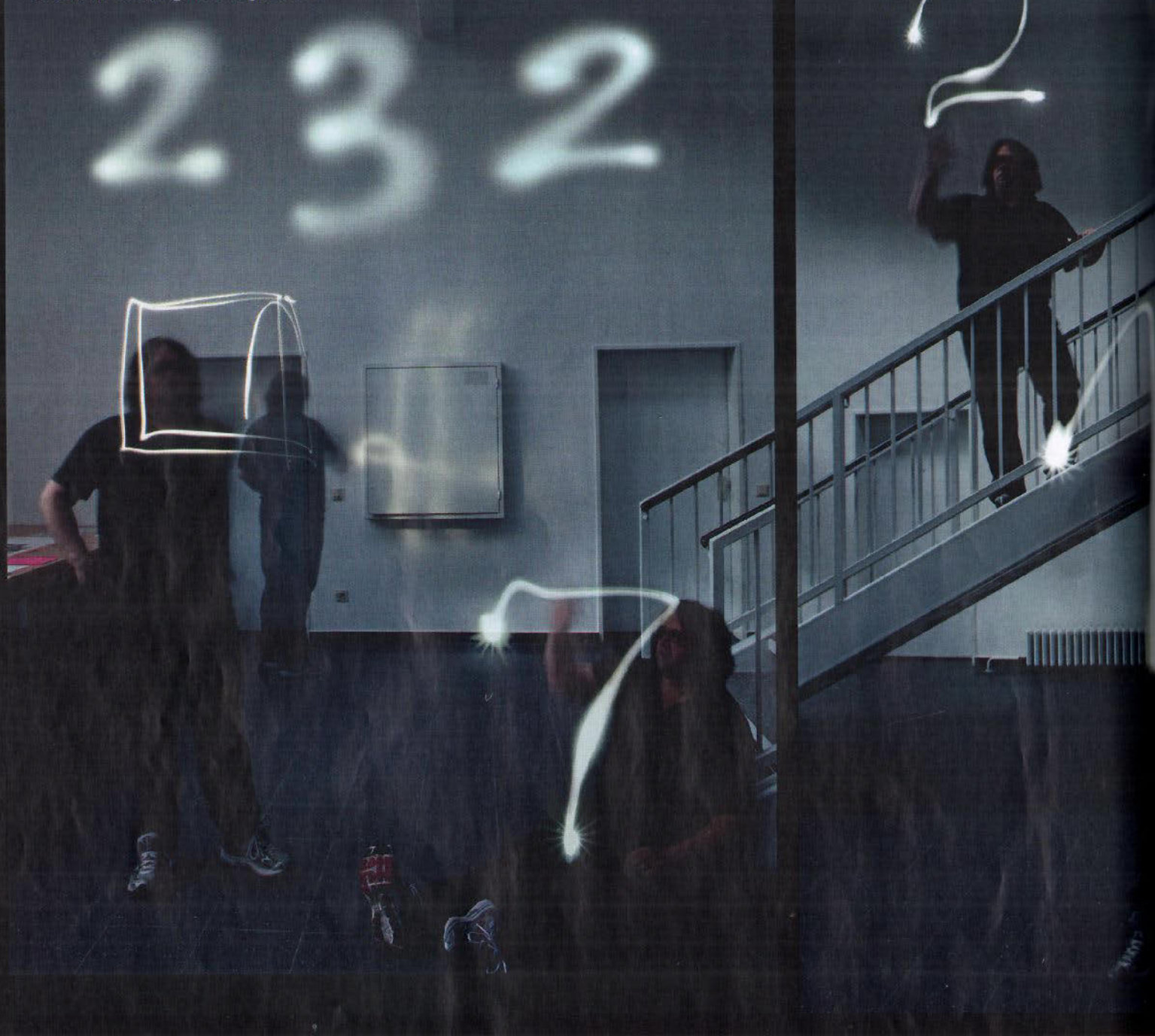
In Kooperation mit:
GEO



www.geo.de

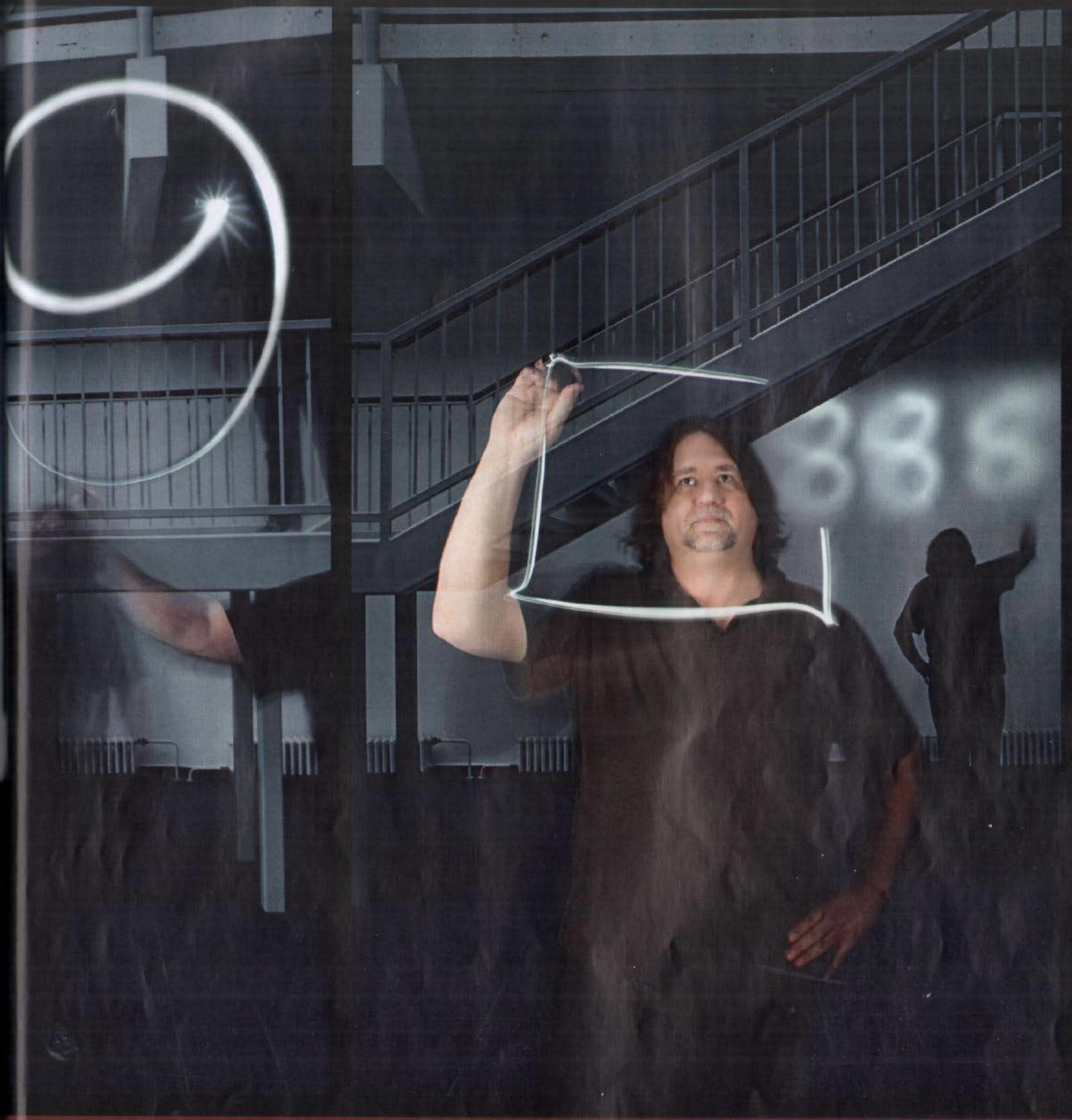
GEO. Die Welt mit anderen Augen sehen

MENSCHEN WIE der Amerikaner George Widener, die Genies sind, aber zugleich ein mentales Handicap haben, werden von Forschern »Savants« genannt. Wissende. Wideners Talent, aus der Welt der Zahlen ungewöhnliche Kunstwerke zu schaffen, hat der Fotograf David Klammer in dieser Mehrfachbelichtung in Szene gesetzt



Savants

Die Inseln der **Begabung**



Er vereint das Unvollendete und das Übervollkommene in einer Person: Der Asperger-Autist George Widener erlebt die Welt als Chaos, das seine Sinne flutet und ihm Angst bereitet. Zugleich weiß er mit Daten virtuos umzugehen, berechnet computerschnell Wochentage, speichert sämtliche Fakten und nutzt seine Talente, um Kunst zu schaffen. Doch worin liegt der Sinn einer Fähigkeit, die auf Behinderung baut?



Text: Malte Henk
Fotos: David Klammer

Ein Datum, sagt George Widener, ist ein Ding mit vier Variablen, sie heißen Tag, Monat, Jahr, Wochentag. Eine wunderschöne Erfahrung, sagt er, die Symmetrie der Zahlenfolgen zu spüren, fast wie eine Droge. Doch wer diese Erfahrung machen will, muss dafür einen Preis zahlen.

Am 24. 6. 2011, einem Freitag, steht der Kalenderexperte George Widener an einer Straßenkreuzung in Manhattan und leidet unter dem Chaos der Gegenwart.

Ihre Zumutungen überfluten seine Sinne an diesem Tag, dem 18033. seines Lebens. New York City ist ein Brodeln aus Menschen und Autos und Häusern, in denen noch mehr Menschen und Autos gestapelt sind. Eine Baustelle drückt Presslufthammerlärm direkt ins Hirn, das bedeutet Qualen auch für jemanden, der nicht so ist wie George Widener. Aus seinem massigen, bärenhaften Körper dringt nichts nach außen. Aber er leidet. Alles hier zu laut, zu schnell, zu viel.

Dann sieht er dieses Nummernschild. ALY-2132. Nur eine Zahlenkombination, Widener weiß das, aber

er springt sofort darauf an. Er schließt die Augen, sein Oberkörper gerät ins Pendeln. Er blickt in sich hinein.

AL könnte für April stehen, Y ist der 25. Buchstabe des Alphabets. 25. 4. 2132 – natürlich, ein Freitag. Er spürt das einfach so. Schnell, noch ein Auto: 94V-B65. Also 9 für September, 4 für den Tag, 65 für 1965, das Datum lautet 4. 9. 1965 – ein Samstag. Ein Freitag, dem ein Samstag folgt, die Welt ist voller Wunder.

George Widener läuft weiter durch die Stadt und sammelt Wochentage. Jeder einzelne schenkt ihm ein Erfolgserlebnis, eine Beruhigung wie bei einer Meditation. In ihm schweben Zahlen und Daten; er setzt dem Chaos der Welt eine innere Struktur entgegen. Ein Truck dröhnt vorbei, Telefon 293-6016. Die 9 für September, die 3 für den Tag: 3. 9. 6016 – ein Samstag.

„Shit, schon wieder ein Samstag“, murmelt Widener, und sein Spiel gewinnt an Ernst. Die Hausnummer der Zeugen Jehovas bringt einen Montag, ein Straßenschild ruft einen Mittwoch hervor. Nur ein Sonntag will sich nicht einstellen. Wo bleibt ein Sonntag?

Man kann so immer weitermachen. Kann das Spielen mit dem Gedankenkalender genießen, bis nur der echt zu sein scheint und die Wirklichkeit eine Traum-



welt. George Widener war schon oft an diesem Punkt. Aber nun steht er vor einem renovierten Lagerhaus aus Backstein. Er hält kurz inne, schüttelt sich dann den Kopf frei und tritt hinein. Man erwartet ihn schon.

Widener hat Glück gehabt. Er hat einen Weg gefunden, seine Begabung zu gebrauchen, ohne der Welt verloren zu gehen.

Als Kind erträgt er seine Spielautos nur, wenn sie in einer bestimmten **REIHENFOLGE** auf dem Zimmerboden parken

Geboren wurde George Widener am 8.2.1962, einem Donnerstag. Wer ihn zum ersten Mal sieht, mit seinen verzottelten Haaren, der Brille, den Jeans und bunten Turnschuhen, denkt an einen Computer-Nerd. Und ahnt nicht, dass in den Gegensätzen das Wesen dieses Mannes liegt. Dieses Experten für Zahlen und Fakten, der für seine Kreativität gefeiert wird. Der mal obdachlos war und nun einen deutschen Sportwagen fährt.

Der etwas Pures, Sanftes, zur Lüge Unbegabtes in sich trägt, den das Redenmüssen martert; der sich aber dennoch einer Welt aussetzt, die ihm Angst bereitet.

Wenn Fremde ihn fragen, wer er denn sei, antwortet er nur: „Ich bin ein high-functioning Kalender-Savant.“ Und schnell, damit das Gespräch nicht ins Unvorhersehbare abgleitet, fragt er sie nach ihrem Geburtstag.

22. Oktober 1976 – „Das war ein Freitag.“

11. Mai 1956 – „Ein Schaltjahr. Der 11. Mai war ein Freitag. Salvador Dalí: 11. Mai 1904.“

Tests haben ergeben, dass er ein Talent besitzt, das unheimlich wirkt in seiner Präzision. Gefragt nach Daten aus den Jahren 1828 bis 1836 und 2017 bis 2024, nannte Widener in 92 Prozent der Fälle den korrekten

DAS GEHIRN VON AUTISTEN wie Widener ist für eine Obsession mit einem abgegrenzten Spezialgebiet geradezu geschaffen: Weil es offenbar direkt hinter der Stirn geschädigt ist, vermag es wichtige von unwichtigen Informationen nur schwer zu unterscheiden und verliert sich in Details

Wochentag. Für die Jahre 2363 bis 8378 lag er zu 96 Prozent richtig. Es zeigte sich, dass George Widener den Gregorianischen wie den Julianischen Kalender so intuitiv beherrscht, als spiele er Musikinstrumente.

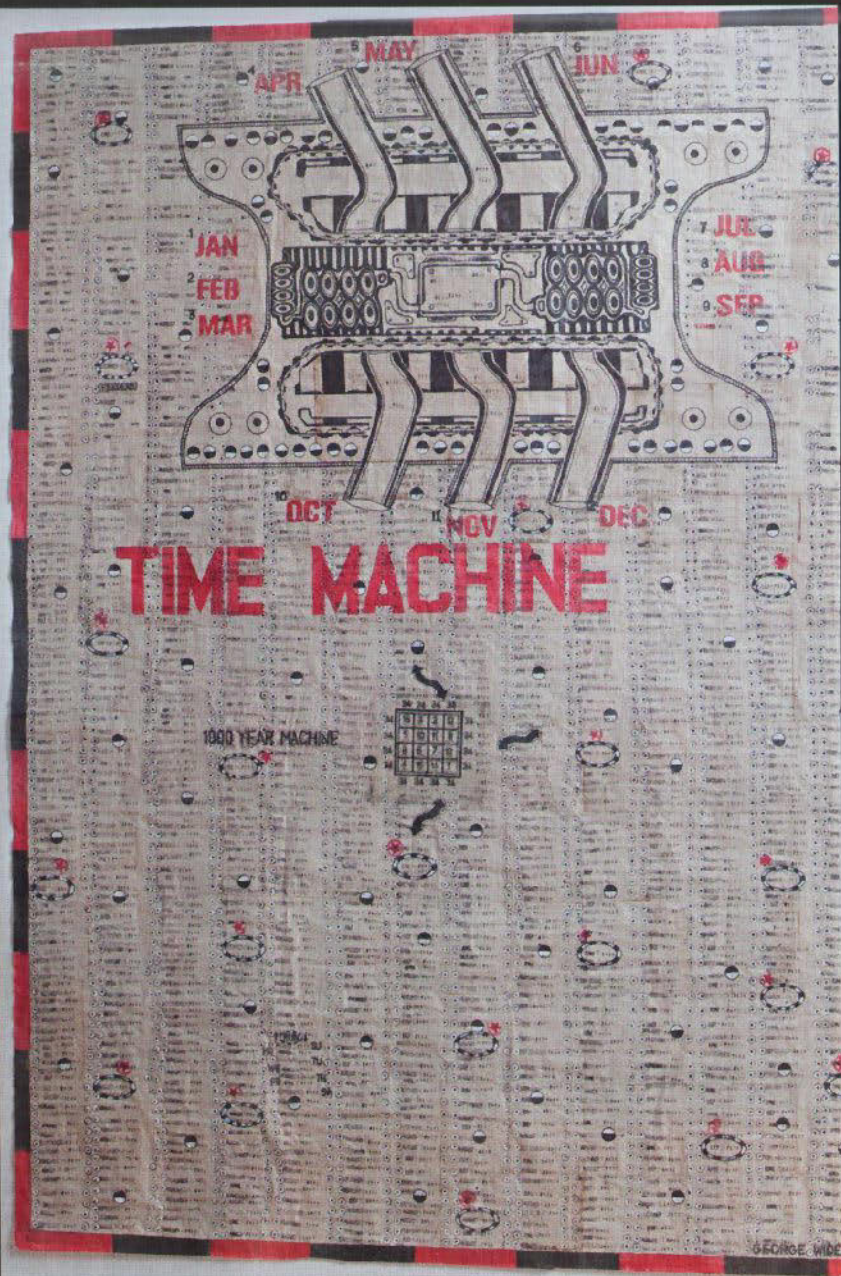
DAS SAVANT-SYNDROM wurde erstmals umfassend beschrieben von Dr. J. Langdon Down, London, 22. 1. 1887. Der Psychiater staunte über Patienten, die, „obwohl im Geiste schwach, spezielle Begabungen aufweisen, welche sie in hohem Maße ausbauen können“.

Beispiele: Einer lernte das Werk „Verfall und Untergang des Römischen Reiches“ auswendig, Wort für Wort, ohne im Geringsten zu begreifen, was da stand.

Ein anderer konnte als Zehnjähriger noch nicht richtig laufen und landete bald darauf im Irrenhaus, Schulbesuch zwecklos. Doch als ihm eine Aufgabe gestellt

wurde („Wenn die Summe aus $x + y = 707\,353\,209$ ist, x und y Ganzzahlen sind und y vierstellig ist, wie lauten dann x und y ?), war seine Antwort, nach 28 Sekunden: 891³ und 5238. Sie war korrekt.

Dr. Langdon Down, der Psychiater, der auch die nach ihm benannte Behinderung zum ersten Mal beschrieb, nannte diese Menschen „idiot savants“, Idiotengelehrte. Deutsche kennen ein schöneres Wort: „Inselbegabung“. Der Savant, umgeben von einem Meer



der Hilflosigkeit, baut sein eigenes Zuhause, ein Robinson Crusoe des Denkens.

George Widener ist Asperger-Autist: ein Mensch mit gewöhnlichem Sprachvermögen und normaler Intelligenz, aber einem inneren Erleben, so sehr vom Gefühl der Fremdheit, Andersartigkeit und Bedrohung durch Unordnung bestimmt, dass es zur Störung des Sozialverhaltens führt. Was andere täglich meistern, ohne darüber nachzudenken, erscheint ihm als kaum zu überwindendes Hindernis. Das geduldige Warten im Supermarkt etwa oder der Besuch einer Party. Weshalb müssen Menschen mit Bierflaschen in der Hand herumstehen und Lärm erzeugen?

Unter zehn Savants finden sich bis zu sieben Autisten, auch solche wie George Widener, deren mentales Handicap relativ schwach ausfällt. Wideners Lieblingswort ist „high-functioning“, seine Quelle des Stolzes.

WIDENER ENTWIRFT Kunstwerke voller Zahlen und Daten historischer Ereignisse; verschlüsselte Botschaften, die – wie der Amerikaner hofft – in ferner Zukunft intelligente Maschinen verstehen werden

Downs Definition aber hat Bestand: Savant = geistige Behinderung + geistige Begabung. Das Unvollendete und das Übervollkommene in einer Person.

Savants sind fast immer auf den gleichen Gebieten hochbegabt: in der Musik (meist Klavierspiel), der Kunst (meist Malen oder Zeichnen), dem computerhaften Rechnen oder Auswendiglernen von Fakten – und dem Kalenderrechnen. Vor allem dieses Jonglieren mit der Zeit ist unter ihnen verbreitet, doch fast keiner ist dabei so virtuos wie George Widener. Er zählt zu den



Ausnahmetalenten. Kaum 100 sind bekannt. Sie sind, aus medizinisch-psychologischer Sicht, Weltwunder.

Andere berühmte Ausnahmetalente sind der Zeichner Stephen Wiltshire, der Pianist Leslie Lemke und Kim Peek, Vorbild für den Hollywoodfilm „Rain Man“. Der Autist Wiltshire kopierte nach einem Rundflug über London die gesamte Skyline der Stadt in ein Panoramabild, vier Meter lang, mit feinsten Details, Dächern, Bäumen, Booten. Er benötigte dafür fünf Tage, drei Bleistifte und elf Schreibfedern. Der Rundflug hatte 15 Minuten gedauert.

Leslie Lemke, blind, Hirnschaden durch Frühgeburt, IQ 58, spielt jede Musik, die er hört, auf dem Klavier nach. Auch parallel, also während er das Stück hört, als wäre er eine Art Simultandolmetscher der Musik.

Kim Peek (1951–2009), geboren fast ohne Verbindung zwischen linker und rechter Hirnhälfte, galt im

Alter von neun Monaten als geistig behindert. Mit 16 Monaten lernte er erste Bücher auswendig. Er verfügte am Ende seines Lebens über Zugriff auf den kompletten Inhalt von mehr als 12 000 Büchern und wurde außerdem als lebendes GPS-System berühmt, weil er sämtliche Karten der USA und Kanadas im Kopf hatte.

Er las und memorierte zwei Buchseiten parallel, eine mit dem linken und eine mit dem rechten Auge.

Ausgehend von solchen Fällen, in denen Talente sich entfalten wie von einer inneren Software gesteuert, sehen Hirnforscher im Savant den Schlüssel zum Verstehen dessen, was wir Kreativität nennen.

SEINEN ERSTEN KALENDER sieht Widener bei der Großmutter im Hausflur, da ist er sechs Jahre alt. Ein Werbegeschenk von Begley's Apotheke: das Foto einer Farmidylle, darunter der Balken mit der Zahlen-



IN DER NATUR fällt es Widener besonders leicht, Ideen für Kunstwerke zu entwickeln. Hier wird sein Hirn nicht von Sinneseindrücken überflutet; stattdessen schöpft er aus sich selbst – klar und frei

reihe. Das Kind empfindet Glück; wie beim Auftauchen eines Zwilling, von dem man gehat hat, dass er existiert. Hier hängt das Fenster in eine Welt, die George seltsam vertraut ist, ohne dass er weiß, wie und warum und seit wann.

Eine Heimat im Denken, die er dringend nötig hat.

Er hat früh Symptome der Flucht gezeigt. Die Welt ist so unaufgeräumt. George erträgt seine Spielzeugautos nur, wenn die in ganz bestimmter Reihenfolge auf dem Zimmerboden parken. Jedes Detail kann schmerzen in seiner Pränanz: die unregelmäßig verwitterte Rinde auf einem Baum; die Nummer 8 auf einer Telefonscheibe, die wie ein Knoten aussieht. Und ein Gespräch zu führen heißt für ihn, exakt nachzusprechen, was der andere sagt.

Der Vater stirbt früh. Die Mutter wird daraufhin zur Säuferin. Sie hat fünf Kinder von fünf Männern. George wächst bei der Großmutter auf. Er steht auf der Straße und zeichnet Autos, überträgt die Wirklichkeit wie ein Fotograf in neue Aggregatzustände, von einer Menge schweigend staunender Zehnjähriger umringt. Die Schule ist eine Qual; wenigstens kann er dort Kalender klauen. Seine Talente nimmt er hin, ihre Herkunft ist ihm unbekannt. Er denkt nicht darüber nach.

Am liebsten möchte er weg, meldet sich zur US Army. Dienstantritt 11.11.1980. Man testet sein Denken und entdeckt eine überragende Begabung.

Er kommt nach Deutschland, zur 26. Aufklärungsgruppe des Tactical Air Command in Zweibrücken. Dort steht eine Spionagemaschine auf dem Rollfeld: die SR-71, der „Blackbird“. Sie fliegt mit Mach 3+ über Feindesland und macht Infrarotaufnahmen. George Widener entnimmt ihr die Filme. Dann vertieft er sich in Fotos von Militärflughäfen und Spionagesendern in der DDR. Er interpretiert Schattenmuster in Schwarz-Weiß. Um 16.30 Uhr geht er jeden Tag in die Kantine. Keine Minute früher oder später.

Ehrenhafte Entlassung am 10.11.1984. Ingenieursstudium in Texas. Abbruch wegen Armut und psychischem Stress. Obdachlosenheim. Gelegenheitsjobs. Neuanfänge. Frustration. Selbstgespräche. Umschmeißen von Mülleimern. Einweisung. Zwangsjacke. Medikation. Beruhigung durch Zeichnen. Entlassung nach sechs Monaten. Rückkehr auf die Straße. Trips nach Europa und zurück.

Diagnosen, die sich abwechseln wie Jahreszeiten: psychotisch, schizoid, antisozial, manisch-depressiv.

Er haust in Asylen und als Hausbesetzer in Amsterdam, verloren in Kalenderspielen, die nur er versteht. Stets hat er seine Notizbücher dabei: blasse Kladden, verstärkt mit Paketband – Bilanzen eines Kaufmanns, der mit Zeit handelt. Jedes Jahr von 1000 bis 10000 trägt darin einen Code, der irgendwie die Eigenart des Jahres verrät; Widener kann das nicht in Worte fassen.

Er sammelt auch historische Fakten. 29.6.1967: Keith Richards wegen Drogenbesitzes abgeurteilt. 29.6.1613: Globe Theatre in London, Shakespeares Wirkungsstätte, abgebrannt.

Man blättert durch Abertausende Seiten mit der engen, nach rechts drängenden Schrift und überlegt,

welche Begabungen in unseren Obdachlosenasylen und psychiatrischen Kliniken wohl noch zu finden sind.

Am Montag, 5. 11. 2000, wird George Widener wegen Geldmangels und Obdachlosigkeit auf Staatskosten von Amsterdam nach Boston geflogen und dort erneut untersucht. Erst jetzt erkennen Ärzte, dass er ein Asperger-Autist ist. Aber das allein ist nicht seine Rettung. Sondern die Idee, die Widener zu dieser Zeit überfällt.

Man müsste die Datenschätze aus seinen Notizbüchern heben, überlegt er sich. Also den Verlauf der Zeit sowie das Denken darüber visualisieren, als neue Darstellungsform. Als neue Kunst.

Er geht ans Werk, ohne daran zu denken, ob irgendjemand damit etwas anfangen kann. Ein Restaurantbesitzer schenkt ihm einen Packen Servietten, die färbt er mit Kaffee und Öl. Er stöbert eine Leinenrolle im Abfall auf. Dies werden seine Materialien sein.

Die Leinwände füllt er mit Zahlen: Daten, Kalendersysteme, Verweise auf historische Ereignisse; angeordnet in Kreisen, Listen oder magischen Quadraten, unterlegt mit Darstellungen von Megastädten, versehen mit Kommentaren. Etwa „Friday“, eine Auflistung Hunderter Freitage, manche verbunden durch Pfeile, die etwa vom „1. Januar 2049“ zum „1. Januar 9402“ führen. Zwei verwandte Freitage, nur die Jahre invertiert – Widener hat das herausgefunden und hält es nun auf Papier fest.

Ein Kunsthändler entdeckt seine Werke, verkauft erste Bilder. Die Anerkennung tut ihm gut, und er beschließt, „sozialer“ zu werden. Er hört auf, wie früher vor dem Einschlafen Bevölkerungsstatistiken zu lesen. Zwingt sich ganz bewusst, dem Löschen einer Festplatte ähnlich, historische Daten und die Einwohnerzahlen aller Städte Amerikas zu vergessen. So schafft er ein wenig Platz für Begegnungen mit echten Menschen.

Mühsam bringt er sich den Umgang mit anderen bei, lernt, was ein spöttisches Lachen bedeutet oder eine

Seine Gemälde scheinen von einem fernen Ort zu stammen. Alles an ihnen wirkt seltsam korrekt, als wären es Baupläne einer in sich geschlossenen Welt mit eigenen Regeln. Man möchte wissen, wie es an jenem Ort aussehen mag – und ob dort etwas zu erfahren ist darüber, wie Gehirne arbeiten; welche Begabungen und Schöpferkräfte in uns Menschen schlummern.

Am Tag darauf fliegt George Widener nach Wisconsin. Im „Kohler Arts Center“ der Stadt Sheboygan wird eine Gruppenausstellung zum Thema „Erinnerung in den Künsten“ eröffnet. 14 seiner Werke hängen dort. Wäre er allein gereist, wäre er wahrscheinlich schon frühmorgens zum Airport gefahren – denn dann herrscht da noch Leere, und man hat seine Ruhe.

Flughäfen sind für ihn begehbbare Apparaturen mit Bildschirmen voller Zahlen. Er hat mal eine Woche lang auf einem gelebt, in London.

Diesmal fährt jemand von der Galerie mit: Elenore, halb Managerin und halb Betreuerin. Sie und andere helfen Widener durch die Welt und zu den Menschen, seit man ihn als Künstler feiert.

Im Flugzeug studiert er einen Artikel über die Erfindung des Telefons. Gelandet in Wisconsin, zieht er sich ins Hotel zurück, während Elenore im Supermarkt ein Herrenhemd sucht. Als Widener dann das Kohler Arts Center betritt, trägt er Karo-Freizeitgarderobe und steuert mit seinem starren Schlurfen, die Arme pendelnd, durch helle Säle gleich auf seine Bilder zu. Die Künstler stellen ihre Arbeiten selbst vor. Einen Moment lang blickt Widener wie ein Fremder auf seine „Totenfeier für die ‚Titanic‘“: Das habe ich geschaffen.

Katastrophen faszinieren ihn – die blinde Herrschaft des Zufalls, die er, als Ordner und Verwalter, in ein System überführen kann. Vor allem die „Titanic“; mit der ging einst sein Urgroßonkel unter, auch der hieß George Widener. Natürlich hat er alle Details im Kopf:

Widener hat einen Weg gefunden, seine **FÄHIGKEITEN** zu gebrauchen, ohne in der Welt verloren zu gehen

hochgezogene Augenbraue; worüber man mit Fremden spricht und worüber eher nicht; wie Small Talk funktioniert. Er lernt sozialen Umgang wie eine Fremdsprache und wird so high-functioning.

Aber das Kalenderrechnen, dies fühlt er, wird ihm immer bleiben.

AUF DEM KUNSTMARKT nehme das Interesse an George gerade zu, sagen Roger Ricco und Frank Marasca, seine Galeristen, die er am 24. 6. 2011 in einem renovierten Lagerhaus in New York trifft und die dort seine Bilder verkaufen – für 40 000 Dollar und mehr.

40 000 Tonnen Leergewicht. 36 000 Äpfel an Bord, 20 000 Flaschen Bier. 650 Tonnen Kohle pro Tag verbraucht. Gesunken am Montag, 15. 4. 1912. Die Welt erfuhr es am Dienstag. Etwa 700 Überlebende.

700 Jahre Trauern, dachte George Widener.

Und entfaltete aus dieser Assoziation ein Werk: Begann, ein Stück Reispapier mit ameisenkleiner Schrift zu füllen: „23. Apr., 30. April, 7. Mai...“, schrieb immer neue Papiere voll, über ein Dutzend insgesamt, und am Ende, als sie sich zu einem Bild zusammenfügten, hatte er sämtliche Dienstage der Jahre 1912 bis 2612 festgehalten: 36 400 Gedenktage auf einer Fläche

von 1,75 mal 1,20 Meter. Zwischen ihnen erhebt sich, ein Gespensterschatten, die Silhouette des Schiffs.

Vor dem düsteren Bild stehend, empfindet man Trauer wie Trost. Dieser Ozean mit seinen Planktonteilchen der Daten und Informationen bringt Lebendiges hervor: Gefühle.

Eine Besucherin tritt heran. Small Talk über Formen, Muster, Materialien. Widener reibt seine Arme und ist halb stolz und halb nervös. Da hängt „Megalopolis 789“, ein buntes, lautes Sammelsurium, dem man entnehmen kann, dass der 7. 6. 1771 auf einen Freitag fiel und der 7. 6. 7117 auf einen Donnerstag fallen wird. Der 8. 6. 1881 auf einen Mittwoch, genau wie der 8. 6. 8118. Der 9. 6. 1991 auf einen Sonntag ... In der oberen Hälfte des Werkes, über den Kalendern und Pfeilen, liegt das Panorama einer symmetrisch angelegten Riesenstadt.

Was das denn eigentlich solle, fragt die Frau höflich.

George Widener spürt die Pflicht zur Aufklärung. „Ich mache Werke für die Zukunft ... Für intelligente Maschinen ... Sie werden meine Kalender betrachten, als eine Art Unterhaltungsprogramm für sie ... Mit diesem Bild möchte ich die Maschinen zum Nachdenken über Architektur ermuntern.“

Die Frau blickt verständnisvoll – und wechselt dann das Thema. Nun ist Widener irritiert. Offenbar weiß die Vernissagebesucherin nicht, dass die Weltgeschichte auf den Zeitpunkt zueilt, an dem die Computer eines Tages erwachen werden. Das jedenfalls ist die These eines Forschers namens Ray Kurzweil. Der blickt, unter anderem von der NASA gefördert, mittels Hochrechnungen in die Zukunft. 2045, sagt Kurzweil, sei es so weit: Dann werde die Intelligenz aller Computer die der Menschen so weit übertreffen, dass sich neue Formen des Bewusstseins bilden können und das Denken der Maschinen die Gesellschaft prägen wird.

Das Jahr 2045 hält George Wideners Denken gefangen. Seine Bilder sind Gesprächsangebote an die

der andere auf ihn warten würde. Dann sagt Darold Treffert, weltweit führender Erforscher des Savant-Syndroms: „Hallo, George. Endlich treffen wir uns. Bisher habe ich ja nur von Ihnen gelesen. Ich habe schon so lange das Gefühl, Sie zu kennen.“

Beide hoffen auf Einsichten. Treffert möchte das Savant-Syndrom verstehen. Widener sich selbst.

MAN KANN KALENDERRECHNEN lernen, ohne ein Savant zu sein. Denn Kalender haben Regeln: Der Gregorianische Kalender wiederholt sich im Prinzip alle 28 Jahre. In bestimmten Monaten, etwa im Juli und April, fallen Daten stets auf den gleichen Wochentag, und von einem Jahr zum nächsten „springen“ die Wochentage um jeweils einen Tag voran. Hinzu kommen Extraregeln für Schaltjahre. Wer also einige feste „Ankerdaten“ auswendig lernt, kann von ihnen mittels dieser Regeln nach vorn oder zurückkalkulieren; wie ein mühsames, langsames Stammeln.

Widener aber arbeitet flüssiger, extrem viel schneller und genauer. Er rechnet nicht, er „sieht“ sofort die Lösung, als stehe sie irgendwo auf einem Schild geschrieben. Sein Kalenderdenken muss grundlegend anders funktionieren.

Er geht mit Darold Treffert in den Museumsgarten. Ahornbäume, Kaffee, Ruhe. Fragt den Forscher: „Dr. Treffert ... also ... ich wollte Sie fragen: diese Theorie, das jedes Genie ein Savant ist ... was halten Sie davon?“

„Ich zweifle daran, George. Ich kenne diese Mode, in großen Männern den Autisten zu sehen oder eben den Savant. Aber so etwas wie ‚Genie‘ kann auch allein für sich existieren. Völlig frei von den Behinderungen, die Savants ertragen müssen.“

Beide Männer stellen Fragen und suchen Antworten. Sie umkreisen ein großes, dunkles Geheimnis: Weshalb fehlt dem Savant ein Teil dessen, was Menschsein bedeutet, wo er doch einige der wundersamsten Kulturleistungen erbringt, zu denen Menschen fähig sind?

Können wir alle zu **KALENDEREXPERTEN**, Superrechnern, Musikgenies oder Schnellzeichnern werden?

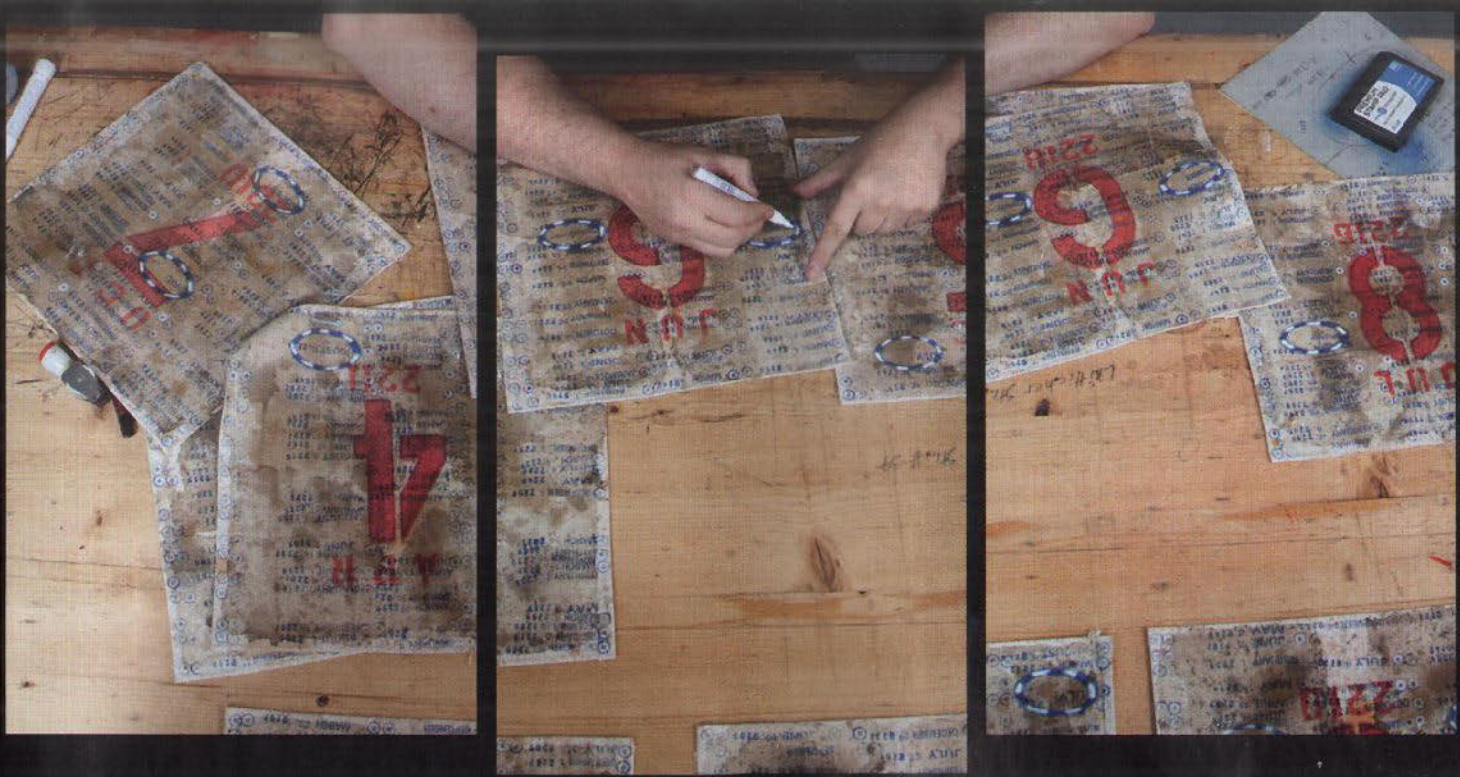
Maschinen der kommenden Tage. Manche Kalendermuster darin, sagt er, gründeten auf Algorithmen, so komplex, dass kein Mensch sie erfassen könne. Er lässt Leerstellen in seinen Bildern, damit die Maschinen der-einst ein wenig rätseln werden, und er mischt Fehler ein, einen Mittwoch statt eines Dienstags im November 4421, damit es für sie auch etwas zu lachen gibt.

Später an diesem Abend trifft George auf einen gütig lächelnden Mann von fast 80 Jahren. Die beiden blicken kurz und fast scheu aufeinander. Jeder hat gewusst, dass

Widener hält die Augen geschlossen. Die Hemmung raubt ihm den Mut, sie zu öffnen. Die Hände kämpfen gegen unsichtbare Gegner. Er spricht aus verstockter, autistischer Tiefe heraus.

DAS SAVANT-SYNDROM und der Autismus sind verwandt – jene Entwicklungsstörung, die zum Umbau der Hirnstruktur führt.

Unser Denkorgan ähnelt der Zentrale eines Großkonzerns in einem Hochhaus. Hier gibt es, verteilt über



IN ÖL UND KAFFEE getränkte Servietten füllt Widener mit Zahlen und Daten: um sie schließlich zu magischen Quadraten zusammenzufügen. So versucht er, den Verlauf der Zeit zu visualisieren

die Etagen, viele Abteilungen; unzählige Informationen fließen aus der Außenwelt in das Hochhaus und dort zwischen den Abteilungen umher, aber der Konzern bleibt handlungsfähig. Schließlich liegt oben die Cheftage. Dort wird Wichtiges von Unwichtigem getrennt, gefiltert und aussortiert, verwandeln sich die Datenmassen in abstrakte Pläne, Strategien und Prioritäten.

Im Gehirn übernimmt der Frontallappen (siehe Seite 30) nahe der Stirn diese wichtige Filterfunktion. Und genau hier ist das Hirn des Autisten offenbar geschädigt (wodurch genau, bleibt rätselhaft; da es aber unter Autisten wie Savants eine zahlenmäßige Dominanz der Männer gibt, kommt das Hormon Testosteron infrage). Deshalb wohl weiß so jemand nicht umzugehen mit all den Sinnesdaten, die auf ihn einprasseln, und kapituliert vor dieser Überforderung, wie vor einem Actionfilm, der rasend schnell und viel zu laut abläuft.

Dabei mangelt es dem Autisten nicht an Nervenzellen. Im Gegenteil: Er kommt zwar mit einem besonders kleinen Hirn zur Welt, aber im Alter von einem Jahr beginnt es zu wachsen, wird immer größer, viel größer als normal, weil Nervenzellen wahllos sprießen wie in einem Urwald. Nur verknüpfen diese Zellen sich offenbar lediglich „lokal“, innerhalb einzelner Hirnregionen, und bilden keine Verbindungswege zum Frontallappen. Es ist, als würden die Abteilungen des Großkonzerns wahllos Datenwust produzieren, ohne

zu wissen, was um sie herum geschieht, ohne Kontrolle oder Filter.

Folge: Das Hirn des Autisten ist wie geschaffen für die Obsession mit einem abgegrenzten Spezialgebiet, in dem Daten gesammelt und verarbeitet werden, über die der Autist Kontrolle erlangen kann.

Ihm ist alles konkret, buchstäblich. Er sieht große Tiere als Hunde und kleine als Katzen und ist überfordert, wenn er einen kleinen Hund trifft. Abstraktion fällt ihm schwer; Begriffe wie „Kapitalismus“ oder „Moral“ ergeben für ihn keinen Sinn. Sein Gedächtnis klebt gleichsam an den Fakten, wie eine Internet-Suchmaschine.

So wird der Autist zum Kenner der kleinen Dinge: zum Beispiel eines Wasserhahns und dessen Tropfen, die er stundenlang beobachten kann. Leidend unter dem Chaos der Welt, unfähig zur Kontaktaufnahme, verschafft ihm sein Expertentum Befriedigung, er wird besser und besser, weil ihm Strategien, die zum Erfolg führen, mehr oder weniger natürlich zufallen: Besessenheit von Details; das Suchen nach Regeln und Strukturen; selbstvergessene Hingabe.

Der Schritt zum Savant ist nun kurz. Er hat mit der Fähigkeit des Hirns zu tun, beim Ausfall eines Areals ein anderes als Ersatz zu rekrutieren. Forscher streiten noch darüber, aber offenbar geht es darum, wie das Gehirn auf die Schäden im Frontallappen reagiert – welche Areale neu belegt werden, wie und wofür.

Widener, dies zeigen Aufnahmen seines Gehirns, nutzt beim Kalenderrechnen nur wenig jene beschädigte Region, in der sich die Denkprozesse im Tageslicht des Bewusstseins abspielen. Sondern eher Areale weiter hinten, die mehr für Sinneseindrücke und Motorik zuständig sind – für halb bewusstes Gewohnheitstun, etwa das Autofahren.

Und tatsächlich: So wie ein geübter Fahrer eine Straße, so fühlt und „sieht“ er Tage und Jahre.

Hirnbilder des in seine Kalenderspiele versunkenen Widener ähneln im Farbmuster verblüffend Aufnahmen, die entstehen, wenn er spricht. Die Neurowissenschaftlerin Joy Hirsch von der Columbia University erklärt: „Sein Gehirn verfügt über spezielle Verdrahtungen zum Kommunizieren. Und Kalenderrechnen ist ja nichts anderes, als sich etwas Abstraktes symbolhaft vorzustellen. Eine zutiefst linguistische Tätigkeit.“

Anders gesagt: Aus Wideners Kalenderkunst spricht ihr Schöpfer. Mit ihr teilt er sich mit. Ein Gestrandeter auf einer unsagbar einsamen Insel, der Rauch aufsteigen lässt, um zu rufen: Hier bin ich.

DAROLD TREFFERT ist fast so etwas wie ein Klassenlehrer der knapp 100 besonders begabten Savants. Er kennt die meisten dieser Ausnahmetalente; oft schon seit Jahrzehnten. Als er sich im Museum von George verabschiedet, ist Treffert halb enttäuscht und sieht sich doch bestätigt. Er hatte gehofft, Widener könnte ihm erklären, was – und ob – er denkt, wenn er etwa innerhalb von Sekunden aufruft, wann in den nächsten 100 Jahren Ostern auf den 23. 3. fallen wird.

Aber George erzählt nicht vom Glück des Lernens, Verstehens, Besserwerdens, Kalkulierens. Er nimmt es hin, dass sein Kalenderwissen einfach da ist, schon immer; wundert sich darüber so wenig wie über die Existenz seiner Arme. Treffert macht diese Beobachtung ständig, gerade bei den besonders Begabten.

Ein Ausnahmetalent wie Widener stellt die höchste Steigerung des Savant-Syndroms dar, in ihm findet es zur Vollendung; hier zeigt der Mensch seine womöglich spektakulärsten kognitiven Leistungen. Dafür kommt Widener einiges zugute: die Hirnstruktur des Autisten mit vielen „lokalen“ Netzen; Einsamkeit als Antrieb für die Obsession mit einem Spezialgebiet; das Ausweichen auf tief im Hirn vergrabene Schaltkreise für halbbewusstes Gewohnheitstun.

Reicht das als Erklärung? Nein, sagt Darold Treffert. Er hat zu viel gesehen und gelesen. Etwa über jenen Patienten, der als „hilfloser Idiot“ klassifiziert wurde, IQ: 8, dem es aber gelang, den korrekten Wochentag für alle Daten zwischen 1915 und 1945 zu nennen. Oder über Orlando Serrell, einen zehnjährigen Jungen, den

1979 beim Spielen ein Baseball links am Kopf traf, nahe der Stirn, und der durch diesen Unfall zu einem geübten Kalenderrechner wurde, der sich seither für jeden Tag seines Lebens an das damals herrschende Wetter und weitere Ereignisse erinnert.

Bedeutet all dies möglicherweise, dass sehr viele Menschen derartige Talente in sich tragen? Dass also auch sie theoretisch Schnellzeichner, Superrechner, Musikgenies oder Kalenderexperten sind?

Könnte es sein, dass es sich bei all diesen Fähigkeiten um uraltes (und genetisch weitertransportiertes) Wissen der Menschheit handelt – beim Kalenderrechnen etwa um die Vertrautheit mit dem Rhythmus der Tage und Nächte, Monate und Jahre? Dass dieses Wissen in vielen Hirnen schlummert, wie eine Software, vor der Geburt installiert? Und dass es, um sie zu starten, einen Auslöser braucht: eine Störung jener Areale – durch einen Ballwurf, durch Autismus oder andere Hirnschäden –, mit deren Hilfe wir abstrakt denken, Konzepte bilden und in Worte fassen? Könnte es also sein, dass bei einem Ausfall des Frontallappens andere, tiefer vergra-

bene Schaltkreise aktiviert werden, die eher nonverbal arbeiten, visuell-musikalisch, weniger bewusst, sozusagen „automatisch“? Und genau dort Savant-Talente freilegen?

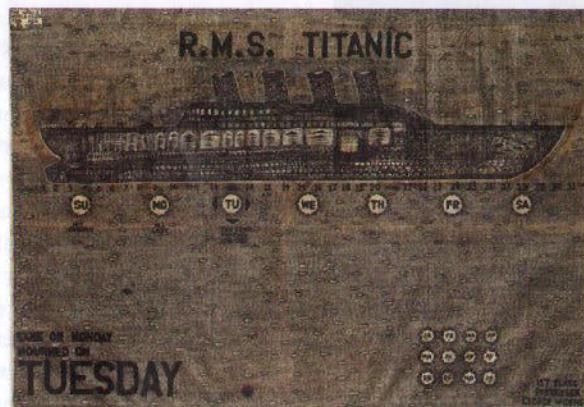
Das Wunder dieses Syndroms läge dann darin, wie in einem Schaufenster vorzuführen, wozu unser Hirn fähig ist, wenn man es entsprechend „anschaltet“. In der Tat glauben einige Forscher, dass man auch gesunde Menschen zu Savant-ähnlichen Leistungen führen könnte.

Man müsste dazu nur ihre Gehirne an den richtigen Stellen ausschalten, etwa mit Magnetfeldern.

Worin aber liegt nun der Sinn einer Begabung, die auf Behinderung baut? Stellt sie eine Art Ausweichsystem dar? Wäre ein gesunder Mensch denkbar, vertraut mit Kalendern wie George Widener?

Am Ende bleiben Fragen und Rätsel. Fest steht: Der Savant lehrt uns beides, unsere eigene Unzulänglichkeit wie unsere verborgenen Potenziale.

LANGE GALTEN SAVANTS als reine Nachahmer. Man nannte sie „menschliche Kamera“ oder „menschliches Aufnahmegerät“, weil ihren Leistungen etwas Mechanisches anzuhaften schien. Heute aber wissen Forscher, dass der Savant nicht einfach abzeichnet oder nachspielt, was er sieht oder hört. Er formt sein Material



DIE »TITANIC« sank an einem Montag, die Welt erfuhr es am Tag darauf. In dem Bild »Totenfeier für die Titanic« schrieb Widener alle 36400 Diensttage zwischen 1912 und 2612 nieder

Vertrieb: DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH, Dr. Olaf Conrad, Düsternstr. 1, 20355 Hamburg, AG Hamburg, HRB 95 752.

Lesen oder verschenken Sie jetzt ein Jahr GEOkompakt bequem frei Haus – Sie sparen dabei 9 % und erhalten eines von drei tollen Geschenken.



Gratis
zur Wahl!

Neu!



- bestehend aus einem Koch-, Gemüse- und Sushimesser im japanischen Stil
- Klingen aus Qualitäts-Edelstahl, Griffe aus Holz
- in dekorativer Geschenkbox

Online mit noch mehr Angeboten:
www.geokompakt.de/abo



vielmehr um. Er ist kreativ, ein wahrer Künstler – George Widener ist dafür das beste Beispiel.

Die Berge North Carolinas hat er vor Jahren erstmals aus dem Überlandbus gesehen. Er wollte nur eine Nacht bleiben und schlief im Männerheim. Aber die Gegend brachte in ihm etwas zum Klingen: die Hügel der Appalachen im Osten der USA, die sich in erhabener Abfolge um unaufgeregte Städte ziehen, eine eintönige Idylle mit Platz genug für Sonderlinge. Widener traf Sozialarbeiter, die ihm gern Hilfe leisteten. Bald zog er in eine erste Wohnung.

Inzwischen hat er bei einem freundlichen Paar das Obergeschoss gemietet. Zwei kleine Zimmer mit Bad; der Arbeitstisch steht im Flur. Hier isst er, denkt, zeichnet zwischen lauter Krimskrams. In der Einfahrt sitzen Hühner.

Er weiß, was ihm guttut. Er sollte nicht allein wohnen. Und er freut sich über den neuen Roadster, seinen einzigen Luxus.

Am Donnerstag, 30.6.2011, steht er um 4.15 Uhr auf, dann ist die Welt noch leer und einschätzbar. Er setzt sich ins Auto, errichtet um 7.00 Uhr in einem Waldstück unterhalb eines Berggipfels sein Zelt. Er greift an einen Hickorybaum und fühlt sich, als kehre er heim.

Er war schon oft hier, einmal für sechs Monate. Er wanderte, trug nur Plastikplane, Schlafsack und Notizbücher, holte sich Essensreste aus Wanderhütten; alle 100 Kilometer eine Mahlzeit. Er redete mit keinem Menschen, war fit und fast schon ausgewildert, und irgendwann strichen die Schwarzbären um ihn herum. Die mögen es nicht, wenn man ihnen in die Augen schaut. Er kam damit gut klar.

Hier oben ist er Experte. Doch das Klettern strengt seinen untrainierten, etwas übergewichtigen Körper an, er schwitzt, atmet schwer. Abends baut er aus Stöckchen und Laub ein Feuer. Er liegt daneben und starrt ins Schwarze. In solchen Momenten des Rückzugs auf sich selbst erblickt er manchmal ganze Seiten aus Büchern, die er früher gelesen hat, oder das Muster künftiger Bilder. Manchmal kommt seine Lieblingszahl zu ihm, 1 048 576, auch bekannt als 2²⁰.

In der Natur findet er am leichtesten Kalenderdaten und formt aus ihnen Ideen für Kunstwerke. Denn George erkennt in der Natur einen Verwandten des Kalenders: ein logisches, geschlossenes System. Einen Kosmos, der alles in sich trägt, was geschehen ist und noch geschehen wird.

Sucht man ein Bild dafür, wie es in George Widener wohl aussehen mag, sollte man vielleicht an einen Bergwald in der Dämmerung denken, ohne Menschen, kurz vor dem Auftauchen der Bären – dieser Landschaft entspringt seine Kreativität.

Nachts streicht irgendetwas um das Zelt.

Die Sonne geht auf. Es ist Freitag, 1.7.2011, und

George sitzt am Gipfel auf einer Wiese. Ringsum grüne Hügel. „Stell dir vor ... Schon die Ureinwohner haben diesen Anblick gehabt ... Hunderte Jahre, wie weggewischt durch eine Zeitreise.“

Er benötigt nun ein wenig Einsamkeit, sagt er, und geht fort, bergab. Zwischen Goldruten, Hummeln und Schmetterlingen wird seine Gestalt immer kleiner.

Er hat nachgedacht. Er wird die Meinung von Kunstfreunden auf Vernissagen künftig nicht mehr ernst nehmen. Er wird um Aufnahme in jene Forschungsgemeinde bitten, die an der Bewusstwerdung der Computer arbeitet. Vor allem aber

will er seine Fitness steigern. Er will wieder öfter in der Natur sein, gesünder essen und Nahrungsergänzungsmittel schlucken. Wenn die Maschinen die Gesellschaft übernehmen werden, im Jahr 2045, wird er 83 Jahre alt sein. Er möchte diesen Moment erleben. Denn die Maschinen werden begreifen, ihn und seine Werke. □

Memo: **SAVANT-SYNDROM**

► **Menschen mit „Inselbegabung“** können einzigartig rechnen, zeichnen, musizieren. Ihre Fähigkeiten sind jedoch zumeist mit einem mentalen Handicap verbunden.

► **Autismus und Savant-Syndrom** sind verwandt: Jeder zehnte Autist verfügt zumindest ansatzweise über die Fähigkeiten eines Savants; der Autismus scheint das Entstehen jener Gaben zu befördern.

► **Die Entwicklungsstörung Autismus** führt zum Umbau der Hirnstruktur. Dadurch fehlt Betroffenen eine Art Filter im Gehirn, der Informationen aus der Außenwelt bewertet und nur an bestimmte Hirnareale weiterleitet.

► **Noch streiten Forscher**, wann ein Autist zum Savant wird. Offenbar setzen Inselbegabte vermehrt Hirngebiete ein, die für halb bewusste Tätigkeiten zuständig sind. So kommt es, dass sie ihre Gaben ohne jede Mühe entfalten.

► **Manche Menschen**, deren Hirn durch einen Unfall geschädigt wird, entwickeln Savant-ähnliche Fähigkeiten. Einige Forscher gehen daher davon aus, dass alle Menschen solche Talente in sich tragen.

GEO-Redakteur **Malte Henk**, 34, war bei seiner Recherche in den USA davon beeindruckt, dass ihm George Widener trotz seiner Menschenscheu so bereitwillig Einblick in sein Leben und seine künstlerische Arbeit gewährte. Um sich der zerrissenen Persönlichkeit George Wideners zu nähern, hat der Kölner Fotograf **David Klammer** seine Porträts aus mehreren Einzelaufnahmen zusammengesetzt und zu Tryptichen komponiert. Werke von George Widener sind bis zum 5. November 2011 in der Galerie Susanne Zander in Köln zu sehen sowie auf der Internetseite www.geokompakt.de. In den USA wird der Künstler von der „Ricco/Maresca Gallery“, New York, vertreten.

Literaturempfehlungen: Darold Treffert, „Islands of Genius“, Verlag Jessica Kingsley; gut lesbares Standardwerk zum Savant-Syndrom. Daniel Tammet, „Elf ist freundlich und Fünf ist laut“, Heyne; berührender Erfahrungsbericht eines genialen Autisten.

Vom Fachberater zum Redakteur

Die Verschmelzung von Wissenschaft und schöner Sprache

Im Sommer 2005 war der Biologe Rainer Harf in Südafrika unterwegs, um für ein Forschungsprojekt Nagetiere zu untersuchen. Da erreichte ihn der Anruf seines Professors aus Hamburg: Die GEOkompakt-Redaktion suche einen Fachberater für ein Heft zum Thema Natur. Zwar hatte Harf nie darüber nachgedacht, Journalist zu werden. Doch die Aussicht, an einem Magazin mitzuwirken, faszinierte ihn. Er sagte zu, unterstützte die Produktion des Heftes mit seinem Rat – und begann, selbst zu schreiben.

Es blieb nicht bei dieser Ausgabe. Harf half bald nicht nur mit seiner fachlichen Kompetenz, sondern entwarf auch Grafiken und fand immer mehr Gefallen am Schreiben: „Ich entdeckte, dass es mir mehr Spaß macht, wissenschaftliche Erkenntnisse einem breiten Publikum verständlich zu machen, als sie mit ein paar Fachkollegen zu diskutieren.“



Rainer Harf, 35, arbeitet seit 2008 als Textredakteur bei GEOkompakt

Schon nach der Schule hatte Harf erwogen, eine Ausbildung zum Grafiker zu machen oder eine Sprache zu studieren, entschied sich dann jedoch für Biologie. Bei GEOkompakt konnte er nun grafische, sprachliche und naturwissenschaftliche Interessen vereinen. Die Herausforderung hier sei es, so der heute 35-jährige, komplexe Inhalte in eine schöne Sprache zu übersetzen sowie Text, Bilder und Grafik zu einem Gesamtkunstwerk zu verschmelzen.

Seit 2008 ist Harf festes Mitglied im Team von GEOkompakt. Ein Job, bei dem man ständig dazulernt: „Mit jedem Heft absolviere ich einen Intensivkurs auf einem neuen Wissensgebiet.“ Bei der Arbeit an dieser Ausgabe ist dem Redakteur vor allem eines bewusst geworden: Zu jedem Schaffensprozess gehört eine Phase, in der sich der Geist von der eigentlichen Aufgabe löst.

BILDNACHWEIS/COPYRIGHT-VERMERKE

Anordnung im Layout: l. = links, r. = rechts, o. = oben, m. = Mitte, u. = unten

Titel: Tim Wehrmann f. GEOkompakt

Editorial: Katrin Trautner f. GEOkompakt: 3 o.; Philipp-Sebastian Kühn 3 u.

Inhalt: siehe entsprechende Seiten

Wie unser Geist die Welt bewegt: Raphael Demaret/REA/laif: 6/7; Luciano Candiani/Minden Pictures/Picture Press: 8/9; Henry Schleichhorn/CMSP/OKAPIA: 9 o.; Robert F. Sisson/National Geographic Stock: 9 u.; Gareth Copley/ANP/dpa: 10 o.; Donald Miralle/Getty Images: 10 u.; Ben Franke: 10/11; Andreas Reeg/Agentur Focus: 12/13; Lynceé tec: 14 u.; BBP/EPFL: 14/15; Béla Nastay: 16 o.; Science Faction/Getty Images: 16 u.; Bence Máté: 16/17; Smirnov Vladimir/MAR-TASS/dpa: 18 o.; Bill Wingell/WPN/Agentur Focus: 18 u.; Erika Larsen/Redux/laif: 18/19

Was ist Intelligenz?: Al Barry/Three Lions/Getty Images: 20/21; Science Museum/ullstein bild - NMSI: 22, 25 + 26; akq-images: 23; Time & Life Pictures/Getty Images: 24; Bettmann/Corbis: 26/27; Harry Todd/Fox Photos/Getty Images: 28

Die Anatomie des Scharfsinns: Tim Wehrmann f. GEOkompakt: 30-45

Die Geburt der Gedanken: Olivier Coulangue/Agence VU/laif: 46-56

Wie das Leben uns prägt: Roger Harris/SPL/Agentur Focus: 58; Cary Wolinsky/Aurora Creative/Getty Images: 59 o.; DKImages: 59 u.

Fördert eine rigide Erziehung den Intellekt, Herr Professor Roth?: Achim Mulhaupt f. GEOkompakt: 60/61; Bertrand Meunier/Tendance Floue/Agentur Focus: 63; Gilles Coulon/Tendance Floue/Agentur Focus: 64; Thierry Ardouin/Tendance Floue/Agentur Focus: 67

Der vermessene Verstand: Science Museum/SSPL/Interfoto: 74/75; MP/Leemage/imagoe.de: 76; akq-images: 77 + 79 I.; Agentur Focus/SPL: 78; The Bridgeman Art Library: 79 r.; bpk: 80; Sheila Terry/SPL/Agentur Focus: 81

Was sie wohl denken?: Andrew Zuckerman, aus: „Bird“ (Chronicle Books): 84-93 + 96-97; Eric Tscherné f. GEOkompakt: 94/95; Vincent J. Musi/Aurora/laif: 98

Von der Klugheit der Gefühle: Flore-Aël Surun/Tendance Floue/Agentur Focus: 100-102

Der Geist aus Silizium: Heiner Müller-Elsner f. GEOkompakt: 106-113; DFKI: 108

Warum Sport schlau macht: Christopher Furlong/Reportage by Getty Images: 116 I.; Shen Hong/Xinhua Press/Corbis: 116 r.; Colin Chumbley/SPL/Agentur Focus: 117 o.

Das Atelier im Kopf: Reto Guntli: 118-120 + 126; Ian Berry/Magnum Photos/Agentur Focus: 121; Norbert Artnier, VG Bildkunst, Bonn 2011: 122; Dieter Roth Estate, Courtesy Hauser & Wirth Collection Switzerland: 124; Elife Semotan: 125

Die Inseln der Begabung: David Klammer f. GEOkompakt: 130-139; Courtesy Ricco/Maresca Gallery, NY: 140

Porträts: Philipp-Sebastian Kühn: 143

Weshalb der Mensch die Kunst erfand: Corbis: 144/145; Javier Trueba/MSF/SPL/Agentur Focus: 146 o.; Marc Steinmetz/VISUM: 146 u.; Sisse Brimberg/National Geographic Stock: 147 + 150; H. Jensen/Rex Features/Action Press: 148 I.; Kenneth Garrett: 148 r.; Block Ira/National Geographic Stock: 149 I.; Jean-Gilles Berizzi/bpk/RMN: 149 m.; Gianni Dagli Orti/National Anthropological Museum/The Art Archive: 149 r.

Vorschau: Victor de Schwanberg/SPL/Agentur Focus: 154/155

Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Fotos übernehmen Verlag und Redaktion keine Haftung.
© GEO 2011, Verlag Gruner + Jahr, Hamburg, für sämtliche Beiträge

GEOkompakt

Gruner + Jahr AG & Co KG, Druck- und Verlagshaus, Am Baumwall 11, 20459 Hamburg, Postanschrift der Redaktion: Brieffach 24, 20444 Hamburg, Telefon 040/37 03-0, Telefax 040/37 03 56 47, Telex 21 95 20. Internet: www.GEOkompakt.de

CHEFREDAKTEUR

Michael Schaper

KONZEPT DIESER AUSGABE

Rainer Harf

ART DIRECTOR

Torsten Laaker

TEXTREDAKTION

Jörn Auf dem Kamp, Dr. Henning Engeln

BILDREDAKTION

Lars Lindemann

Freie Mitarbeit: Katrin Kaldenberg, Katrin Trautner

VERIFIKATION

Susanne Gilges, Bettina Süssemilch

Freie Mitarbeit: Dr. Eva Danulat, Regina Franke, Tobias Hamelmann, Kirsten Mülhahn, Alice Passfeld

LAYOUT

Freie Mitarbeit: Eva Mitschke

TEXTE

Malte Henk

Freie Mitarbeit: Ernst Artur Albaum, Friederike Bührdel, Prof. Dr. Nicholas J. Conard, Ute Eberle, Prof. Dr. Frank Kirchner, Dirk Liesemer, Jan Ludwig, Dr. Jochen Müller, Martin Paetsch, Jochen Ploch, Alexandra Rigos, Prof. Dr. Dr. Gerhard Roth, Julia Völker, Dr. Jan Wehberg, Bertram Weiß, Sebastian Witte

ILLUSTRATION

Freie Mitarbeit: Eric Tscherné, Tim Wehrmann

FOTOGRAFIE

Freie Mitarbeit: Olivier Coulangue, David Klammer, Heiner Müller-Elsner, Achim Mulhaupt, Flore-Aël Surun, Andrew Zuckerman

CHEFS VOM DIENST

Dirk Krömer
Rainer Droste (Technik)

SCHLUSSREDAKTION

Ralf Schulte

REDAKTIONSASSISTENZ:

Ursula Arens

HONORARE:

Angelika Györfy

Verantwortlich für den redaktionellen Inhalt:

Michael Schaper

HERAUSGEBER:

Peter-Matthias Gaede

GESCHÄFTSFÜHRENDE REDAKTEURE

Martin Meister, Claus Peter Simon

VERLAGSLEITUNG:

Dr. Gerd Brüne, Thomas Lindner

GESAMTANZEIGENLEITUNG:

Heiko Hager, G + J Media Sales

VERTRIEBSLEITUNG:

Sascha Klose, Deutscher Pressevertrieb

MARKETING:

Antje Schlönder (Ltg.), Patricia Korrell

HERSTELLUNG:

Oliver Fehling

ANZEIGENABTEILUNG:

Anzeigenverkauf: G + J Media Sales/Direct Sales:

Sabine Pfath, Tel. 040/37 03 38 89, Fax: 040/37 03 53 02; Anzeigen-

disposition: Anja Mordhorst, Tel. 040/37 03 23 38,

Fax: 040/37 03 58 87

Es gilt die GEO-Sonderhefte-Anzeigenpreisliste Nr. 7/2011

Der Export der Zeitschrift GEOkompakt und deren Vertrieb im Ausland

sind nur mit Genehmigung des Verlages statthaft. GEOkompakt darf nur

mit Genehmigung des Verlages in Leserkreisen geführt werden.

Bankverbindung: Deutsche Bank AG Hamburg,

Konto 022800, BLZ 200 700 00

Heft-Preis: 8,50 Euro (mit DVD: 15,90 Euro)

ISBN 978-3-652-00025-3 (978-3-652-00051-2)

© 2011 Gruner + Jahr Hamburg

ISSN 1614-6913

Litho: 4mat Media, Hamburg

Druck: Mohn Media Mohndruck GmbH, Gütersloh

Printed in Germany

GEO-LESERSERVICE

FRAGEN AN DIE REDAKTION

Tel.: 040/37 03 20 73 Fax: 040/37 03 56 48, E-Mail: briefe@ges.de

ABONNEMENT- UND EINZELHEFTBESTELLUNG

KUNDENSERVICE UND BESTELLUNGEN

Anschrift:

GEO-Kundenservice

20080 Hamburg

E-Mail: geo-service@guj.de

Tel. innerhalb Deutschlands: 01805/861 80 03*

Tel. außerhalb Deutschlands: +49/1805/861 80 03

Telefax: +49/1805/861 80 02

24-Std.-Online-Kundenservice: www.meinabo.de/service

Preis Jahresabonnement: 31,00 € (D) / 35,80 € (A) / 64,00 CHF (CH)

Preise für weitere Länder auf Anfrage erhältlich

BESTELLADRESSE FÜR GEO-BÜCHER, GEO-KALENDER ETC.

KUNDENSERVICE UND BESTELLUNGEN

Anschrift: GEO-Versand-Service, 74569 Blausteden

Tel.: +49/1805/22 50 59*

Fax: +49/1805/21 66 03*

E-Mail: gu@sigloch.de

* 14 Cent/Min. aus dem deutschen Festnetz; Mobilfunkpreis max. 42 Cent/Min.



ALTER: 12 000–19 000 JAHRE

Aus der Höhle La Madeleine im Südwesten Frankreichs stammt diese Elfenbeinschnitzerei eines sich leckenden Wisents. Möglicherweise verehrten die Menschen das riesige Tier – oder es war ihre Jagdbeute

Weshalb der Mensch die **Kunst** erfand



Interview: Rainer Harf und Henning Engeln

Spätestens vor 40 000 Jahren begann der *Homo sapiens*, etwas zu produzieren, das für das tägliche Überleben **NUTZLOS ERSCHEINT**: Kunst. Weshalb die Menschen dennoch **FIGUREN SCHNITZTEN**, Wände bemalten oder Flöten fertigten, ist unter Forschern umstritten. Wollten sie **KONTAKT MIT GEISTERN** aufnehmen oder ihr Wissen weitergeben? Im Gespräch erklärt der Archäologe Nicholas Conard, weshalb die **KUNST** entstanden sein könnte und wieso es gerade auf der Schwäbischen Alb zu ihrer **ERSTEN BLÜTE** in Europa kam



30 000-33 000 JAHRE Verblüffend naturgetreu wirken diese Darstellungen von Auerochsen, Pferden und Nashörnern aus der Höhle Chauvet in der Ardèche-Schlucht in Südfrankreich. Es sind die ältesten bekannten Zeichnungen Europas

GEOkompakt: Herr Professor Conard, gab es je ein Volk, das keine Kunst kannte?

Nicholas Conard: Nein, jedenfalls ist mir keine Gesellschaft bekannt, die ohne bildnerische Darstellungen, ohne Gesang und Tanz, ohne Sprechkunst, ohne Mythen ausgekommen wäre.

Dann ist Kunst offensichtlich etwas Universelles. Wann ist sie entstanden?

Es gibt sehr alte Gegenstände, auf denen Linien markiert sind. Aber die sind so unregelmäßig, dass damit kaum Informationen, erst recht keine symbolischen, festgehalten sein können. Die ältesten Belege für symbolische Zeichen sind rund 75 000 Jahre alt und stammen aus Südafrika; das sind zum Beispiel Straußeneierschalen, auf denen Muster ähnlich einer Leiter graviert sind.

Was könnte die Menschen zu diesen künstlerischen Aktivitäten getrieben haben?

Eine Interpretation ist, dass die Verzierung zeigt: Das ist mein Ei – und nicht das eines anderen. Sie könnte also den Besitz zum Ausdruck bringen. Eine zweite Hypothese lautet: Das Orna-

ment könnte die Zugehörigkeit zu einer Gruppe dokumentieren. Eine dritte denkbare Interpretation wäre, dass anhand von solchen abstrakten Darstellungen ganze Geschichten festgehalten wurden. Sieben Kerben etwa könnten bedeuten: Ein Jäger hat sieben Tiere getötet, oder sieben Jahre sind vergangen.

Existieren weitere Formen von Kunst aus jener frühen Epoche?

Schmuck gibt es seit 100 000 Jahren, anfangs etwa im Vorderen Orient sowie in Nord- und Südafrika.



Der Archäologe Nicholas Conard – hier mit einem Mammut aus Elfenbein – untersucht seit vielen Jahren Steinzeitkunst

Weshalb haben die Menschen Schmuck hergestellt?


Zum einen könnte er die Zugehörigkeit zu einer Gruppe unterstreichen, wie schon erwähnt. Oder vielleicht dienten Schmuck und Kunst dazu, innerhalb der Gruppe aufzufallen.

Wie ist das zu verstehen?

Ähnlich einem heutigen Punk, der mit grünen Haaren und Piercings auf sich aufmerksam macht und vielleicht provozieren will. Oder als Statussymbol, wenn etwa eine Dame teuren Schmuck trägt, um zu zeigen, wer sie ist.

Und wie interpretieren Sie später entstandene Kunstformen, etwa in den Höhlen der Schwäbischen Alb, wo Sie geforscht haben?

Nehmen wir die Darstellungen von Mischwesen, die sogenannten Löwenmenschen – das sind aufrecht stehende Figuren aus Elfenbein mit Löwenkopf und Menschenkörper. Natürlich gibt es solche Umwandlungen zwischen Tier und Mensch nirgendwo in der realen Welt, außer dadurch, dass sie abgebildet worden sind. In der Gedankenwelt der



17 000 JAHRE Diese Zeichnung in der Höhle von Niaux in Südfrankreich zeigt ein Wisent, das offenbar von einem Speer getroffen wird. Möglicherweise diente die Darstellung einem Jagdzauber – oder Jäger erklärten Unkundigen daran die Kunst des Beutemachens

damaligen Menschen müssen sie also existiert haben. Für viele meiner Kollegen ein klarer Fall von Schamanismus. Und bei den Löwenmenschen finde ich diese These auch plausibel.

Weshalb?

Vor 40 000 Jahren waren Menschen hier auf der Schwäbischen Alb konfrontiert mit allem Möglichen: mit Trockenheit und Nässe, mit Pech bei der Jagd und Liebeskummer, mit dem Tod eines Kindes oder des Großvaters – mit Problemen ähnlich den heutigen, bei denen gläubige Menschen vielleicht in die Kirche gehen und Gott anrufen. Wollte man aber damals mit den Naturkräften kommunizieren und sie um Hilfe ersuchen, so musste man wie auch in vielen späteren Gesellschaften den eigenen Körper verlassen und in die Geisterwelt reisen. Die Mischwesen lassen sich als Darstellungen von Schamanen deuten, die als Tier verkleidet Kontakt zum Jenseits aufnehmen wollen.

Gab es da also einen Zusammenhang zwischen Kunst und Religiosität?

Für mich sind das die ältesten Belege für eine Darstellung des Mythischen, somit tatsächlich der erste konkrete Hinweis auf Religion. Und wir haben auf einigen Grabungsflächen von Zimmergröße gleich drei solcher Mischwesen gefunden. Deshalb meine ich, es steckt ein System dahinter.

Schamanismus ist damit die fünfte Hypothese, die erklären könnte, weshalb die frühen Menschen Kunstwerke fertigten. Gibt es weitere Hypothesen?

Sehr verbreitet war lange Zeit die Hypothese über die Jagdmagie. Ihr zufolge zeigen die Kunstwerke Beutetiere, die

man damals verzehrt hat. Nun sind da aber auch sehr viele Löwen und Mammut abgebildet – also Tiere, die kaum gegessen wurden. Deshalb fällt meiner Ansicht nach die Jagdmagie als generelle Interpretation aus. Ebenso problematisch ist die These, dass Tiere aus Bewunderung abgebildet worden seien. Das könnte auf große, kräftige Tiere zutreffen, passt aber schlecht zu den kleinen Vogel- oder Fischdarstellungen.

Und wenn die kleinen Skulpturen schlicht als Spielzeug gedient hätten?

Das kann schon sein, nur muss man fragen, in welchen sozialen Zusammen-

Tierfiguren könnten die Zugehörigkeit von Menschen zu einem Clan symbolisiert haben



35 000–40 000 JAHRE War die Venus vom Hohle Fels (Schwäbische Alb) Anschauungsobjekt für Geburtshelferinnen?



32 000 JAHRE Pferd, Mammut und Höhlenlöwe aus Elfenbein wurden in der Vogelherdhöhle auf der Schwäbischen Alb gefunden. Welche Informationen die Zeichen darauf – Kreuzmuster, Keile, Punkte – übermitteln sollten, ist bislang nicht bekannt

hängen man Spielzeuge benutzt und unter welchen Bedingungen man sie heute finden würde. Wären sie etwa der Schamanismus-These zufolge sozusagen sakrale Gegenstände, würde man nicht unbedingt erwarten, dass sie einfach irgendwo im Dreck liegen.

Immerhin ist auffällig, dass man in dieser Gegend vor 40 000 Jahren so oft Tiere darstellte und als Figuren schnitzte.

Ja, und vielleicht ist die Erklärung dieser Objekte auch ganz einfach, nämlich als Zeichen der Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gruppe, etwa: Wir sind die Bärenmenschen, und ihr seid die Löwenmenschen.

Das wäre also nochmals die Hypothese der Gruppenzugehörigkeit. Aber wofür stünde dann die Venus vom Hohle Fels im Achtal, die womöglich älteste figürliche Darstellung eines Menschen überhaupt?

Diese Figur ist ganz gewiss kein Abbild eines realen Individuums. Sehr unrealistisch dargestellt sind Arme und Beine, gut hingegen die Finger – wohl um den Nutzen von Händen zu zeigen.

Erkennbar ist jeder Schnitt an dieser Figur gezielt und bewusst gemacht. Was für den Künstler keine Rolle spielte, hat er fortgelassen oder zurückgedrängt. Dagegen ist genau ausgearbeitet, was ihm an ihr wichtig war: die Geschlechtsmerkmale und der Bauchnabel.

Und was schließen Sie daraus?

Dass hier zugleich Fortpflanzung und Geburt dargestellt werden und dass es sich somit um Kunst handelt. Denn was einseitig oder eindeutig ist, kann kein echtes Kunstwerk sein, es wäre bloß banal.

Trotzdem stellt sich die Frage, weshalb der Künstler die Figur geschnitzt hat. Warum war sein Thema ausgerechnet Fortpflanzung und Geburt?

Stellen Sie sich eine kleine Gruppe Menschen vor, die in einer unbekannten Landschaft die Donau hoch wandert. Das Klima ist rau, die Gletscher sind nur etwa 20 Kilometer entfernt. Bei diesen Menschen geht es schlicht ums Überleben – um Nahrung und um Fortpflanzung. Wenn es in ihrer kleinen Gruppe

keine Kinder gibt, stirbt sie aus. Fortpflanzung und Geburt sind also beherrschende Themen. Und so könnte diese Figur vielleicht ein Lehrmittel gewesen sein, mit dessen Hilfe eine Hebamme die Geburt erklärt hat. Oder vielleicht hat sie die Figur als Symbol ihrer Tätigkeit mit sich getragen.

Es gibt Evolutionsbiologen, die meinen, die Kunst müsse für den Künstler einen Überlebensvorteil geboten haben. War das ebenfalls ein Motiv, kreativ zu werden?

In der Tat geht es für manche Verhaltensökologen nur um die Frage: Wie kann ich mich erfolgreicher fortpflanzen und was bringt es mir, wenn ich Zeit investiere? Diese Forscher nehmen an, wenn ein Mann Musik macht oder Kunstwerke herstellt, gewinnt er damit leichter Zugang zu Frauen und kann mehr Nachkommen zeugen.

Nach dem Motto: Wer Klavier spielt, hat Glück bei den Frauen...

Das liegt ja auch nicht völlig daneben. Aber es ist nur ein Deutungsansatz von vielen.



28 000 JAHRE Diese im tschechischen Brunn entdeckte Figur interpretieren Archäologen als Mann mit Phallus

23 000 JAHRE Auch Frisuren wurden zu Kunstwerken, wie dieser Kopf aus der französischen Grotte du Pape zeigt

12 000 JAHRE Mit den ersten Siedlern gelangten auch Künstler nach Amerika, die diesen Kopf aus Lamaknochen schufen

Jetzt haben Sie bereits zehn Erklärungsmodelle genannt, weshalb der Mensch Kunst produziert haben könnte: Eigentum, Gruppenzugehörigkeit, Geschichten erzählen, auffallen, Schamanismus, Jagdmagie, Bewunderung von Tieren, Spielzeug, Lehrmittel – und die evolutionsbiologische Hypothese. Wie viele gibt es denn noch?

Mehrere Dutzend.

Und welche trifft Ihrer Meinung nach am ehesten zu?

Keine allein. Die Erwartung, dass Kunst eine bestimmte Bedeutung haben müsse, halte ich für nicht realistisch. Es wäre unsinnig, eine einzige, allgemeingültige Antwort auf die Frage nach Sinn und Zweck von Kunst zu suchen.

Haben Sie denn eine Vermutung, weshalb vor 40 000 Jahren ausgerechnet auf der Schwäbischen Alb die figürliche Kunst entstanden ist?

Es gibt dazu das sogenannte Kulturpumpe-Modell: Bestimmte äußere Bedingungen üben einen Druck auf die Menschen aus, und dieser Druck schiebt eine kulturelle Entwicklung an.

Was heißt das konkret?

Es gibt drei Erklärungsmöglichkeiten, wie dieser Druck gewirkt hat. Zum einen: der Klimastress. In jener Zeit vor 50 000 bis 30 000 Jahren schwankten die Temperaturen enorm. Die gegenwärtige Klimaerwärmung liegt bei 0,5 Grad in 150 Jahren – damals aber wurde es teilweise innerhalb von nur 15 Jahren um fünf Grad wärmer oder kälter. Das waren massive Klimaschwankungen, die die Menschen gezwungen haben könnten, neue Technologien zu entwickeln. Sie mussten in den Krisen- und Umbruchzeiten blitzschnell reagieren und ihren Überlebens-

spielraum kreativ nutzen; mussten sich also permanent neu erfinden, um zu überleben.

Es könnte aber auch – Möglichkeit zwei – die Konkurrenz zu anderen Menschen gewesen sein. Dieser Hypothese nach sind Neandertaler und moderne Menschen hier aufeinandergeprallt, und es hat zwischen beiden ein kulturelles Wettrüsten gegeben.

Wie ging das aus?

Offenbar konnte die Kunst der Neandertaler – so jedenfalls die These – nicht mithalten. Die Kunst des *Homo sapiens* hat sich durchgesetzt, weil er in der

Möglicherweise hat die Konkurrenz zum Neandertaler die Kreativität gefördert



24 000 JAHRE Schon früh fertigten die Steinzeitmenschen auch Flöten, um zu musizieren – hier ein Fund aus dem französischen Saint-Germain-En-Laye. Meist wurden sie aus den Röhrenknochen von großen Vögeln, etwa Geiern, hergestellt

Lage war, Symbole besser zu manipulieren, und weil die Gruppengröße der Neandertaler sehr klein war, wie sich aus der geringen Funddichte auf den Fundplätzen schließen lässt. Mit der Gruppengröße aber wächst die Möglichkeit, mehr Menschen zu mobilisieren, ein breiteres Wissen anzusammeln, und die Chance, auf neue Ideen zu kommen.

Und die dritte mögliche Erklärung?

Sie geht davon aus, dass wirtschaftliche und soziale Faktoren eine Rolle spielen – völlig unabhängig von Konkurrenz und Klima. Auch die Glüh-

birne oder das erste Flugzeug sind ja nicht entstanden, weil es Konkurrenz zwischen zwei Menschenarten oder Klimastress gab. Sondern weil sie ein Mensch aus eigener Kreativität gebaut hat.

Man könnte sich also vorstellen, dass in einer präschwäbischen Höhle vielleicht ein Steinzeitgenie gegessen und ganz plötzlich und ohne Vorbild ein Mammut geschnitzt hat?

Das wäre zwar eine Spekulation, aber völlig legitim. Auf jeden Fall lebten die modernen Menschen in besonderen sozialen Strukturen: Sie bildeten grö-

ßere Gruppen als die Neandertaler, und sie standen untereinander über soziale Netzwerke in Kontakt. Da konnten sich solche Innovationen schneller ausbreiten.

Die Hypothese der wirtschaftlichen und sozialen Faktoren begründet allerdings immer noch nicht, weshalb es gerade zu diesem Zeitpunkt und genau an diesem Ort geschah.

In der Tat, das tut sie nicht. Aber ich gehöre auch nicht zu dieser Gruppe von Leuten, die meinen, alle Antworten zu kennen.

Mit den Musikinstrumenten, die Sie ebenfalls auf der schwäbischen Alb gefunden haben, hat man es da wohl leichter. Oder hat nach Ihrer Einschätzung die Musik für die Menschen von damals etwas anderes bedeutet als für die von heute?

Bestimmt hatte sie Funktionen von ähnlicher Vielfalt: Unterhaltung, Entspannung, Förderung der Gruppendynamik, Begleitung sakraler Handlungen – und so weiter. Wir haben insgesamt acht Flöten an drei Fundplätzen geborgen: eine davon in zwölf Teilen und nur rund 70 Zentimeter entfernt von den Fragmenten der Venusfigur. Sie ist aus einem Gänsegeierknochen gefertigt, hat fünf Grifflöcher, und man kann damit jedes beliebige Lied spielen.

Also schon ein ziemlich perfektes Instrument?

Das kann man wohl sagen. Und dass wir Musikinstrumente in Höhlen finden, ist auch kein Zufall. In Höhlen ist es unglaublich still und die Akustik fantastisch.

In den Schwäbischen Höhlen aus dieser Epoche finden sich also drei Arten von künstlerischen Hervorbringungen: Figuren, Bilder und Musikinstrumente.

Und Schmuck. Der ist hochinteressant. Denn bestimmte Formen finden sich auch im 40 Kilometer entfernten Lonetal. Man kann also mit Gewissheit sagen, dass die Menschen in beiden Tälern vor 40 000 Jahren der gleichen Kultur angehörten. Vermutlich wussten

Forscher entdeckten acht Flöten an drei nahe beieinanderliegenden Fundplätzen

die Menschen hier, dass dort Nachbarn lebten, potenzielle Ehepartner, Menschen, die man vielleicht in Notfällen um Hilfe ersuchen konnte.

Sie haben schon mehrfach auf diese fast magische Epoche vor 40 000 Jahren verwiesen, in der sich die figürliche Kunst geradezu sprunghaft herausgebildet hat. Würden Sie das eine kunstgeschichtliche Revolution nennen?

Ja, in der Tat. Es hat in der Menschheitsgeschichte drei große Umwälzungen gegeben: Die erste war die Werkzeugrevolution vor 2,6 Millionen Jahren, als die Menschen erstmals Werkzeuge aus Stein herstellten.

Der nächste gravierende Schnitt war die Entstehung der kulturellen Modernität – also das, was wir hier an den Kunstwerken auf der Schwäbischen Alb beschreiben.

Und die dritte wirklich wichtige Entwicklung war die Neolithische Revolution, der Übergang vom Jäger- und-Sammler-Leben zu Ackerbau und Viehzucht.

Und die Kunst hat seither ebenfalls weitere Stufen durchlaufen?

Nein, an ihr hat sich prinzipiell nichts verändert. Ich sehe keinen fundamentalen Unterschied zwischen den Werken Leonardo da Vincis und denen in den Höhlen der Eiszeit. Ich denke, die Pferde- und die Mammutfigur aus der Vogelherdhöhle im Lonetal oder

die Bilder in der Grotte von Chauvet waren für Menschen vor 35 000 Jahren ebenso schön, wie sie es für uns heute noch sind.

Fühlen und denken die Menschen von heute nicht anders als die vor 35 000 Jahren?

Aber nein. Die Gedankenwelt der damaligen Menschen war ebenso weit entwickelt, ebenso komplex wie bei Goethe oder Kafka. Sie waren genauso schlau, genauso vielseitig und kreativ wie wir.

Wirklich?

Darauf würde ich wetten. Stellen Sie sich vor, Sie würden irgendwie ins Achtal vor 40 000 Jahren transferiert. Hoffen wir, es ist Sommer, damit Sie ein paar Tage aus eigener Kraft überleben. Dann aber, so nehmen wir an, finden Sie Ihre anderen Mitmenschen im Tal. Sie werden sich erst mal relativ unbeholfen verhalten. Sie können ja nicht wissen, wie man Rentiere jagt und Felle richtig bearbeitet, aber mit der Zeit werden Sie zurechtkommen und nach ein paar Jahren nicht mehr unbedingt als Fremde auffallen. Sicherlich hatten die Menschen vor 40 000 Jahren eine etwas andere Technologie, eine andere

Memo: **URSPRUNG DER KUNST**

► **Vor 100 000 Jahren** fertigten die Menschen erstmals Schmuck an, vor 75 000 Jahren ritzen sie symbolische Zeichen in die Schalen von Straußeneiern.

► **In Europa stellten Menschen** vor 40 000 Jahren wohl erstmals Figuren her.

► **Die Erfindung der Kunst** war eine Revolution in der Geschichte – vergleichbar mit dem Übergang zu Ackerbau und Viehzucht vor 11 000 Jahren.

► **Es gibt Dutzende Hypothesen**, weshalb der Mensch zum Künstler wurde. Wahrscheinlich gab es mehrere Anstöße.

► **Mischwesen zwischen Mensch und Tier** sind vermutlich künstlerische Darstellungen von Schamanen, die als Tier verkleidet Kontakt zur Welt der Geister aufnahmen.

Sprache, andere Lieder, aber sonst waren sie genauso wie wir.

Und wissen Sie, was das Schönste wäre?

Nein.

Sie würden schon bald herausfinden, warum es Löwenmenschen gibt. □

Prof. Nicholas J. Conard ist Leiter des Instituts für Ur- und Frühgeschichte der Universität Tübingen.

Literaturempfehlung: Nicholas J. Conard, Jürgen Wertheimer, „Die Venus aus dem Eis – Wie vor 40 000 Jahren unsere Kultur entstand“, Albrecht Knaus; auf wissenschaftlichen Annahmen basierender Roman mit zusätzlichen sachlich-informativen Beiträgen.

ANZEIGE

Musikstipendien

Seit September 2011 können begabte junge Musikerinnen und Musiker parallel zu ihrer Ausbildung in Salem an der Staatlichen Hochschule für Musik in Trossingen studieren.

Das **Precollege Salem & Trossingen** richtet sich an Schülerinnen und Schüler mit den musischen Fächern Gesang, Streichinstrumente und Klavier. Im Rahmen des Precollege-Programmes werden Teilstipendien für die 8. bis 10. Klassenstufe vergeben.

Detaillierte Informationen finden Sie unter: www.salem-net.de



2

PROZENT DES KÖRPERVOLUMENS
macht das Gehirn aus – aber verbraucht
20 PROZENT der gesamten Energie. ■

2300 Gramm brachte das schwerste bislang
gemessene menschliche Gehirn auf die Waage. ■

GEHIRNGEWICHTE BERÜHMTER PERSÖNLICHKEITEN

1807 Gramm wog das Gehirn von Otto von Bismarck.

1492 Gramm wog das Gehirn von Carl Friedrich Gauß.

1420 Gramm wog das Gehirn von Hermann von Helmholtz.

1650 Gramm wog das Gehirn von Immanuel Kant. ■

780 000 KILOMETER LANG
SIND DIE NERVENBAHNEN, die durch den Körper eines erwachsenen
Menschen verlaufen – dies entspricht dem 19,5-fachen Erdumfang. ■

20 000 000 000 000 000
(**20 BILLIARDEN**) RECHENOPERATIONEN – Verarbeit-
ungsschritte – kann das menschliche Gehirn in einer Sekunde
bewältigen. Dafür benötigt es etwa 20 Watt. ■

ZUM VERGLEICH: 1 000 000 000 000 000
(**EINE BILLIARDE**) RECHENOPERATIONEN pro Sekunde
schafft Supercomputer BlueGene/P von IBM, benötigt dafür aber
2,2 Megawatt (also das 100 000-Fache des Gehirns). ■

0,13

PROZENT der
Bevölkerung erreichen einen
IQ VON 145 und mehr. ■

4

1 000 000 000 000 000 000
(**EINE BILLIARDE**) SYNAPSEN verbinden die NERVENZELLEN miteinander. ■

MENSCHEN haben bislang
den **NOBELPREIS** gleich zwei-
mal erhalten: Marie Curie
(Physik, Chemie), Linus
Pauling (Chemie, Frie-
densnobelpreis), John Bardeen
(zweimal Physik), Frederick
Sanger (zweimal Chemie). ■

650 MILLIONEN JAHRE vor
unserer Zeit entstanden die ersten ein-
fachen Nervensysteme im Tierreich. ■

Unser Verstand ist ein erstaunliches Phänomen, hervorgerufen von einem hochkomplexen Organ, das durch die schiere Zahl und das Rechentempo seiner Zellen besticht

360

km/h beträgt ungefähr die Geschwindigkeit, mit der Signale zwischen Nerven im Hirn ausgetauscht werden. ■

200 Impulse

gibt eine menschliche Nervenzelle in einer Sekunde ab. ■

17

JAHRE ALT war der indischstämmige US-Amerikaner **BALAMURALI AMBATI**, als er 1995 an der Universität New York zum jüngsten Doktor der Medizin gekürt wurde. ■

15 000

GEMÄLDE, ZEICHNUNGEN, GRAFIKEN, keramische Arbeiten und Skulpturen schuf Pablo Picasso. Er gilt als produktivster Künstler des 20. Jahrhunderts. ■

9

25 000

QUADRATMETER

würde die Oberfläche aller **NEURONE IM GEHIRN** bedecken, wenn man sie nebeneinander legte. ■

22 514

NACHKOMMASTELLEN DER KREISZAHL PI kann der Brite Daniel Tammet aus dem Gedächtnis aufzählen. ■

KILOGRAMM macht die Masse des Pottwalgehirns aus – es ist das größte Denkorgan im gesamten Tierreich. ■

150

GRAMM WENIGER als das Gehirn der **STEINZEITMENSCHEN** wiegt das Denkorgan des heutigen *Homo sapiens*. ■

580

PARTIEN in 25 STUNDEN gewann der Weltrekordhalter im **SIMULTANSCHACH**, der Iraner Ehsan Ghaem Maghami. ■

1336

GRAMM beträgt die durchschnittliche Hirnmasse eines **ERWACHSENEN MANNES**, **1198 GRAMM** das mittlere Gehirngewicht einer **ERWACHSENEN FRAU**. Das Denkorgan von Frauen ist also im Schnitt **138 GRAMM LEICHTER** als das von Männern. ■

2,0

betrug der Abiturschnitt von **ALBERT EINSTEIN**. ■

GEOkompakt Nr. 29 erscheint am 7. Dezember 2011

Der Urknall

Wie die Welt aus einem unendlich kleinen Punkt entstand und sich die ersten Sterne und Galaxien formten

Wohl nichts anderes ist derart faszinierend und gleichzeitig so schwer vorzustellen wie die Geburt und Entwicklung unseres Universums. Da entstehen Raum und Zeit aus dem Nichts, da trennen sich Urkräfte voneinander wie Kristalle, die beim Abkühlen von Wasser in der Flüssigkeit auskeimen. Es materialisieren sich Atombausteine aus reiner Energie – und das in Zeiträumen, die einem Menschen unendlich kurz erscheinen. Doch in diesen ersten Sekundenbruchteilen ist alles Entscheidende geschehen, was den weiteren Verlauf der kosmischen Entwicklung bis heute bestimmt – einer seit 13,7 Milliarden Jahren andauernden Ära, die durch eine kontinuierliche Ausdehnung und Abkühlung des Weltalls charakterisiert ist. Sie wird von der Schwerkraft beherrscht und enthält noch heute Spuren aus ihrer allerfrühesten Zeit: Denn die Mikrowellenstrahlung aus der Anfangszeit des Universums können Astrophysiker noch immer als „Echo“ des Urknalls registrieren und daraus die Historie des Weltalls rekonstruieren. In der nächsten Ausgabe von GEOkompakt geht es um nicht weniger als die Geschichte von allem: um die Geburt von Zeit, Raum und Materie, um die Ausdehnung des Kosmos mit Überlichtgeschwindigkeit, um das Leben und Sterben der ersten Sterne sowie das Wachsen von Galaxien. Es ist eine Reise zu den extremsten und staunenswertesten Phänomenen, über die sich überhaupt berichten lässt.

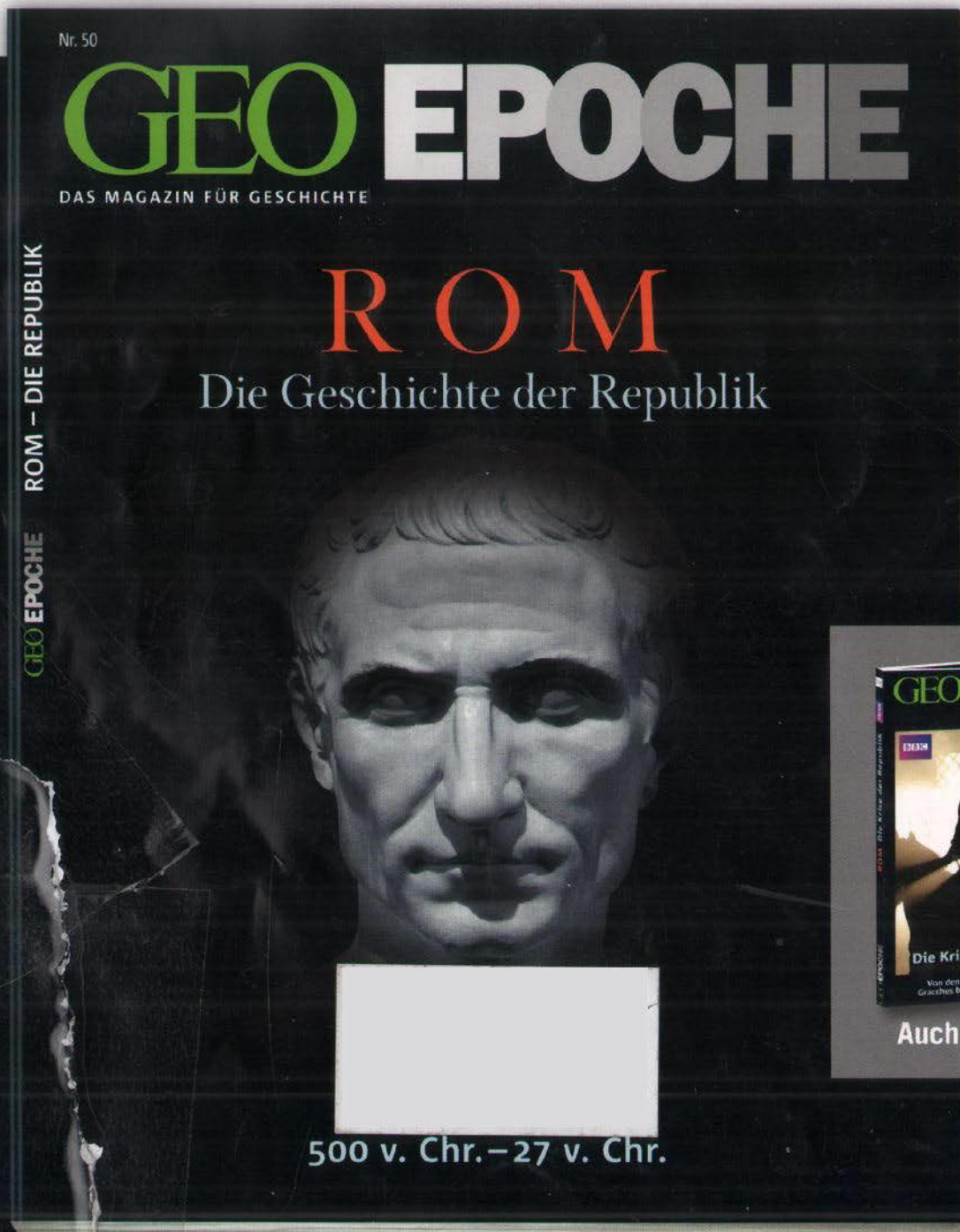
VOR 13,7 MILLIARDEN JAHREN wurde unser Universum in einer gigantischen Explosion aus einem Punkt unvorstellbarer Hitze und Dichte geboren (hier eine illustrative Rekonstruktion). Raum, Zeit und Materie kamen in die Welt. 380 000 Jahre dauerte diese frühe Phase, bis sich die ersten stabilen Atome bildeten



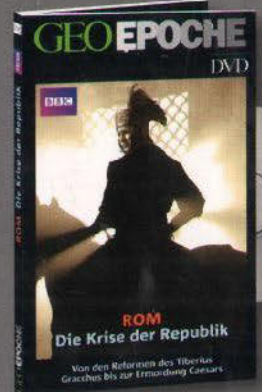
Einige **THEMEN**

- **Der explodierende Kosmos:** Wie Forscher entdeckten, dass unsere Welt in einem Urknall geboren wurde.
- **Die Welt vor unserer Zeit:** Gab es vor unserem Universum schon ein anderes?
- **Die ersten Sterne:** Auf welche Weise die Galaxien entstanden.
- **Quasare:** Das Rätsel der Energieschleudern.
- **Hubble-Teleskop:** Was uns der Blick durch dieses einzigartige Fernrohr lehrt.
- **Dunkle Materie:** Wie geheimnisvolle Massen Sterne und Galaxien lenken.

Wie ein Bauerndorf zum Imperium wurde: das Wunder von Rom.



* Heft ohne DVD: 9,00 € (A: 10,20 € / CH: 18,60 CHF).
Heft mit DVD: 15,90 € (A: 17,90 € / CH: 33,00 CHF).



Auch mit DVD*