

# Wann ist ein Gehirn intelligent?

Intelligenz erfordert eine Großhirnrinde – so hieß es bisher. Doch Vögel besitzen ein anderes Gehirn und sind trotzdem klug. Was also bestimmt den Verstand des Menschen?



## In Kürze

- ▶ Die moderne Forschung stellt das tradierte Bild der Hirnevolution in Frage. **Ein Irrtum** ist insbesondere die alte Idee, Intelligenz erfordere eine in Zellschichten gegliederte Hirnrinde.
- ▶ **Das Gehirn der Vögel** ist anders strukturiert als das der Säugetiere. Dennoch gleichen beider Denkleistungen einander verblüffend, oft bis in Feinheiten.
- ▶ Nach neueren Studien verdankt der Mensch seine überragende Intelligenz vor allem seinem besonderen **sozialen Talent**. Erst diese Kompetenz ermöglichte neben der biologischen die kulturelle Evolution.

### Von Onur Güntürkün

**A**uch Genies können irren. Manchmal halten sich ihre Fehleinschätzungen über Generationen. So beeinflusst ein großer Irrtum des herausragenden Frankfurter Neurologen Ludwig Edinger (1855–1918) unser Hirnbild in vielem bis heute. Entgegen seiner Vorstellung basiert das immer höhere geistige Leistungsvermögen verschiedener Tiere und des Menschen nicht etwa schlicht darauf, dass im Verlauf der Evolution neue GehirnkompONENTEN sozusagen stufenweise hinzukamen. Schon gar nicht benötigt Intelligenz eine Großhirnrinde, genauer gesagt einen Neokortex. Viele Vögel verhalten sich ohne diese Struktur schlau und gewitzt. Sogar die Hirngröße allein gibt nicht unbedingt ein Maß für den Intelligenzgrad. Worauf basiert Intelligenz dann? Und vor allem: Was zeichnet unser Gehirn aus? Was ist das Besondere an der menschlichen Intelligenz? Erst jetzt allmählich begreifen die Hirnforscher, dass sie neue Konzepte brauchen, um die Intelligenzevolution zu ergründen.

Edinger, noch immer unbestritten einer der bedeutendsten Neuroanatomen, nahm sein

Medizinstudium im Jahr 1872 auf. In jenem Jahr hielt Emil du Bois-Reymond in Leipzig auf der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte seine Jahrhundertrede »Über die Grenzen des Naturerkennens«. Der Berliner Physiologe sinnierte in seinem Vortrag darüber, wie geistige Vorgänge wohl zu Stande kommen mögen – und wo die Grenzen von deren naturwissenschaftlichem Verständnis liegen. Du Bois-Reymond verglich die Gehirne – deren Bau, soweit damals bekannt, und die geistigen Leistungen – von Menschen und verschiedenen Tieren. In den Tierseelen, wie er sich ausdrückte, würden wir »stufenweise minder vollkommene Glieder einer und derselben Entwicklungsreihe« erblicken (auf S. 461 der Druckfassung). Die Vorstellung entsprach dem Denken seiner Zeit: Damals sahen viele Naturforscher die Evolution von Arten gern als Stufenreihe hin zur Perfektion. Vor allem fürs Gehirn sollte das gelten, dessen vollkommenste Ausprägung demnach dem Menschen zukam.

Ludwig Edinger spezialisierte sich als Forscher auf die Neurologie. Er wollte die Evolution der Gehirne von Wirbeltieren im Zusammenhang mit ihren geistigen Leistungen genauer verstehen. Dazu untersuchte er mit den modernsten damals verfügbaren neuroanato-



LINKS: THERES / FOTOLIA; MITTE: NAMATAE / FOTOLIA; RECHTS: EDDIE CHANG / FOTOLIA; COMPOSING: SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT

mischen Techniken viele Tiergehirne aus allen fünf Wirbeltierklassen. Die Forscher glaubten damals noch, die Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere wären in ebendieser Reihenfolge nacheinander entstanden. Die Säugetiere galten somit als am jüngsten, und die Primaten bildeten vermeintlich deren modernste Vertreter. Von denen wiederum stellte der Mensch angeblich die neueste Entwicklung dar.

### Neokortex – wirklich so überragend?

Edinger erkannte, dass das so genannte Stammhirn bei allen Wirbeltieren gleich aufgebaut ist. Folglich, so schloss er, hatten diese Struktur sicherlich schon die frühen Wirbeltiere besessen, also bereits urtümliche Fische – was zutrifft. Für einige andere markante Hirnkomponenten galt das nach seinen Beobachtungen nicht. Vielmehr waren jene Strukturen wohl später eine nach der anderen bei den höheren Wirbeltierklassen hinzugekommen. Nach seiner Erkenntnis besaßen also die evolutionsgeschichtlich jeweils älteren Organismen jenen Hirnstrukturen noch nicht beziehungsweise höchstens in sehr primitiver Form. Auf Grund dessen folgerte Edinger, ganz im Denken seiner Zeit: Die jeweils hö-

heren geistigen Leistungen hätten erst Tiere auf der entsprechend nächsthöheren Evolutions- und somit Gehirnstufe erlangt. Tiere einer niedrigeren Entwicklungsstufe würden gleiches Verhalten auch mit noch so viel Trainingsanleitung niemals hervorbringen. Eine wichtige Arbeit dazu, die all diese Überlegungen zusammenfasste, erschien im Jahr 1903.

Nun ist das hervorstechende Merkmal am Gehirn der Säugetiere ihr so genannter Neokortex (die »Neurinde«) – ein Begriff von Edinger. Der Neokortex bildet den Hauptanteil der Großhirnrinde. Wie Edinger richtig erkannte, existiert diese wichtige Struktur, die beim Menschen so markant ausgebildet ist, tatsächlich bei keiner anderen Wirbeltierklasse, entstand also offenbar erst mit den Säugetieren. Dass der Neokortex komplexe Denkprozesse und erfahrungsgelitetes Verhalten ermöglicht und letztlich auch die geistige Überlegenheit des Menschen, wussten die Forscher damals schon.

Der zu der Zeit logische Schluss des Frankfurter Wissenschaftlers war: Die Säugetiere überragen alle anderen Wirbeltiere an Intelligenz. Sie allein müssen nicht mehr starr ihren Instinkten folgen. Sie können sich freier verhalten als Reptilien und selbstverständlich

**Forscher benötigen neue Erklärungen für den überragenden menschlichen Verstand. Vor allem mit unserer beispiellosen sozialen Intelligenz scheinen wir die klügsten Tiere auszu-stechen.**

## LUDWIG EDINGER – WEGBEREITER DER HIRNFORSCHUNG



MIT FREIL. GEN. VON O. GÜNTHERKUN

**Ludwig Edinger (1855 – 1918)** gilt bis heute als Koryphäe der vergleichenden Neuroanatomie.

**Schwierigsten Umständen** und äußerst beengten Verhältnissen zum Trotz wurde Edinger zu einem herausragenden, international hoch anerkannten Wissenschaftler. Als Jude war ihm eine reguläre akademische Karriere versperrt. Seine Forschungen und später sein Institut musste er lebenslang selbst finanzieren – was nur dank seiner begüterten Frau möglich war, die ihn immer unterstützte.

Nach einem Medizinstudium in Heidelberg und seiner Habilitation in Gießen in der Fachrichtung Neurologie gründete Edinger in Frankfurt eine neurologische Praxis und verwandelte sein Schlafzimmer in ein neuroanatomisches Labor. Erst 1902 bekam er zumindest einen Raum im Dr. Senckenbergischen Neurologischen Institut. Zehn Jahre darauf gründete er zusammen mit anderen Stiftern die 1914 eröffnete spätere Johann Wolfgang Goethe-Universität. In jenem Jahr wurde er zum Ordinarius des eben gegründeten Neurologischen Instituts berufen.

Edinger wollte über Hirnstrukturen und Verhaltensleistungen Denkprozesse des Menschen und der Tiere entschlüsseln. Sein großes Ziel war es, die Neuroanatomie und die Psychologie zusammenzubringen.

auch als Vögel – ein Irrtum, wie wir sehen werden. Der berühmte Neurologe erkannte einen weiteren wichtigen Evolutionsprozess:

Die Gehirne der Wirbeltiere waren im Lauf ihrer Weiterentwicklung immer größer geworden. So besitzen Vertreter von neueren Wirbeltierklassen – und teils auch von neueren Gruppen innerhalb einer Klasse – in der Regel relativ zu ihrer Größe und oft sogar absolut mehr Hirnmasse als Vertreter von älteren Klassen. Pauschal betrachtet haben Vögel und Säugetiere größere Gehirne als etwa Amphibien oder Fische. Krass fällt etwa der Vergleich zwischen einem Wolf und einem Weißen Hai aus. Das Säugetier Wolf bringt es auf rund 36 Kilogramm Körpergewicht. Ein Weißer Hai – aus der alten Gruppe der Knorpelfische – wiegt im Mittel 1500 Kilogramm. Aber das Gehirn eines Weißen Hais bemisst nur 34 Gramm, das eines Wolfs 120 Gramm.

Intelligentes Verhalten hätte sich folglich, so postulierte Edinger, dank zweier Evolutionstrends herausgebildet. Zum einen wären mehrmals neue Hirnkomponenten hinzugekommen, zuletzt bei den Säugetieren der Neokortex. Zum anderen sei die Gehirngröße angewachsen. Zweifellos besitzt der Mensch ein besonders großes Gehirn. Allerdings ist es

auch heute noch weniger einfach, als man meinen sollte, dieses Phänomen einzuordnen.

Die Thesen Edingers beruhten auf vergleichend anatomischen Befunden. Viele seiner Konzepte, auch manche Irrtümer, wirken bis heute nach. So verwenden wir immer noch Begriffe wie das Wort Neokortex, in denen jene Ideen stecken. Leider entwickelten spätere Forscher anhand dieser Gedanken auch einige zwar schlagkräftige, aber schlichtweg unsinnige Vorstellungen wie die Phrase vom dreieinigen Gehirn. Gemeint war damit, dass ein urtümliches, für Instinkte zuständiges »Reptilienhirn« vom für Gefühle zuständigen »Altsäugerhirn« überlagert wäre, welches erstmals Lernen ermöglicht habe. Darüber sollte schließlich das »Neusäugerhirn« für logisches Denken und intelligentes Verhalten sitzen. Solche allzu sehr simplifizierenden, grundfalschen Bilder stehen bis heute in erschreckend vielen Lehrbüchern.

Aber die neuere Forschung stellt mittlerweile auch manche Denkmodelle in Frage, deren innere Fehler nicht so leicht aufzudecken sind. So glauben nach wie vor einige Wissenschaftler, der Neokortex sei in der Hirnevolution die jüngste, modernste Komponente. Vor allem aber halten viele ihn fälschlich für die entscheidende, unerlässliche Struktur für komplexes Denken und ein Bewusstsein, nicht zuletzt wegen seiner auffälligen Untergliederung in sechs anatomisch deutlich unterschiedliche Schichten mit entsprechend sortierten Verschaltungen. Es stimmt nämlich nicht, dass einzig ein Neokortex solche geistigen Phänomene ermöglicht. Es wird darum Zeit, über die Evolution der Intelligenz neu nachzudenken.

Edinger selbst dürfen wir seine Irrtümer und vor allem die späteren Fehlentwicklungen nicht anlasten. Er dachte und forschte auf der Höhe seiner Zeit. In seine Theorie integrierte er das gesamte damalige Wissen, und um seine Annahmen zu überprüfen, verwendete er die modernsten vorhandenen Techniken. Erst ungefähr ein halbes Jahrhundert nach seinem Tod standen der Hirnforschung und anderen Disziplinen wissenschaftliche Verfahren zur Verfügung, die allmählich tiefere, genauere Einblicke und Einsichten in Hirnfunktionen und Hirnleistungen ermöglichten. Nicht zuletzt trugen auch akribische Verhaltensstudien ihren Teil dazu bei. Das mehrte die Zweifel an dem scheinbar so klaren Verlauf der Intelligenzevolution.

Die meisten Probleme hatten Edinger die Vögel bereitet. Denn sie besitzen zwar eindeutig keinen Neokortex und auch sonst keine geschichtet strukturierte Hirnrinde, aber trotzdem ein vergleichsweise riesiges Großhirn. Sie stehen darin den Säugetieren nicht nach. Doch ihr Gehirn sieht auf den ersten

Es wird Zeit, über die **Evolution von Intelligenz** neu nachzudenken

Blick ganz anders aus. Welche Hirnbereiche sind bei ihnen wohl so stark angewachsen? Das so genannte Striatum, beschloss Edinger nach langem Ringen, also Kerngebiete, die bei den Säugetieren tiefer im Gehirn liegen. Heute wissen wir: Er irrte sich.

Tatsächlich sind die anatomischen Verhältnisse reichlich diffizil (siehe Bilder S. 128 und 129). Anatomen nennen die beiden größten Bestandteile des Großhirns Pallium (Mantel) und Subpallium. Dieser Mantel wölbt sich, der Name sagt es, über dem tiefer gelegenen Subpallium. Bei fast allen Säugetieren nimmt das Pallium einen riesigen Teil des Gehirns ein und stellt überwiegend Neokortex dar. Somit umfasst das Pallium die entscheidenden Hirnbereiche, die unser Denken und Erleben zum allergrößten Teil hervorbringen.

Das Subpallium enthält als seine größte Komponente das Striatum (manchmal als Streifenkörper bezeichnet), das zu den so genannten Basalganglien gehört. Lange glaubten die Forscher, das Striatum wäre nur auf das Erlernen und die Kontrolle von Bewegungen spezialisiert. Erst in den letzten Jahren wird deutlich, dass es auch bei kognitiven Prozessen wie zum Beispiel dem Lernen von Kategorien mitwirkt.

### Moderne Gehirne mit unerwartet alten Wurzeln

Edinger meinte nun, die Vögel, die ja keinen Neokortex ausgebildet haben, besäßen praktisch kein Pallium und somit keine Intelligenz. Vielmehr habe sich stattdessen das Striatum enorm ausgedehnt. Demgemäß würden sie über ein extrem komplexes Instinktverhalten verfügen, könnten aber nicht wie die Säugetiere ihr Verhalten flexibel und erfahrungsabhängig kontrollieren.

Nur – beim riesigen Großhirn der Vögel handelt es sich gar nicht um ihr Striatum. Das liegt jüngerer Studien zufolge auch bei ihnen in der Tiefe und ist im Verhältnis zum Gesamtgehirn keineswegs größer als bei den Säugetieren. Vielmehr besteht auch ihr Großhirn hauptsächlich aus Pallium, also »Hirnmantelmateriale« (siehe Bild S. 129).

Was wissen wir heute über das große Pallium der Vögel? Es weist tatsächlich keine Schichtung auf, die funktionell der des Säugetierneokortex entspräche. Doch verblüffenderweise erscheinen praktisch alle anderen Eigenschaften des Hirnmantels bei den Säugetieren und den Vögeln nahezu identisch: Die Ähnlichkeiten reichen bis hin zum Aufbau der Systeme für die Sinnesverarbeitung, also deren Untergliederung, Arbeitsweise und Zusammenspiel. Auch die lokalen Muster der Genexpression, mithin die bei der neuronalen

## BEWEISE FÜR DIE INTELLIGENZ DER VÖGEL

Eine Neukaledonische Krähe biegt sich Draht zu einem Werkzeug zurecht.



BEHAVIOURAL ECOLOGY RESEARCH GROUP, UNIVERSITY OF OXFORD

**Vor allem Rabenvögel und Papageien** erweisen sich als gelehrig und schlau. Der mittlerweile verstorbene Graupapagei Alex beherrschte zuletzt über 100 Wörter, konnte bis sechs zählen, kleine Summen addieren und hatte wahrscheinlich sogar eine Vorstellung von der Null. Er verstand Zahlen als abstrakte Begriffe und konnte Gegenstände nach Kategorien ordnen, etwa nach ihrer Form, Farbe oder dem Material.

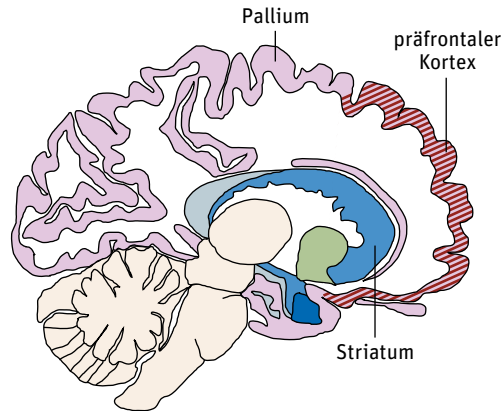
Dass sich ein Tier erinnert, wann und wo es etwas erlebt hat, wiesen Forscher erstmals bei Buschhähern nach, nordamerikanischen Rabenvögeln. Solches Erinnern entspricht unserem so genannten episodischen Gedächtnis und ermöglicht auch Zukunftsplanung. In einem Experiment gab es zwei Futterräume mit je einer anderen Sorte Futter. Die Häher durften jeweils nur in einem davon frühstücken, mal nur Hundefutter, mal nur Erdnüsse. Als nun eines Morgens alle Türen offen standen und der Hauptraum zudem ein größeres Angebot beider Futtersorten aufwies, versteckten die Vögel in den Futterräumen die jeweils fehlende Sorte – als würden sie vorsorgen.

Als Stars unter den Rabenvögeln erweisen sich die Neukaledonischen Krähen. In Freiheit benutzen sie selbst gebastelte Instrumente, um Baumrinde abzuhebeln und Insekten aufzuspießen. Gefangenschaftsstudien lassen vermuten, dass sie eine Vorstellung von der Funktionsweise eines Hakens haben (Bild oben).

len Verschaltung aktiven Regulationsmechanismen, sind nahezu identisch.

Wir vermuten deswegen, dass diese Funktions- und Verrechnungsprinzipien ein altes Erbe darstellen, das bei den Wirbeltieren lange vor dem Erscheinen von Säugetieren und Vögeln existierte, also mindestens schon bei den Vorläufern der heutigen Reptilien. Eine neue Errungenschaft der Säugetiere war dann nur, dass sie Teile des Großhirns in die charakteristische, streng gegliederte sechsschichtige Struktur überführten – was bei den Vögeln eben nicht erfolgte.

Doch genau genommen war selbst das Prinzip, am Großhirn eine geschichtete Hirnrinde auszubilden, gar nicht völlig neu. Auch manche Reptilien besitzen eine Art Hirnrinde. Bei Schildkröten ist sie dreischichtig und umfasst ebenfalls Teile ihres Palliums. Die neuseeländischen



**Das riesige Großhirn des Menschen und anderer Säugetiere** besteht größtenteils aus dem so genannten Pallium (alle rosa markierten Strukturen), zu dem auch der Neokortex gehört, sowie aus dem Subpallium, dessen Hauptbestandteil das Striatum darstellt (blau). Hier die Verhältnisse im menschlichen Gehirn

## Das geistige Talent von Papageien und Rabenvögeln erreicht das von Menschenaffen

dischen Brückenechsen weisen sogar ein insgesamt geschichtetes Pallium auf, ähnlich einem Kortex. Diese Reptilien gelten als lebende Fossilien, denn sie haben sich seit 200 Millionen Jahren kaum verändert. Anscheinend ereigneten sich somit solche Rindenbildungen in der Wirbeltierevolution schon in früherer Zeit immer wieder. Manchmal wurde die Struktur später abgewandelt – unter Umständen auch noch wesentlich verfeinert und verbessert wie bei den Säugetieren –, in anderen Fällen aufgegeben, wie vermutlich bei den Vögeln.

Edinger konnte noch nicht wissen, dass die Vögel nicht vor den Säugetieren, sondern erst 50 bis 80 Millionen Jahre nach ihnen entstanden waren und somit die jüngste Wirbeltierklasse darstellen (siehe Bild S. 131). Ihre hohe Intelligenz, deren Ausmaß Verhaltensforscher erst heute allmählich erkennen, hätte zu seinem Evolutionsentwurf überhaupt nicht gepasst. Sie entwickelten nämlich eigenständig ein Gehirn für erstaunliche Denkleistungen. Das geistige Talent von Papageien und Rabenvögeln erreicht sogar das von Menschenaffen. Dies beweisen inzwischen viele Studien (siehe Kasten S. 127; siehe dazu auch: »Intelligenztests für Kollkraben«, SdW 7/2007, S. 24 und »Wie rational sind Affen?« 3/2008, S. 50).

Verwundern mag allerdings, wie stark sich die Art des Denkens in den beiden Tiergruppen bei solchen Leistungen ähnelt. Offensichtlich sind dabei die gleichen inneren Mechanismen am Werk. Zum Beispiel scheint sich bei jungen Elstern – Rabenvögeln – das zunehmende Verständnis für eine so genannte Objektpermanenz in der gleichen Reihenfolge auszubilden wie bei kleinen Kindern. Wie der Schweizer Psychologe Jean Piaget erkannte, machen Kinder bis zum Alter von 24 Mona-

ten bei solchen Aufgaben typische Fehler, die sich altersabhängig schrittweise ändern. So weiß ein Säugling offenbar nicht, dass ein Gegenstand, der vor seinen Augen verdeckt wird, weiterhin da ist. Wie können so verschiedene Großhirne gleichartiges Denken hervorbringen, das sich bis in solche Feinheiten ähnelt?

## Gleichwertige Gehirne

Beim Menschen – wie auch bei allen anderen Säugetieren – gilt die Hirnrinde im Bereich der Stirn, der so genannte Präfrontalkortex, als der Sitz von Denken und Intelligenz. Dieser Bereich hat sich beim Menschen sehr stark ausgedehnt (siehe Bild links). Hier laufen die kognitiven Teilprozesse zusammen, werden bewertet und koordiniert. Das heißt, hier generiert das Gehirn auch, flexibel auf die Situation abgestimmt, die Handlungsentscheidungen für zielgerichtetes Verhalten.

Gleiches leistet bei den Vögeln eine Großhirnregion namens Nidopallium caudolaterale, kurz NCL (siehe Bild rechte Seite). Viele Einzelheiten stimmen beim Präfrontalkortex und NCL weitgehend überein oder entsprechen einander in verblüffendem Maß: die neurochemischen Systeme, die anatomischen Verbindungen, die Arten, wie Nervenfasern auf Außenreize antworten. Ist zum Beispiel das Kurzzeitgedächtnis gefordert, geschieht im NCL bis in die kleinsten zellulären Details im Prinzip das Gleiche wie im Präfrontalkortex eines Säugetiers. Sogar bei Hirnverletzungen gleichen sich die Ausfälle in vieler Hinsicht frappant.

Vögel mit NCL-Läsionen haben zum Beispiel große Mühe, zu verstehen, dass Regeln, die sie einmal gelernt haben, so nun nicht mehr gelten, sondern durch andere ersetzt sind. Sie verhalten sich somit extrem starrsinnig – genau wie Menschen mit Läsionen des Frontalhirns. Anscheinend erfüllt das NCL für die Vögel so ziemlich dieselben Funktionen wie bei den Säugetieren der Präfrontalkortex.

Normalerweise würden Biologen vermuten, dass zwei Strukturen mit derart großen Übereinstimmungen aus derselben Urstruktur hervorgegangen sind, die ein gemeinsamer Vorfahre besaß. Doch in diesem Fall trifft das nachweislich nicht zu. Vielmehr verwendeten Säugetiere und Vögel wohl verschiedene Anteile eines Urpalliums. Aus der entsprechenden Mischung entwickelten sie dann jeweils ihr eigenes Denkkorgan. Schon dessen Lage zeigt die getrennte Herkunft und eigenständige Entstehung: Das NCL der Vögel liegt am hintersten Ende ihres Großhirns – der Präfrontalkortex der Säugetiere bildet den vordersten Teil ihres Stirnhirns.

Diese Erkenntnisse lassen annehmen, dass die Wirbeltiere neuronale Lösungen für hö-

here kognitive Leistungen wahrscheinlich nur in begrenzter Menge bereithielten. Als die Säugetiere und die Vögel unabhängig voneinander eine evolutionäre Entwicklung durchliefen, in der mehr geistige Flexibilität Vorteile bot, da entstanden in beiden Linien Gehirne mit besonderen Strukturen im Großhirn, die ein von Denken begleitetes Verhalten erlaubten: Bei den Säugern wurde das präfrontale Kortex, bei den Vögeln das Nidopallium caudolaterale. Dank dessen vermögen Vögel wie Säugetiere kognitive Teilfunktionen situationsgemäß zu koordinieren – das heißt ihr Verhalten und dessen Auswirkungen fortlaufend zu beobachten, immer wieder neu auf die Verhältnisse abzustimmen und überdies mit Erfahrungen abzugleichen.

Das Beispiel der Vögel beweist, dass höhere kognitive Fähigkeiten nicht unbedingt einen Neokortex erfordern. Offenbar musste es aber wohl eine Großhirnbildung sein, und eine bestimmte anatomische und physiologische Binnenstruktur war ebenfalls vonnöten. Doch eine strenge Schichtung der Zellen und ihrer Kontakte wie in unserer Hirnrinde scheint für Denken nicht wesentlich zu sein. Stimmt es denn wenigstens, dass wir Menschen unsere Intelligenz unserem großen Gehirn verdanken? Selbst da lautet die Antwort nur bedingt Ja. Denn das trifft nur zu, wenn man den Vergleich richtig wählt. Damit tun sich die Forscher allerdings immer noch schwer.

### Pottwale und Elefanten

Zwar wussten sie schon vor Edinger, dass die Gehirngrößen bei verschiedenen Tiergruppen enorm variieren. Auch vermuteten sie schon damals bei größeren Gehirnen mehr Verarbeitungskapazität – was zutrifft. Aber natürlich besitzt der Mensch nicht das größte Gehirn überhaupt. Unseres wiegt im Mittel knapp 1,4 Kilogramm, das von Afrikanischen Elefanten rund 5,7 und von einem Pottwal fast 9 Kilogramm. Trotzdem sind wir zweifellos intelligenter. Unsere Klugheit kann folglich nicht einfach daher kommen, dass die Gehirngröße im Lauf der Evolution der Wirbeltiere wuchs und schließlich in unserem Gehirn kulminierte.

Sollte man darum besser das so genannte relative Hirngewicht betrachten, es also in Relation zum Körpergewicht setzen? Vergleicht man mit diesem Maß zum Beispiel Fische und Säugetiere, so gewinnen Letztere. Und innerhalb der Säugetiere hebt sich der Mensch tatsächlich klar hervor ... doch nur, solange man Tiere nimmt, die uns absolut gesehen an Hirnmasse übertreffen, sprich alle sehr großen Säugetiere. Das Gehirn eines Pottwals oder Elefanten ist also im Verhältnis zum Körper



**Neuere Studien zeigen:** Vögel besitzen ein im Verhältnis ebenso großes Pallium wie Säugetiere. Sie haben zwar keine Großhirnrinde, jedoch im hinteren Großhirn eine Struktur – das NCL –, die dem präfrontalen Kortex der Säugetiere in vielem gleicht, bis hin zu geistigen Prozessen. Hier das Gehirn einer Taube

wirklich um einiges kleiner als unseres. Für kleine Säugetiere gilt das aber keineswegs. Eine Spitzmaus überragt uns beim relativen Hirngewicht deutlich. Und die Vögel? Bei solch einer relativen Wertung fügen sie sich ohne Weiteres in das Schema für Säugetiere, das heißt ihre Gehirne sind im Verhältnis zum Körper nicht kleiner geraten als bei den Säugern.

Ganz klar ergäbe es ein falsches Bild, wollte man aus dem relativen Hirngewicht allein auf die Intelligenzhöhe schließen. Die Forscher ersannen einen Ausweg: Sie bestimmen so genannte Enzephalisationsquotienten (EQs). Das meint die Relation vom gemessenen zum erwarteten relativen Hirngewicht. Wie aus der Grafik (im Kasten S. 132) ersichtlich, ergibt die doppeltlogarithmische Darstellung für die Arten jeder Wirbeltierklasse je eine lang gestreckte, ansteigende Punktwolke. Für jede Wolke lässt sich eine so genannte Regressionsgerade errechnen, im Bild fett gezeichnet. Diese Linie zeigt sozusagen den Durchschnitt: Dort liegen die Punkte jener Arten, die gemessen an ihrer Größe genau das vorausgesagte Hirngewicht ihrer Klasse aufweisen. Alle Arten, deren Punkte fern der Linie stehen, haben ein größeres oder kleineres Gehirn als erwartet.

Der Wert für den Menschen liegt weit oberhalb dieser Geraden. Sein Gehirn ist bis zu achtfach größer als bei seiner Größe zu erwarten. Das heißt, sein EQ beträgt 7 bis 8. Tümmeler haben einen EQ von etwa 5,3, Schimpansen einen von 2,5. Diese Verhältnisse entsprechen schon eher unserer Vorstellung. Trotzdem ist Vorsicht angebracht. Denn auch wenn unser Enzephalisationsquotient zu unserer Intelligenz anscheinend gut passt, so muss das für andere Arten nicht gelten. So be-

**Der Verstand von Elstern scheint sich teils ähnlich zu entwickeln wie bei Menschenkindern.**



sitzen Delfine einen hohen EQ, aber ihre Hirnrinde ist vergleichsweise dünn. Nähme man nur die Dicke des Kortex als Maß, kämen sie schlechter weg als beim EQ. Oder: Die Vertreter mancher Arten sind vielleicht nur deshalb größer und schwerer als nach ihrem Hirngewicht zu erwarten – haben also einen ziemlich geringen EQ –, weil ihre Revierkämpfe viel Kraft, sprich Körpermasse, erfordern. Solche Tiere sind darum wahrscheinlich nicht unbedingt dümmer als kleinere verwandte Arten mit einem höheren EQ. Folglich ist der Enzephalisationsquotient auch nur ein Hilfskonstrukt. Zwar sagt er schon einiges mehr aus als die einfacheren Berechnungen. Doch noch sind die Biologen nicht so weit, dass sie den Zusammenhang von Intelligenz und Hirngröße wirklich verstehen würden.

Trotz der vielen ungelösten Fragen wird niemand leugnen: Grundlegend für die überragende Intelligenz des Menschen ist sein auffallend großes Gehirn. Er besitzt zwar weder das größte Gehirn überhaupt noch das größte im Verhältnis zur Körpermasse. In Ersterem übertreffen ihn manche sehr großen Tiere, in Letzterem viele sehr kleine. Zumindest aber ist unser Gehirn riesig im Vergleich zu anderen Säugern unserer Größe oder unseres Gewichts. Schimpansen kommen mit weniger als einem Drittel aus.

Wozu nutzt der Mensch sein großes Gehirn? Was kann er wirklich mehr als andere

Arten? Solche Fragen sind keineswegs banal. Gut – wir verdanken der zusätzlichen Hirnmasse sicherlich deutlich mehr Denkvermögen, mehr kognitive Kompetenz im Allgemeinen. Erklärt das aber schon unsere überragenden Leistungen? Oder erwarb der Mensch zusätzlich neuartige Fähigkeiten, ganz neue geistige Qualitäten? Letzteres ist zwar anzunehmen, aber für die Wissenschaftler nicht leicht zu ergründen, und wird entsprechend intensiv diskutiert.

Viele, die auf diesem Feld forschen, halten den Erwerb von Sprache für den entscheidenden qualitativen, revolutionären Sprung. Zweifellos hat die Evolution des Sprachvermögens die Denkfähigkeit des Menschen weit nach oben katapultiert. Der Auftritt der Sprache bildete auf jeden Fall einen wichtigen Meilenstein für unsere Intelligenzentwicklung.

### Eigene Gebärdensprache

Aber Sprache allein vermag es offensichtlich nicht, unsere Intelligenz hervorzubringen – oder Sprachbesitz die menschliche Überlegenheit hinreichend zu erklären. Einige Menschenaffen haben immerhin bis zu mehrere hundert Sprachsymbole erlernt, die sie sogar situationsgemäß neu zu kombinieren verstehen. Diese Individuen sind im Ganzen dennoch nicht etwa klüger als nicht sprachtrainierte Artgenossen. Gehörlos geborene Menschen, die viel zu spät an eine ihnen angemessene Sprachform herangeführt wurden – am besten eine Gebärdensprache –, sind trotz einiger kognitiver Defizite selbst den bestgeschulten Menschenaffen intellektuell immer noch weit überlegen. Auch erfinden gehörlose Kinder, die ohne Gebärdenschulung aufwachsen, häufig spontan ihre eigene Gebärdensprache mit eigener Grammatik. Anscheinend machen Affen so etwas praktisch nie. Die menschliche Intelligenz erwächst somit nicht nur aus Sprache, denn sie entwickelt sich zu einem beträchtlichen Grad auch ohne ein sprachlich hochkomplexes Umfeld.

Worauf mag unsere geistige Überlegenheit sonst beruhen? Seit einiger Zeit untersuchen Forscher eine neue These. Sie vermuten – und entdecken dafür immer mehr Belege –, dass den Menschen über allem anderen seine soziale Intelligenz auszeichnet. Wir können uns weitgehend mühelos in andere hineinversetzen und deren Stimmung erfassen. Wir erahnen oft bereits anhand schwach angedeuteter Gesten oder kaum merklicher Anzeichen, was jemand möchte oder vorhat. Auch vermögen wir Handlungen anderer genau zu imitieren.

Selbst Schimpansen können das Meiste davon wesentlich schlechter, obwohl sie manche anders gearteten Intelligenzaufgaben ver-

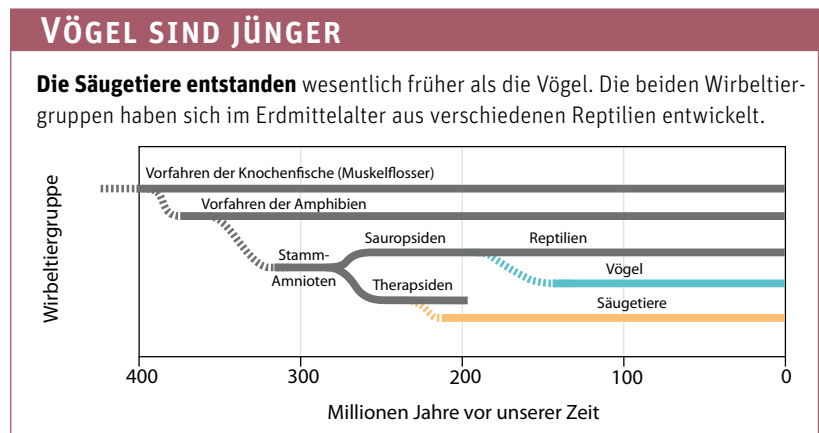
**Das soziale Einfühlungsvermögen von Menschen überragt das von Tieren bei Weitem. Aus dieser Quelle schöpft der Mensch wohl auch seine Kultur.**



gleichsweise gut meistern. Mit umfangreichen Versuchen bewiesen Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für evolutionäre Anthropologie in Leipzig, dass Schimpansen und Orang-Utans physikalisch-naturgesetzliche Zusammenhänge ungefähr in einem Grad verstehen wie zweieinhalbjährige Kinder. Doch Kinder dieses Alters schnitten doppelt so gut ab wie jene Affen, wenn komplexe soziale Fähigkeiten gefordert waren wie etwa, jemand anderen einzuschätzen oder von ihm zu lernen.

Hieraus folgt: Die geistige Überlegenheit des Menschen, selbst über seine nächsten Primatenverwandten, beruht nicht einfach auf seiner allgemein erweiterten, also insgesamt höheren Intelligenz. Auch die kommt ihm in vielen Bereichen zu. Doch zum einen leistet sein Sprachvermögen einen besonders großen Beitrag, zum anderen wohl auch seine ausgeprägte soziale Intelligenz. Vor allem diese beiden Kompetenzen trugen wahrscheinlich dazu bei, dass sich neben unsere biologische Evolution gleichwertig eine zweite Entwicklung setzte: die kulturelle. Die Kultur aber fördert, ja bedingt erst unsere Intelligenz hochgradig.

Wie sehr wir Menschen hierauf angewiesen sind, dokumentieren traurige Schicksale von Kindern. Wenn die soziale Einbettung in eine menschliche Kultur in den ersten Lebensjah-



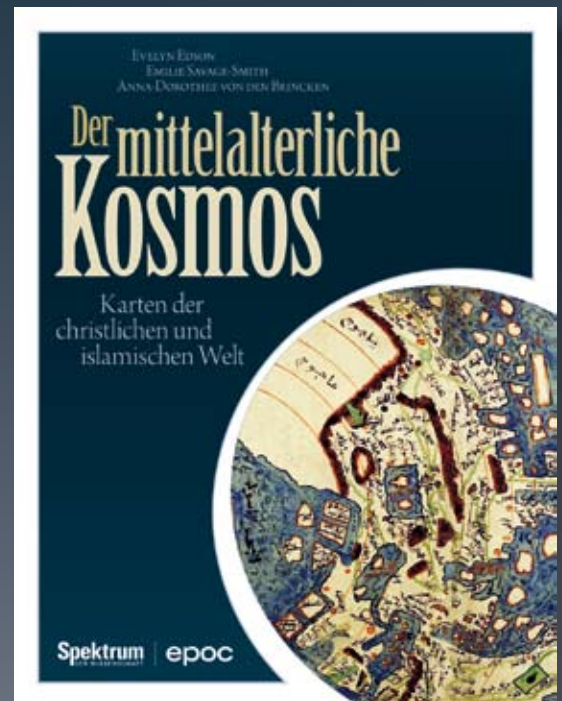
ren fehlt, können sich die normalen kognitiven Fähigkeiten, kann sich die uns eigene Intelligenz nicht ausbilden – das, worin wir uns so klar von den Menschenaffen unterscheiden. Kinder benötigen auch mehr als sozial-emotionale Bindungen, damit die menschentypischen Hirnverdrahtungen entstehen – wenn gleich wohl erst ein soziales Bindungsgefüge die Bereitschaft zum kulturellen Lernen weckt.

Was ein totales Defizit an menschlicher Kultur in der frühen Kindheit anrichtet, offenkundig seltene Unglücksfälle wie das Schicksal der beiden indischen »Wolfsmädchen« Amala und Kamala. Sie wehrten sich, als sie

## S P E K T R U M GALERIE

### »Der mittelalterliche Kosmos«

»Der mittelalterliche Kosmos« bildet den Auftakt der neuen Reihe »Spektrum Galerie«. Dort bieten wir unseren Lesern 1–2 mal pro Jahr von unseren Redaktionen ausgewählte Bücher aus den Bereichen Naturwissenschaften, Gehirnforschung, Medizin, Geschichte und Archäologie in einem exklusiven Nachdruck zum Sonderpreis an. Das Buch kostet € 14,90 (zzgl. Versand). Wenn Sie sich für eine Standing Order entscheiden, erhalten Sie »Der mittelalterliche Kosmos« und alle künftig erscheinenden Bücher dieser Reihe auto-matisch nach Erscheinen zum Vorzugspreis von € 12,90 (inkl. Versand Inland) zugeschickt.

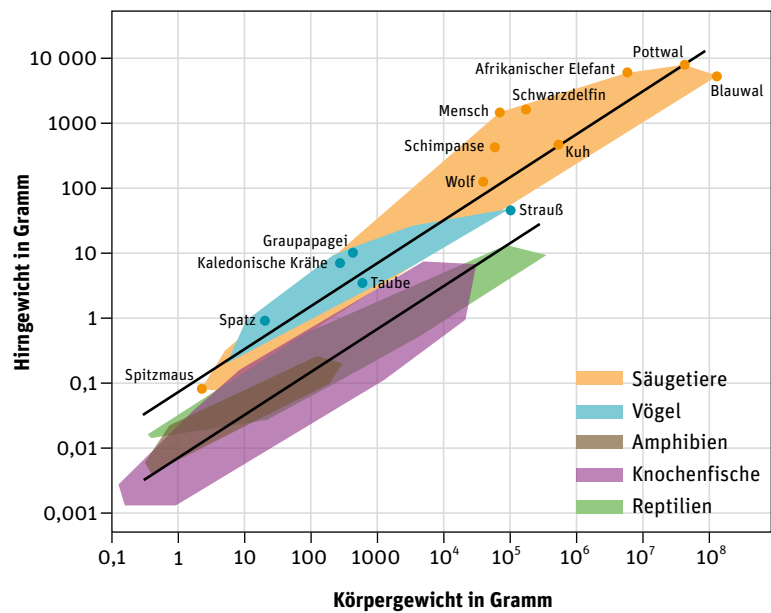


Gebundene Ausgabe, 128 Seiten, Lizenz: Primus Verlag

Welches Bild von Welt und Kosmos hatten das lateinische Abendland und der islamische Orient?



DER EQ ODER ENZEPHALISATIONSQUOTIENT



Die Gehirngröße allein sagt nur bedingt etwas über die Intelligenz eines Tiers aus. Stellt man sie wie hier in Relation zum Körpergewicht, dann weicht der so genannte EQ des Menschen weit vom zu erwartenden Wert eines Säugetiers seines Gewichts ab. Die obere Gerade zeigt den für Warmblüter zu erwartenden Durchschnitt, die untere den anderer Wirbeltiere.

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT / BUSKE-GRAFIK



**Onur Güntürkün** hat am Institut für kognitive Neurowissenschaft der Universität Bochum die Professur für Biopsychologie inne. Mit Verhaltens- und Hirnstudien erforscht er mit seinen Mitarbeitern Verstandesleistungen und deren neuronale Grundlagen von Menschen und anderen Tieren.

**Herrmann, E. et al.:** Humans Have Evolved Specialized Skills of Social Cognition: The Cultural Intelligence Hypothesis. In: Science 317, S. 1360 – 1366, 2007.

**Kirsch, J.A. et al.:** Insight Without Cortex: Lessons From the Avian Brain. In: Consciousness and Cognition 17, S. 475 – 483, 2008.

**Roth, G., Dicke, U.:** Evolution of the Brain and Intelligence. In: Trends in Cognitive Sciences 9(5), S. 250 – 257, 2005.

Weblinks zu diesem Thema finden Sie unter [www.spektrum.de/artikel/969255](http://www.spektrum.de/artikel/969255).

am 17. Oktober 1920 aus dem Wolfsrudel befreit wurden, das bis dahin ihre Familie gewesen war und sie auch heftig gegen die Befreier verteidigte. Sie wurden in ein Kloster gebracht, wo das jüngere Mädchen, bei der Entdeckung etwa eineinhalb Jahre alt, ein Jahr später starb. Kamala, die ältere der beiden, dürfte etwa achteinhalb Jahre alt gewesen sein. Sie brauchte sehr lange, bis sie lernte, aufrecht zu stehen und einige Schritte auf zwei Beinen zu gehen. Hatte sie es eilig, ließ sie sich stets wieder auf alle vier fallen.

In den ersten Jahren brachte sie an menschlichen Tönen, wenn sie stimmlich kommunizierte, nur die angeborenen Laute hervor: Schreien, Stöhnen, Lachen und Weinen. Erst im Jahr 1923 lernte das Kind Laute für »Ja« und »Nein«. 1924 bildete Kamala zum ersten Mal einen Zweiwortsatz. Mit knapp 17 Jahren beherrschte sie 50 Wörter und eine minimale Grammatik. In dem Alter starb sie an Nierenversagen. Nach acht Jahren in Menschenobhut lagen ihre kognitiven und kommunikativen Leistungen nicht erheblich über denen von sprachtrainierten Schimpansen.

Unsere Intelligenz basiert nicht auf einer in ihrer Art einmaligen Hirnstruktur mit Qualitäten, die es außer bei den Säugetieren nirgends gibt. Zu dem, was wir sind, macht uns der Überschuss an Hirnmasse – den wir vor

allem im sozialen Feld nutzen, sowohl um miteinander zu kommunizieren als auch, um Situationen zu verstehen und andere Menschen einzuschätzen. Solch ein Gehirn entwickelt sich nicht von selbst. Damit es zu menschengemäßen geistigen Leistungen findet, also die für unsere Art typischen Verschaltungen aufbaut, benötigen wir als Kinder eine adäquate soziale und kulturelle Einbettung.

Wir sind weit davon entfernt, diesen Vorgang im Detail zu verstehen. Dazu müsste man auch die Evolution unseres Gehirns erst wesentlich mehr begreifen. Noch weniger wissen wir darüber, wie Denken bei den verschiedenen Tieren funktioniert, wie sie zum Beispiel ohne Sprache Schlüsse ziehen.

Unzählige Fragen hat die Intelligenzforschung lange noch nicht gelöst. Etwa: Welche Möglichkeiten eröffnet die Kommunikation mit Elektrizität wie bei einigen Fischen? Oder: Welcher Art kognitive Prozesse werden Tieren möglich, deren Kleinhirn beträchtlich an Größe gewann, während ihr Großhirn dafür schrumpfte? Spannend wäre auch zu ergründen, ob Tiere intelligenter werden, wenn sie evolutionsbedingt kleiner geworden sind, ihr Gehirn aber nicht – wie bei einigen Neuweltaffen. Seit Ludwig Edinger haben wir vieles dazugelernt. Aber das Allermeiste liegt noch vor uns. ◀



# KLEIDER MACHEN MÄNNCHEN ...

**WAS TUN**, wenn das eigene Äußere keine Wirkung beim anderen Geschlecht zeigt? Menschen greifen dann gerne zu Schmuck, Schminke oder schnellen Autos, um ihre Attraktivität zu steigern – oftmals mit Gewinn. Lassen sich aber diese Erfolgserlebnisse zumindest künstlich auch in der Tierwelt erreichen? ...

**Weiter im Text:** [www.spektrumdirekt.de/kleider](http://www.spektrumdirekt.de/kleider)



spektrumdirekt – die Wissenschaftszeitung  
im Internet. Im Premiumangebot mit  
über 18 000 Artikeln, mehr als 1000 PDF-  
Ausgaben und 13 Online-Lexika.  
Und das für nur € 39,95 im Jahr

spektrumdirekt.de  
premium

[spektrumdirekt.de/premium](http://spektrumdirekt.de/premium)