

FÜNFTES KAPITEL

Das Doppelhirn

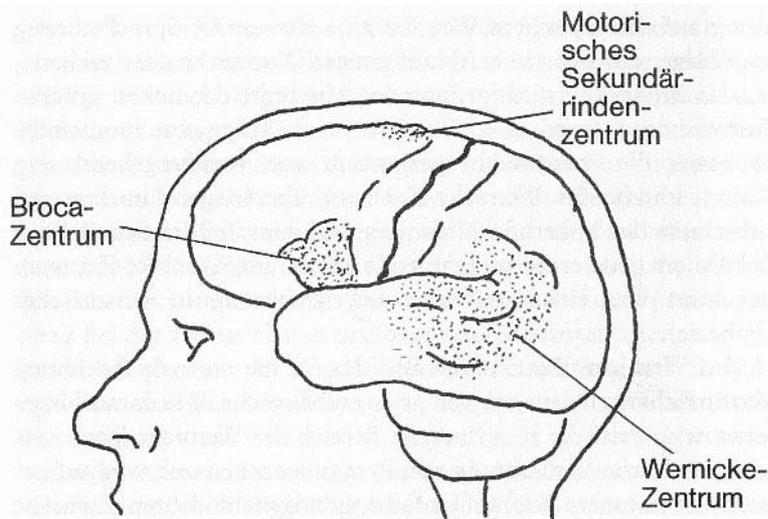
WAS GEHT IM GEHIRN des bikameralen Menschen vor? Etwas so Bedeutsames in der Geschichte unserer Gattung, wie es das

nur rund hundert Generationen zurückliegende - Vorkommen einer vollkommen anders gearteten Mentalität als der unsrigen ist, macht ein Eingehen auf die physiologische Seite der Sache unausweichlich. Wie ist so etwas möglich? Ausgehend von der faktischen Gegebenheit dieses überaus delikaten Apparats aus Nervenzellen und Fasern im Innern unseres Schädels, ist zu fragen: Wie war dieser Apparat wohl organisiert, um eine Mentalität wie die bikamerale zu ermöglichen?

Dies ist der Fragehorizont des gegenwärtigen Kapitels.

Zur ersten Annäherung an eine Antwort folgen wir einem vorgezeichneten Weg: Das gesprochene Wort ist das Medium der bikameralen Psyche - also müssen die Sprachzentren des Gehirns auf irgendeine maßgebliche Weise involviert sein.

In allem, was hier zu diesen Zentren gesagt wird, wie insgesamt in diesem Kapitel und in der Folge überhaupt, werde ich, um Umständlichkeiten der Ausdrucksweise zu vermeiden, die Fakten so wiedergeben, wie sie im allgemeinen für Rechtshänder zutreffen. Bei Rechtshändern befinden sich die Sprachzentren in der linken Großhirnhemisphäre, die die rechte Körperseite steuert. Man nennt sie daher meist auch die dominante Hemisphäre, während die rechte Hemisphäre, die die linke Körperseite steuert, als nichtdominante Hemisphäre bezeichnet wird. Ich werde in der Folge die Verhältnisse so darstellen, als sei die linke Hemisphäre bei allen Menschen die dominante. In Wirklichkeit jedoch ist bei Linkshändern die Dominanz von Fall zu Fall unterschiedlich auf die Hemisphären



Die drei Sprachzentren der linken Gehirnhemisphäre haben unterschiedliche Funktionen und Bedeutung. Das Motorische Sekundär-rindenzentrum ist vor allem verantwortlich für die Artikulation, das Broca-Zentrum für Artikulation, Wortschatz, Tonfall und Grammatik, das Wernicke-Zentrum schließlich für Wortschatz, Satzbau, Bedeutung und das Verstehen gesprochener Sprache.

verteilt: Bei einigen sind die Verhältnisse einfach spiegelbildlich umgekehrt (so daß also die rechte Hemisphäre die Funktionen ausübt, die bei Rechtshändern der linken zufallen), bei anderen ist überhaupt kein Unterschied zu Rechtshändern gegeben, und bei wieder anderen teilen sich beide Hemisphären in die Dominanz. Indes, als Ausnahmefälle, die lediglich fünf Prozent der Bevölkerung ausmachen, können wir die Linkshänder hier vernachlässigen. Die Sprachzentren sind drei an der Zahl und befinden sich bei der Mehrheit aller Menschen sämtlich in der linken Hirnhemisphäre.~ Es handelt sich um: 1. das Motorische Sekundär-rindenzentrum auf der Oberseite der linken oberen Stirnhirnwindung (seine Entfernung auf chirurgischem Weg hat eine elementare Sprachstörung zur Folge, die sich nach Ablauf einiger Wochen wieder verliert); 2.. das Broca-Zentrum im hinteren Abschnitt der linken unteren Stirnwindung (wird es entfernt, so ist die Folge eine motorische Aphasie, die ebensowohl permanent wie vorübergehend sein kann); und 3. das Wernicke-Zentrum, überwiegend im hinteren Abschnitt des linken Schläfenhirns und zum Teil im Scheitelhirn lokalisiert (jede ernst zu nehmende Läsion im Wernicke-Zentrum resultiert von einem gewissen Lebensalter an in sensorischer Aphasie).

Das Wernicke-Zentrum ist also das für die normale Ausübung des Sprachvermögens am wenigsten entbehrliche. Wie daraufhin zu erwarten, weist die Hirnrinde im Bereich des Wernicke-Zentrums eine merkliche Verdichtung von Pyramidenzellen auf, was auf beträchtliche innere wie äußere Verbindungen hindeutet. Zwar ist man sich in der Forschung noch nicht ganz einig über die genaue Abgrenzung dieses Bereichs;2 nicht der geringste Zweifel besteht jedoch hinsichtlich der Wichtigkeit des Wernicke-Zentrums für die sinnhafte menschliche Kommunikation.

Aus erkenntnislogischer Sicht, das ist klar, begibt man sich auf extrem dünnes Eis, indem man Isomorphien zwischen der konzeptuellen Abbildung eines psychologischen Sachverhalts auf der einen und der gleichzeitigen Gehirnstruktur auf der anderen Seite statuiert. Aber wir können dieses Risiko unter den gegebenen Bedingungen nun einmal nicht vermeiden. Freilich bleibt es schwer vorstellbar, daß in den drei Sprachzentren oder selbst im Ganzen der höchst subtilen Querverbindungen zwischen ihnen die Matrix irgendeiner Sprachkomponente in so differenzierter und spezifizierter Form auszumachen sein sollte, wie das zum Beleg meiner Theorie von der bikameralen Psyche erforderlich wäre.

Verweilen wir einen Augenblick bei diesem Problem. Die Sprachzentren befinden sich sämtlich in der linken (dominanten) Hemisphäre. Warum? Aus welchem Grund ist die Sprachfunktion nur in einer der beiden Gehirnhälften repräsentiert? Diese vexierende Rätselfrage hat mich so gut wie jedermann, der sich einmal mit der Evolution des menschlichen Gehirns befaßte, lange Zeit nicht losgelassen. Von den anderen wichtigen psychischen Funktionen sind die meisten bilateral repräsentiert. Diese sonst allenthalben gegebene Redundanz ist ein biologischer Vorteil für das Lebewesen, denn bei Verletzungen in der einen Hemisphäre kann die andere den Schaden kompensieren. Wieso aber ist das bei der Sprache anders? Bei der zwingendsten und charakteristischsten aller menschlichen Fähigkeiten, der unerläßlichen Voraussetzung und Grundlage allen sozialen Handelns, dem allerletzten kommunikativen Verbindungsfaden, von dessen Tragfestigkeit in den nacheiszeitlichen Jahrtausenden oftmals der Fortbestand des menschlichen Lebens als solchen abgehungen haben muß? Warum wurde diese *Conditio sine qua non* der menschlichen Kultur nicht in beiden Gehirnhemisphären repräsentiert?

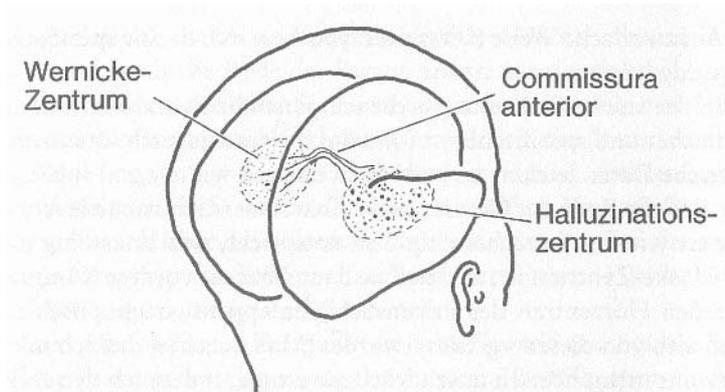
Das Problem wird noch rätselhafter, wenn man bedenkt, daß der für die Sprachfunktion erforderliche neurologische Apparat in der rechten Hemisphäre ebenso vorhanden ist wie in der linken. Wird das Wernicke-Zentrum der linken Hemisphäre oder der darunterliegende Thalamus, der die Verbindung zum Hirnstamm unterhält, im Kindesalter schwer verletzt, so verlagert sich in der Folge der gesamte Sprachmechanismus in die rechte Hemisphäre. Bei Beidhändern kommt es (obschon sehr selten) vor, daß die Sprachrepräsentanz tatsächlich in beiden Hemisphären ausgebildet ist. Wir sehen also, daß die normalerweise sprachfreie rechte Gehirnhälfte unter bestimmten Bedingungen der linken in puncto Sprache durchaus ebenbürtig ist.

Eine weitere Dimension des Problems enthüllt sich in der Frage, was denn nun evolutionsgeschichtlich gesehen in der rechten Hemisphäre materialiter vorging zu der Zeit, in der sich links die aptischen Strukturen der Sprachfunktion herausbildeten. Betrachten wir doch einmal jene Regionen der rechten Hemisphäre, die den Sprachzentren der linken entsprechen: Worin besteht ihre Funktion? Oder noch präziser: Worin besteht ihre *wichtige Funktion -denn nur eine vorrangig wichtige Funktion kann verhindert haben, daß aus diesen Regionen evolutiv zusätzliche Sprachzentren wurden*. Wenn wir heute diese Bezirke in der rechten Hemisphäre reizen, erzeugen wir damit nicht die übliche «aphasische Unterbrechung» (ein schlichtes Aussetzen der laufenden Sprachprozesse), wie sie als Folge einer Reizung der regulären Sprachzentren in der linken Hemisphäre auftritt. Aus diesem augenscheinlichen Mangel irgendeiner Funktion hat man vielfach den Schluß gezogen, daß umfängliche Bereiche der linken Hemisphäre schlicht überflüssig seien. Tatsächlich sind menschlichen Patienten infolge von Krankheiten oder Unfällen schon große Mengen rechtsseitigen Gewebes, die mitunter auch das Gegenstück zum Wernicke-Zentrum umfaßten, ja in einigen Fällen sogar das ganze rechte Großhirn herausoperiert worden, ohne daß die resultierenden Ausfälle in den psychischen Funktionen zu nennenswerten Problemen geführt hätten.

Wir haben also eine Sachlage zur Kenntnis zu nehmen, derzufolge diejenigen Bezirke der rechten Hemisphäre, die den Sprachzentren entsprechen, allem Anschein nach keine ohne weiteres ersichtliche Funktion haben. Aber wozu dann diese vergleichsweise unwichtigen Gehirnpartien? Könnte es sein, daß diese stummen «Sprachzentren» in der rechten Hemisphäre auf einer früheren Etappe der Menschheitsgeschichte irgendeine Funktion ausübten, die sie heute nicht mehr haben?

Die Antwort liegt auf der Hand, wenngleich erst in vorläufiger Gestalt. Der evolutionäre Selektionsdruck, der ein so gewaltiges Ergebnis zu zeitigen vermochte, war derjenige der bikameralen Kultur. Die Menschensprache war aus dem einen Grund mit nur einer Gehirnhemisphäre verknüpft: damit die andere frei blieb für die Sprache der Götter.

Wenn dem so ist, dürfen wir erwarten, gewisse Kanäle zu finden, über welche die bikameralen Stimmen aus dem rechten (nichtdominanten) Schläfenlappen in den linken gelangten. Die Hauptverbindung zwischen den Hirnhemisphären ist fraglos der mächtige, aus über zwei Millionen Fasern bestehende «Balken» (das Corpus callosum). Indes, beim Menschen besitzen die Schläfenlappen ihren eigenen - sozusagen privaten - «Balken» in der (bedeutend weniger faserreichen) vorderen Commissur (Commissura anterior rostri cerebri). Bei Ratten und Hunden verbindet die vordere Commissur die Geruchszentren. Beim Menschen hingegen - das habe ich in meiner etwas dilettantischen Zeichnung zu verdeutlichen gesucht -geht dieses transversale Bündel aus weißer Substanz vom größeren Teil der Schläfenhirnrinde aus, vor allem jedoch von der mittleren Windung, die zum Wernicke-Zentrum gehört; es verjüngt sich zur Mitte hin und überquert als Strang von kaum mehr als 3 mm Durchmesser in einem kleinen Bogen Hypothalamus und Mandelkern, um sich dann zum gegenüberliegenden Schläfenlappen hin wieder trichterförmig zu erweitern. Hier haben wir nach meinem Dafürhalten den schmalen Steg vor uns, über den die Direktiven kamen, auf denen unsere Kultur und die Weltreligionen gründen; die Stelle, wo die Götter sich den Menschen offenbarten und Gehorsam ernteten, weil sie der menschliche Wille waren.³



In der Frühzeit des Menschen mag die Stelle in der rechten, die dem Wernicke-Zentrum in der linken Gehirnhemisphäre entspricht, Direktiven produziert und in «Stimmen» übersetzt haben, die dann über die vordere Kommissur von der linken oder dominanten Hemisphäre «gehört» wurden.

Auf zweifache Weise läßt diese Hypothese sich in eine spezifische Fassung bringen.

In der stärkeren Fassung - die ich persönlich vorziehe, weil sie einfacher und spezifischer ist (und das bedeutet ja auch: durch empirische Daten leichter zu bestätigen oder zu widerlegen) - besagt sie, daß die Rede der Götter unmittelbar in der Gehirnpartie strukturiert wurde, die rechtsseitig dem entspricht, was linksseitig das Wernicke-Zentrum ist, und daß sie dann über die vordere Kommissur den Hörzentren des linken Schläfenlappens «zugesprochen» und also von diesen «gehört» wurde. (Man beachte, daß ich mich hier nur metaphorisch auszudrücken vermag, indem ich den rechten Schläfenlappen zu einem Sprecher und den linken zu seinem Zuhörer personifiziere: daß jeder einzelne Term der Relation für sich und im buchstäblichen Sinn genommen falsch ist, berührt ja die Geltung der Äquivalenzrelation als solcher nicht.) Ein weiterer Grund, warum ich für die Hypothese in der stärkeren Fassung optiere, ist der, daß sie den effizientesten Weg beschreibt, wie verarbeitete Informationen oder Gedanken von der einen Seite des Gehirns in die andere gelangen können. Man stelle sich die evolutionäre Problemlage vor: Milliarden von Ganglienzellen verarbeiten in der einen Hemisphäre komplexe Erfahrungen, die jetzt durch die erheblich kapazitätsschwächere Kommissur hinübergeschickt werden müssen in die andere Hemisphäre. Dazu ist ein Code vonnöten, der hochkomplexe Verarbeitungsergebnisse auf eine einfachere Form reduziert, in der sie die zahlenmäßig verminderten Nervenbahnen speziell der vorderen Kommissur zu passieren vermögen. Und wo in der Evolution des animalischen Nervensystems ist jemals ein besserer Code aufgetreten als die menschliche Sprache? Der stärkeren Fassung unserer Hypothese zufolge nehmen mithin die als Dispositiv gegebenen Gehörshalluzinationen Sprachform an einzig aus dem Grund, weil dies das effizienteste Verfahren ist, komplizierte Rindensbearbeitungen von einer Seite des Gehirns auf die andere zu übermitteln.

Die schwächere Fassung der Hypothese ist weniger spezifisch. Sie besagt, daß das artikulatorische Moment der Gehörshalluzination, nicht anders als die Rede der Person selbst, aus der linken Hemisphäre stammte, daß aber Sinn und Inhalt der halluzinierten Rede sowie das andersgeartete Verhältnis, in welchem die Person zu dieser Rede stehend sich empfand, Hervorbringung rechtsseitiger Schläfenhirnaktivität waren, die über die vordere Kommissur und eventuell auch über das Splenium (das ist der hintere Teil des Balkens) Erregung in die Sprachzentren der linken Hemisphäre schickte und somit dort «gehört» wurde.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es im Grunde gleichgültig, für welche Fassung der Hypothese wir optieren. Das Zentrum beider bildet die Behauptung, daß das Amalgamieren erzieherischer Erfahrungen eine Funktion der rechten Hemisphäre war und daß die Stimmen der Götter hervorgerufen wurden durch Erregung in jener rechtsseitigen Gehirnpartie, die das Gegenstück zum linksseitig gelegenen Wernicke-Zentrum darstellt.

Einzelbeobachtungen, die unsere Hypothese stützen, lassen sich unter fünf verschiedenen Beweisthemen rubrizieren: i. jede der beiden Hemisphären versteht Sprache, doch selber sprechen kann normalerweise nur die linke; z. im rechtsseitigen Gegenstück zum Wernicke-Zentrum läßt sich die Rudimentärform einer Funktionsweise feststellen, die in gewisser Weise den Götterstimmen ähnelt; 3. unter bestimmten Bedingungen sind beide Hemisphären in der Lage, jede für sich beinahe wie eine selbständige Person zu agieren, und ihr Verhältnis zueinander ist dann ein Bild der Gott-Mensch-Beziehung bikameraler Epochen; 4. die heute feststellbaren Unterschiede zwischen den beiden Hemisphären in bezug auf kognitive Funktionen lassen sich zumindest als ein Nachhall der - aus der Literatur der bikameralen Menschheit ablesbaren - funktionalen Differenzen zwischen Gott und Mensch begreifen; 5. die Organisiertheit des Gehirns unterliegt Umwelteinflüssen in viel höherem Grad als bisher angenommen, so daß ein Wandel, wie er dem Übergang vom bikameralen zum bewußten Menschen zugrunde gelegen haben muß, sich durchaus allein auf der Basis des Lernens und der Kultur vollzogen haben kann.

Der Rest des Kapitels in diesen fünf Beweisthemen gewidmet.

1. Jede der beiden Hemisphären versteht Sprache

Die Götter, so habe ich an früherer Stelle noch ein bißchen spekulativ gesagt, waren Amalgame aus erzieherischen Erfahrungen, Mischprodukte aus sämtlichen Befehlen, die dem Individuum je erteilt worden waren. Demnach wäre für die göttlichen Gehirnregionen nicht unbedingt deren Beteiligung am motorischen Sprachprozeß vorauszusetzen,

unumgänglich aber müßten sie die Bedingung erfüllen, daß sie am Hören und Verstehen von Sprache teilnehmen. Und das ist selbst heute noch der Fall. Tatsächlich verstehen wir Sprache mit beiden Hemisphären. Gehirnschlagpatienten mit Blutungen im linken Kortex können nicht sprechen, verstehen aber, was ihnen gesagt wird.⁴ Spritzt man Natriumamytal in die linke Kopfschlagader (das ist der sogenannte «Wada-Test»), die zur linken Gehirnseite führt, so wird die ganze linke Hemisphäre gelähmt, und nur die rechte funktioniert ungestört weiter; dennoch bleibt die Versuchsperson in der Lage, Anweisungen, die man ihr gibt, auszuführen.⁵ In Tests mit Patienten, an denen die sogenannte Split-brain-Operation vorgenommen wurde (auf diese Operation komme ich gleich ausführlich zu sprechen), wurde eine beträchtliche Fähigkeit des Sprachverstehens in der rechten Hemisphäre nachgewiesen.⁶ In der Regel kann der Patient Gegenstände, die man ihm nennt, mit der linken Hand aus anderen Gegenständen herausgreifen und Befehle, die man ihm gibt, mit der linken Hand ausführen. Selbst in Fällen, wo bei Menschen infolge eines Glioms (Geschwulst der Stützsubstanz des Gehirns) die gesamte linke Hirnhemisphäre - die spracherzeugende Hemisphäre, wie wir uns erinnern - entfernt werden muß, scheinen die Patienten bereits unmittelbar nach der Operation in der Lage, die Fragen des Chirurgen zwar nicht zu beantworten, aber doch immerhin zu verstehen.⁷

2. In der rechten Hemisphäre ist die göttliche Funktion noch rudimentär vorhanden

Wenn das soeben ausgeführte Modell korrekt ist, dürften wir eigentlich auch damit rechnen, in der rechten Hemisphäre, in wie verkümmert Form auch immer, irgendeinen Überrest ihrer weiland göttlichen Funktion zu finden. Wir können hier sogar noch präziser werden: Da die Stimmen der Götter nicht mit der Bildung artikulierter Laute, das heißt nicht mit dem Gebrauch von Kehlkopf und Mund einhergingen, können wir das rechtsseitige Pendant zum Broca-Zentrum sowie zum Motorischen Sekundärwindungszentrum bis zu einem gewissen Grad vernachlässigen und uns ganz auf das Pendant zum Wernicke-Zentrum beziehungsweise auf den hinteren Abschnitt des rechten («nichtdominanten») Schläfenlappens konzentrieren. Wenn wir das Gehirn in dieser Gegend reizen, werden wir dann, wie in uralten Zeiten, Götterstimmen hören? Oder wenigstens irgend etwas, was von fern an sie erinnert? Etwas, was uns zu der Annahme berechtigt, daß ihm vor dreitausend Jahren die göttliche Lenkung der menschlichen Geschicke oblag?

Wir erinnern uns vielleicht daran, daß ja genau die eben bezeichnete Gehirnregion vor Jahren von Wilder Penfield in einer seither berühmt gewordenen Folge von Untersuchungen der experimentellen Reizung ausgesetzt worden ist.⁸ Darauf möchte ich nun näher eingehen.

Diese Untersuchungen wurden durchgeführt an rund siebzig Patienten mit Epilepsiediagnose, und zwar Epilepsie, bedingt durch Läsion im Bereich des Schläfenlappens. Im Rahmen der Vorbereitungen für die operative Entfernung des geschädigten Gewebes wurde die Hirnoberfläche im Schläfenbereich an mehreren Stellen mit einem leichten elektrischen Strom stimuliert. Die Reizintensität entsprach ungefähr der Mindeststromstärke, die erforderlich ist, um durch Reizung des entsprechenden motorischen Zentrums ein leichtes Kribbeln im Daumen hervorzurufen. Wollte man hier nun einwenden, daß die aus solchen Reizungen resultierenden Phänomene entstellte seien durch das für die angegebene Patientengruppe typische Vorhandensein von vernarbten Gliose-, Sklerose- oder Meningitisherden, so würde ich dem entgegenhalten, daß ein Blick in den Originalbericht genügt, um derlei Bedenken als unbegründet zu zerstreuen. Wo die erwähnten Mißbildungen festgestellt wurden, waren sie genau eingegrenzt und hatten keinerlei Einfluß auf die Reaktionen der Versuchspersonen während der Dauer der Reizung.⁹ Man darf also davon ausgehen, daß die Ergebnisse dieser Untersuchungen auch über die Vorgänge Auskunft geben, die wir unter gleichen Bedingungen bei normalen Individuen antreffen würden.

In der großen Mehrzahl der Fälle wurde der rechte Schläfenlappen stimuliert, insbesondere im hinteren Bereich zur oberen Windung hin - also die rechtsseitige Entsprechung zum Wernicke-Zentrum. Bei den Patienten stellte sich daraufhin eine Reihe von bemerkenswerten Reaktionen ein. Wir stehen hier - ich wiederhole es - an dem Punkt, wo wir erwarten dürfen, gleichsam aus dem anderen Teil unserer bikameralen Psyche neuerlich den Anruf der antiken Götter zu vernehmen. Haben diese Patienten - und sei's bloß im Nachhall - die Gottheiten des Altertums sprechen hören?

Hier einige repräsentative Untersuchungsbefunde.

Während der Reizung in dem beschriebenen Bereich rief Fall Nr. 7 (Student, männlich, 22 Jahre alt) aus: «Jetzt höre ich wieder Stimmen, irgendwie ist für mich der Kontakt mit der Wirklichkeit abgerissen. Mir summt's in den Ohren, und ich fühle mich ein bißchen beklommen.» Und bei erneuter Reizung: «Stimmen - genau wie vorher. Und jetzt war auch wieder der Kontakt mit der Wirklichkeit abgerissen.» Auf die entsprechende Frage erwiderte er, er habe nicht verstehen können, was die Stimmen sagten. Sie hätten «verschwommen» geklungen.

Ähnlich verschwommen waren die Stimmen in der Mehrzahl der Fälle. Fall Nr. 8 (Hausfrau, 26 Jahre alt) wurde ungefähr im gleichen Bereich stimuliert und gab an, es sei ihr so vorgekommen, als habe sie von weit, weit her eine Stimme gehört: «Es klang, als ob die Stimme etwas sagte, aber sie war so leise, daß ich nicht mitkriegen konnte, was.» Fall Nr. 12 (weiblich, 24 Jahre alt) wurde sukzessive an verschiedenen Stellen im hinteren Abschnitt der oberen Schläfenwindung gereizt; die Reaktion war: «Ich hörte jemand sprechen oder murmeln oder so ähnlich.» Und nach Reizung einer anderen Stelle: «Da wurde eben geredet oder gemurmelt, aber ich konnte nichts verstehen.» Und als ein knapp zwei Zentimeter langes Stück der Windung gereizt wurde, blieb die Frau anfangs stumm, um dann einen lauten Schrei auszustoßen. «Ich hab die Stimmen gehört und dann losgeschrien. Ich hatte ein Gefühl, das ging mir durch und durch.» Und als die Reizung wieder ein kleines Stück zurück gegen den Ausgangspunkt verlagert wurde, begann sie zu schluchzen: «Wieder die Stimme von diesem Mann! Dazu fällt mir nicht mehr ein, als daß mein Vater mir furchtbar

viel Angst macht. » Sie identifizierte die Stimme nicht als die ihres Vaters, sondern fühlte sich durch jene nur an diesen erinnert.

Manche Patienten hörten Musik, unbekannte Melodien, die sie dem Chirurgen vorsummen konnten (Nr. 4 und Nr. 5). Andere hörten Verwandte, zumal ihre Mutter. Fall Nr. 32 (weiblich, 22. Jahre alt) hörte ihre Eltern sprechen und singen; nach Verlagerung der Reizung hörte sie ihre Mutter « bloß noch keifen ».

Für viele Patienten gingen die Stimmen von absonderlichen oder unbekanntenen Orten aus. Fall Nr. 36 (weiblich, 26 Jahre alt) gab nach Reizung im vorderen Abschnitt der rechten oberen Schläfenwindung zu Protokoll: «ja, ich habe irgendwo flußabwärts Stimmen gehört, eine männliche und eine weibliche, und beide riefen sie. » Gefragt, wie sie darauf käme, daß es « flußabwärts » war, sagte sie: «Ich meine, ich hätte den Fluß gesehen.» Welchen Fluß? «Ich weiß auch nicht. Offenbar einer, wo ich als Kind mal zu Besuch gewesen bin.» Bei Reizung anderer Stellen hörte sie Menschen etwas aus einem Gebäude ins Nebengebäude hinübrufen. Und als eine Stelle daneben gereizt wurde: laute Rufe einer Frau auf einem Holzlagerplatz; dazu versicherte die Patientin, sie sei « nie im Leben auch nur in die Nähe von einem Holzlagerplatz gekommen».

In den seltenen Fällen, wo die Stimmen als von links oder rechts kommend beschrieben wurden, wurden sie stets kontralateral lokalisiert. Fall Nr. 2.9 (männlich, 25 Jahre alt) erklärte nach Reizung in der rechten mittleren Schläfenwindung: «Jemand sagte mir ins linke Ohr: <Sylvere, Sylvere! > Kann sein, daß es mein Bruder war. »

Die Stimmen und die Musik - gleichgültig, ob verworren oder klar erkennbar - wurden als Realerlebnisse gehört, Gesichtshalluzinationen wurden als Realerlebnisse gesehen, geradeso wie Achilleus Thetis erlebt oder wie Moses Jahwe aus dem brennenden Dornbusch gehört hatte. Der im vorigen Absatz zitierte Fall Nr. 29 sah bei neuerlicher Reizung, «wie jemand mit jemand anderem sprach, er hat ihn auch mit Namen angeredet, aber den habe ich nicht verstanden ». Auf die Frage, ob er die Person sehe, gab er zur Antwort: « Es war genau wie im Traum. » Und auf die weitere Frage, ob die Person im Raum anwesend sei: « Aber ja doch - ungefähr da drüben, wo die Schwester mit der Brille sitzt. »

Bei einigen etwas älteren Patienten mußte erst eine Weile nach einer geeigneten Stelle gesucht werden, bis es auf die Reizung hin zu Halluzinationen kam. Ein vierunddreißigjähriger Französischkanadier (Fall Nr. 24), der auf vorausgegangene Reizungen nichts bemerkt hatte, wurde jetzt im hinteren Abschnitt der mittleren Schläfenwindung stimuliert, als er plötzlich sagte: «Moment mal, da sehe ich jemand! » Und als der Reizpunkt etwa zweieinhalb Zentimeter nach oben verlagert wurde: « Oui, lä, lä, lä! Das war er, er ist gekommen, der Depp! » Nochmals ein Stückchen weiter oben, doch immer noch im Bereich, der dem Wernicke-Zentrum entspricht: «Jetzt, jetzt, j'entends! Gerade hat mir wer was sagen wollen und hat in einem fort auf mich eingeredet: <Vite, vite, vite!>»

Indes, bei den jüngeren Lebensaltern ist die Sachlage einwandfrei so, daß durch Reizung des rechten Schläfenlappens verursachte Halluzinationen plastischer und lebhafter im Ausdruck und autoritärer im Inhalt sind. Ein vierzehnjähriger junge (Fall Nr. 34) sah zwei Männer in Lehnstühlen sitzen, die ihm lauthals entgegengingen. Ein vierzehnjähriges Mädchen (Fall Nr. 15), das im hinteren Abschnitt der rechten oberen Schläfenwindung gereizt wurde, rief aus: «Oh, jetzt schreien sie wieder alle auf mich ein... Sie sollen aufhören!» Die Dauer der Reizung hatte zwei Sekunden betragen, die Stimmen hielten elf Sekunden an. Das Mädchen erklärte: «Sie schimpfen mit mir, weil ich böse war; allesamt schimpfen sie. » Wo immer es im hinteren Abschnitt des rechten Schläfenlappens stimuliert wurde, hörte es Geschimpfe. Sogar als die Reizung knappe vier Zentimeter hinter den Anfangspunkt verlegt wurde, rief das Mädchen noch: «Jetzt fangen sie schon wieder an zu schimpfen. Sie sollen aufhören! » Und jetzt hielten die Stimmen auf eine einzelne Reizung hin 11 Sekunden lang an.

Ganz so simpel ist die Sache freilich nicht, und ich möchte auch nicht den Eindruck vermitteln, sie wäre es. Die erwähnten Beispiele sind das Resultat einer Siebung. Bei manchen Patienten zeigte sich überhaupt keine Reaktion. Gelegentlich mischte sich in die geschilderten Erlebnisse die autoskopische Erinnerungstäuschung mit ein, von der wir im Zweiten Kapitel gesprochen haben. Eine zusätzliche Komplikation ergibt sich aus dem Umstand, daß auch die Reizung der entsprechenden Stellen auf der linken (normalerweise dominanten) Hemisphäre vergleichbare Halluzinationen hervorrufen kann. Mit anderen Worten, die geschilderten Erscheinungen sind nicht das ausschließliche Privileg des rechten Schläfenhirns. Doch treten solche Reaktionen bei Reizung der linken Hemisphäre nicht mit gleicher Regelmäßigkeit auf und allenfalls mit verminderter Intensität.

Wichtig an all diesen durch Reizung erzeugten Erlebnissen ist ihr *Fremdcharakter*: Sie stellen eher eine Gegenposition zum Selbst als dessen eigene Worte und Handlungsweise dar. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, erlebten sich die Versuchspersonen niemals essend, sprechend, laufend oder spielend oder beim Liebesakt. In beinahe sämtlichen Fällen waren sie ebenso passives Objekt, wie der bikamerale Mensch das passive Objekt seiner Stimmen war.

Passives Objekt wovon? Penfield und Perot meinen, es handle sich um nichts anderes als frühere Erlebnisse, um Rückblenden in die Vergangenheit. Das durchweg beobachtete Ausbleiben des Wiedererkennungseffekts erklären sie mit bloßer Vergeßlichkeit. Sie gehen davon aus, daß hier konkrete Erinnerungen vorliegen, für die bei längerer Versuchsdauer mit etwas mehr Aufwand der volle Wiedererkennungseffekt hätte erzielt werden können. Tatsächlich zielten die Fragen, die sie den Probanden während des Versuches stellten, auf die Bestätigung dieser Hypothese. Und es kam auch vor, daß Aussagen einzelner Patienten in die Richtung der Erinnerungskongretheit wiesen. Doch aufs Ganze gesehen ist weitaus typischer der Befund, daß die Versuchsperson auch auf ausdrückliche Fragen hin darauf beharrt, man könne diese Erlebnisse nicht als Erinnerungen bezeichnen.

Nicht allein deshalb, sondern auch mit Rücksicht auf das generelle Fehlen von Vorstellungsbildern der agierenden eigenen Person, in denen normalerweise unsere Erinnerungen bestehen, bin ich der Ansicht, daß Penfield und Perot ihre Befunde nicht korrekt interpretiert haben. jene Bereiche des Schläfenlappens sind nicht « der Speicher von Hör- und Seherlebnissen im Gehirn », noch sind sie der Sitz des Erinnerungsvermögens für solche Erlebnisse, sondern in ihnen sind Kombinationen und Amalgame bestimmter Aspekte jenes Erlebens lokalisiert. Nach meinem Dafürhalten rechtfertigen es die Befunde keineswegs, von den beschriebenen Regionen zu behaupten: «Sie spielen im Erwachsenenleben eine gewisse Rolle bei der unterbewußten Erinnerung früheren Erlebens, das sie für aktuelle Situationsdeutungen verfügbar machen. » Vielmehr führen die Befunde in eine ganz andere Richtung, nämlich zu Halluzinationen, die eine Verdichtung speziell von Erziehungserlebnissen darstellen und die bei denjenigen Patienten, die auf Befragen Auskunft über sie zu geben vermochten, gegebenenfalls durch Wahrnehmungstäuschung oder Rationalisierung in das Realerleben integriert werden.

3. jede der beiden Hemisphären kann sich unabhängig von der anderen betätigen

Unser Gehirnmodell der bikameralen Psyche muß der Tatsache Rechnung tragen, daß der göttliche Sektor und der menschliche Sektor einigermaßen unabhängig voneinander agierten und dachten. Aber wenn wir nun den Nachweis zu führen suchen, daß die Zweigeteiltheit jener antiken Mentalität in der Zweigeteiltheit des Großhirns mit seinen beiden Hemisphären vorgebildet ist - heißt das nicht, daß wir ganz willkürlich Gehirnregionen personifizieren? Was könnte uns das Recht geben, die beiden Hirnhemisphären fast wie zwei verschiedene Individuen zu betrachten, von denen nur das eine die Fähigkeit zu manifester Sprachäußerung besitzt, die 1. jedoch alle beide in der Lage sind, Sprache zu hören und zu verstehen?

Daß es plausibel ist, so zu verfahren, läßt sich mit Hilfe einer anderen Gruppe von Epileptikern erhärten. Es handelt sich bei ihnen um ein rundes Dutzend von neurochirurgischen Operationspatienten, die einer kompletten Kommissurotomie unterzogen wurden - einem Eingriff, bei dem sämtliche Verbindungsbahnen zwischen rechter und linker Hemisphäre in der Mitte durchtrennt werden.¹⁰ Diese sogenannte Split-brain-Operation (der Ausdruck ist insofern nicht ganz zutreffend, als ja die tiefer gelegenen Gehirnregionen unzertrrennt bleiben) bewirkt normalerweise die Heilung der Epilepsie - eines für andere Behandlungsmethoden unzugänglichen Leidens -, weil sie die unkontrollierte Ausbreitung paroxysmischer Erregung über die gesamte Gehirnrinde unterbindet. Als unmittelbare Folge der Operation stellt sich bei manchen Patienten ein bis zu zwei Monaten währender Verlust der Sprachäußerung ein, während andere in dieser Hinsicht nicht die geringsten Probleme haben - niemand weiß zu sagen, warum das so ist. Es könnte sein, daß die Beziehungen zwischen den Hemisphären von Mensch zu Mensch geringfügig unterschiedlich ausgebildet sind. Der Genesungsprozeß ist schleppend; bei allen Patienten zeigen sich Störungen des Kurzzeitgedächtnisses (was auf die Durchtrennung der kleinen hippokampischen Verbindungsbahnen zurückzuführen sein mag), in gewissem Umfang auch Orientierungsschwierigkeiten sowie psychische Erschöpfung.

Das Erstaunliche ist nun aber, daß diese Patienten sich nach etwa einjähriger Genesungsfrist vollständig wiederhergestellt fühlen. Sie verspüren in ihrem Befinden nicht den geringsten Unterschied zu dem Zustand vor der Operation. jetzt sehen sie fern und lesen die Zeitung, ohne über irgendwelche Beschwerden zu klagen. Und auch einem uneingeweihten Beobachter fällt nichts Besonderes an ihnen auf.

Indes, unter Bedingungen strengster Kontrolle der sensorischen Reizaufnahme enthüllen sich hochinteressante und aufschlußreiche Defizite.

Nehmen wir an, Sie fixieren irgend etwas mit dem Blick, sagen wir, das Wort genau in der Mitte dieser Zeile: während Sie das tun, werden alle Wörter links vom Blickpunkt nur von Ihrer rechten Gehirnhälfte gesehen und alle Wörter rechts davon nur von der linken. Solange die Verbindungsbahnen zwischen den Hemisphären intakt sind, stellt die Koordination der beiden Seiten kein Problem dar (wenngleich es an und für sich bereits ein erstaunlich Ding ist, daß wir so etwas wie lesen können). Wären Ihnen allerdings die Kommissuren durchtrennt worden, dann sähe die Sache ganz anders aus. Von der Zeilenmitte an nach rechts würde das Gedruckte wie gewöhnlich wahrgenommen; Sie könnten es ab- und vorlesen, als sei alles normal. Aber an der Stelle von allem Gedruckten und der ganzen Seite links davon wäre jetzt nur mehr Leere. Genaugenommen nicht einmal Leere, sondern nichts, pures, absolutes Nichts, weit mehr Nichts als alles Nichts, das Sie sich noch vorzustellen vermögen. So sehr Nichts, daß Ihnen - so seltsam sich das anhören mag - noch nicht einmal bewußt werden würde, daß da nichts ist. Wie beim Phänomen des blinden Flecks wird das «Nichts» irgendwie «ausgefüllt», «gestopft», so als wäre da nichts, wo nichts wäre. In Wirklichkeit freilich wäre all dieses «Nichts» in Ihrer zweiten Gehirnhemisphäre, die all das, was «Sie» nicht sehen könnten, trotzdem sehen würde, und das sogar ganz ausgezeichnet. Aber weil sie nicht über die Gabe des artikulierten Ausdrucks verfügt, kann sie nicht sagen, daß sie etwas sieht. Es ist, als befänden «Sie» - was immer das Wort in diesem Zusammenhang bedeuten mag - sich « in » Ihrer linken Gehirnhemisphäre und könnten jetzt, wo die Verbindungsbahnen gekappt sind, nie mehr erfahren oder ein Bewußtsein davon erlangen, was eine fremde Person - die einmal dasselbe war wie «Sie» - in der Hemisphäre gegenüber gerade sieht oder denkt. Zwei Personen in *einem* Kopf...

Das vorstehende Gedankenspiel folgt einem der Testverfahren, die an Kommissurenschnitt-Patienten erprobt wurden. Die Versuchsperson fixiert den Mittelpunkt eines diaphanen Projektionsschirms; auf der linken Seite des Schirms erscheinen Diaprojektionen von bestimmten Gegenständen: Sie werden also nur von der rechten Hemisphäre gesehen und können nicht benannt werden, aber der Proband ist in der Lage, den jeweils abgebildeten Gegenstand mit der linken (von der rechten Hemisphäre gesteuerten) Hand aus einer Gruppe von Gegenständen herauszugreifen oder

ihn durch Deuten auf eine übereinstimmende Abbildung zu identifizieren, auch wenn er verbal beteuert, er sehe ihn nicht.-- Solche nur von der rechten (nichtdominanten) Hemisphäre erblickten Reize sind dort gleichsam eingesperrt: Sie können der linken Hemisphäre, in der sich die Sprachzentren befinden, nicht «mitgeteilt» werden, weil die Verbindungsbahnen gekappt sind. Daß die rechte Hemisphäre sich im Besitz dieser Information befindet, erfahren wir einzig, indem wir sie auffordern, die linke Hand zum Deuten zu benutzen - was sie prompt und geschickt bewerkstelligt.

Projiziert man in das rechte und in das linke Gesichtsfeld unterschiedliche Graphen - etwa links das Dollarzeichen (\$), rechts ein Fragezeichen - und fordert die Versuchsperson auf, mit der linken Hand aufzuzeichnen, was sie gesehen hat, und zwar so, daß die Handbewegung durch eine Blende verdeckt wird, also außer Sicht der Versuchsperson erfolgen muß: dann wird das Dollarzeichen gezeichnet. Auf die Frage jedoch, was sie da unter der Sichtblende gerade gezeichnet habe, antwortet die Versuchsperson unbeirrbar: das Fragezeichen. Mit anderen Worten: Mit den beiden Hirnhemisphären verhält es sich unter den gegebenen Bedingungen buchstäblich so, daß die linke nicht weiß, was die rechte tut.

Auch wenn der Name irgendeines Gegenstands - zum Beispiel das Wort «Radiergummi» - in das linke Gesichtsfeld projiziert wird, ist die Versuchsperson in der Lage, den Radiergummi mit der linken Hand - und nur mit der linken Hand - aus einer Ansammlung von Gegenständen hinter einer Sichtblende herauszusuchen. Ist das korrekt ausgeführt und wird die Versuchsperson nun gefragt, um welches Ding es sich handle, so vermag der redegabte Bewohner der linken Hemisphäre nicht zu sagen, was der stumme Bewohner der rechten Hemisphäre hinter der Sichtblende in der linken Hand hält. Das gleiche leistet die Linke auch auf das Vorsprechen des Wortes « Radiergummi » hin, doch die redende Hemisphäre erfährt nicht, wann die Hand den Gegenstand gefunden hat. Auch das bestätigt natürlich wieder, was ich schon ausgeführt habe, nämlich daß beide Hemisphären Sprache verstehen; allerdings war es vorher nicht möglich gewesen festzustellen, wie weit das Sprachverständnis in der rechten Hemisphäre geht.

Des weiteren zeigt sich, daß die rechte Hemisphäre in der Lage ist, komplizierte Definitionen zu verstehen. Projiziert man «Gerät zum Entfernen von Bartstoppeln» ins linke Gesichtsfeld, will sagen: in die rechte Hemisphäre, so zeigt die linke Hand auf einen Rasierapparat; bei «Reinigungsmittel» zeigt sie auf Seife und bei «wird in den Automaten Schlitz eingeworfen» auf eine Münze.-

Überdies vermag die rechte Hemisphäre dieser Patienten emotional zu reagieren, ohne daß die redegabte linke Hemisphäre erfährt, was der Anlaß des Ganzen war. Eine Reihe von neutralen geometrischen Figuren wird sukzessive dargeboten, und zwar nach dem Zufallsprinzip mal im rechten, mal im linken Gesichtsfeld, mit anderen Worten, mal der linken, mal der rechten Gehirnhemisphäre; wird nun mittendrin unvermittelt das Bild eines appetitlichen nackten Mädchens ins linke Feld (= die rechte Hemisphäre) projiziert, so erklärt der Patient (genauer: die linke Gehirnhemisphäre des Patienten), er habe nichts oder allenfalls bloß den Lichtblitz gesehen. Aber während der folgenden Minute widerlegen Grinsen, Erröten und Kichern die Auskunft der redenden Hemisphäre. Auf die Frage, was es mit all diesem Getue auf sich habe, erwidert die linke, redegabte Hemisphäre, sie habe nicht die leiseste Ahnung.¹³Die auftretenden mimischen Veränderungen und das Erröten sind übrigens nicht auf eine Gesichtshälfte beschränkt, da sie von den tiefliegenden Verbindungen im Hirnstamm von der einen auf die andere Seite übertragen werden. Affektausdruck ist nicht Sache der Rinde.

Und gleichermaßen verhält es sich mit anderen Sinnesmodalitäten. Gerüche, die dem rechten Nasenloch und damit (da die Geruchsfasern nicht kreuzweise verlaufen) der rechten Hemisphäre dargeboten werden, können diese Patienten mit ihrer redenden Hemisphäre nicht benennen, wenngleich die letztere sehr wohl kundzutun weiß, ob es sich um einen angenehmen oder einen unangenehmen Geruch handelt. Das geht so weit, daß der Patient einen unerquicklichen Geruch mit Grunzlauten, Grimassieren oder einem lauten «Puh!» quittiert: Trotzdem kann er nicht *sagen*, ob er es mit Knoblauch, Käse oder etwas Verfaultem zu tun hatte.¹⁴Dem linken Nasenloch dargeboten, können die gleichen Gerüche sehr wohl benannt und beschrieben werden. Das bedeutet, daß der Ekelaffekt über das unversehrte limbische System und den Hirnstamm in die sprechende Hemisphäre hinübergelangen, die in der Rinde erarbeitete spezifischere Information hingegen nicht.

Tatsächlich spricht manches dafür, daß gemeinhin die rechte Hemisphäre als Auslöser von Unlustreaktionen auf das limbische System und den Hirnstamm einwirkt. Man kann eine Testsituation arrangieren, in der man die rechte Hemisphäre die richtigen Antworten auf die vorgelegten Fragen jedesmal wissen läßt; muß sie dann mit anhören, wie die linke (dominante) Hemisphäre offenkundige Fehlantworten gibt, so kann es vorkommen, daß der Patient die Stirn runzelt, zusammenzuckt oder den Kopf schüttelt. Es ist nicht einfach nur eine Redensart, wenn man sagt, daß die rechte Hemisphäre verärgert ist über die fehlerhaften Antworten der linken. Und so mag sich auch die Verärgerung der Pallas Athene erklären, in der sie den Achilleus bei seinen goldenen Haaren packt und ihn davon abhält, das Schwert gegen seinen König zu zücken («Ilias» I, 197). Oder die Verärgerung Jahwes angesichts der Sündhaftigkeit seines Volkes.

Selbstverständlich ist da ein Unterschied. Beim bikameralen Menschen waren sämtliche Verbindungsbahnen zwischen links und rechts intakt. Wie ich jedoch später noch ausführen werde, können Veränderungen in der Umwelt so weitgehende Neuorganisierungen im Gehirn bewirken, daß die in dem soeben angezogenen Vergleich angelegten Schlußfolgerungen nicht völlig absurd sind. Aber wie dem auch sei, die Untersuchungen an den Split-brain-Patienten haben jedenfalls schlüssig erwiesen, daß die beiden Gehirnhemisphären unabhängig voneinander funktionieren können, so als wäre jede eine Person für sich, und diese virtuellen Personen, so behaupte ich, waren in der bikameralen Epoche der Geschichte das menschliche Individuum und sein Gott.

4. Die Unterschiede in den kognitiven Funktionen der beiden Hemisphären sind analog dem Unterschied zwischen Gott und Mensch

Ist das vorgelegte Gehirnmodell der bikameralen Psyche korrekt, so enthält es zugleich die Voraussage, daß zwischen den beiden Hemisphären ein prononcierter Unterschied in der kognitiven Funktion bestehen muß. Im einzelnen wäre zu erwarten, daß die zum menschlichen Part gehörenden Funktionen in der linken (dominanten) Hemisphäre lokalisiert sind und die den Göttern zugehörigen Funktionen mehr in der rechten Hemisphäre ausgeprägt. Überdies gibt es keinen Grund, auf die Annahme zu verzichten, daß diese unterschiedlichen Funktionen zumindest residual auch in der Gehirnorganisation des Gegenwartsmenschen vorhanden sind.

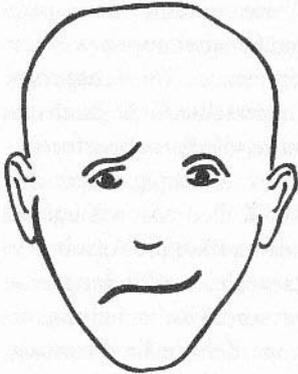
Die Funktion des Gottes bestand zur Hauptsache in der Anleitung und Planung des Handelns in ungewohnten Situationen. Die Götter taxieren Probleme und organisieren das Handeln nach Maßgabe eines durchgängigen Schemas oder Zwecks mit dem Ergebnis der hochkomplexen bikameralen Kultur; der Zusammenhang unter einer Vielfalt disparater Einzelglieder, wie etwa zwischen Saatzeit und Erntezeit, das taxonomische System der produzierten Güter wie überhaupt die Zusammenbindung grenzenloser Mannigfaltigkeit zu einem planvollen Ganzen ist ihr Werk, das sie schaffen, indem sie dem neurologischen Mensch-Part im Allerheiligsten des gesprochenen, analytischen Wortes die entsprechenden Direktiven erteilen. Wir dürfen also erwarten, daß eine der heute residual noch verbliebenen Funktionen der rechten Hemisphäre im Organisatorischen liegt, in der taxonomischen Gliederung der innerhalb einer Kultur anfallenden Erfahrungen und ihrer Integration zu einer figuralen Ganzheit, die dem Individuum « sagt », was es zu tun hat. Das Bild, das sich ergibt, wenn wir daraufhin eine Reihe von göttlichen Verlautbarungen in der « Illas », dem Alten Testament oder anderen literarischen Zeugnissen des Altertums überprüfen, stimmt damit überein. Die Mannigfaltigkeit vergangenen wie zukünftigen Geschehens wird gesiebt und kategorisiert und zu einem neuen Bild synthetisiert, letzteres häufig vermittels des A und O aller Synthese, der Metapher. Und diese Funktionen dürfen wir demnach als Charakteristika der rechten Hirnhemisphäre anzutreffen erwarten.

Klinische Beobachtungen bestätigen diese Hypothese. Von den Split-brain-Patienten, die uns einige Seiten weiter vorn begegnet sind, wissen wir, daß die rechte Gehirnhälfte mit der ihr zugeordneten linken Hand sich hervorragend auf das Auseinanderhalten und Kategorisieren von Formen und Größen und Materialbeschaffenheiten versteht. Von Patienten mit Hirnverletzungen wissen wir, daß Verletzungen der rechten Hemisphäre das Leistungsvermögen im Bereich der Raumbeziehungen sowie von Ganzheit und Gestalt beeinträchtigen.¹⁵ Labyrinth verkörpern eine Problemsituation, die verlangt, lernend die zahlreichen Einzelelemente einer Raumfigur zum Ganzen zu vereinen. Patienten, denen der rechte Schläfenlappen vollständig entfernt wurde, schaffen es so gut wie nie, sich in einem visuellen oder taktilen Labyrinth zurechtzufinden, während Patienten mit Läsionen gleichen Ausmaßes im linken Schläfenlappen in dieser Hinsicht kaum Schwierigkeiten haben.¹⁶

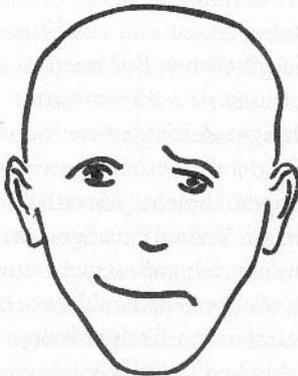
Eine andere Aufgabenstellung, die ebenfalls den Aufbau einer räumlichen Figur aus Einzelteilen einschließt, verkörpert der Block Design Test von S. C. Kohs (auch als Würfel-Test oder Mosaikspiel bekannt), der gewöhnlich als Bestandteil von Intelligenztests angewandt wird. Dem Probanden wird eine einfache geometrische Figur gezeigt; seine Aufgabe besteht darin, diese Figur hinterher mit Würfeln, auf denen ihre Elemente aufgezeichnet sind, nachzulegen. Für die meisten Menschen ist das überhaupt kein Problem. Gehirnverletzte mit einer Schädigung der rechten Hemisphäre jedoch haben dabei extreme Schwierigkeiten, und dieser Zusammenhang ist so auffällig, daß der Test auch zur Diagnose von Läsionen der rechten Hemisphäre eingesetzt wird. Die bereits erwähnten Split-brain-Patienten scheitern meist kläglich, wenn sie die Figur mit der rechten Hand nachlegen sollen. Die linke Hand dagegen - gewissermaßen die Hand der Götter - hat da überhaupt keine Probleme. ja, bei manchen Split-brain-Patienten mußte die Linke vom Versuchsleiter mit sanfter Gewalt davon abgehalten werden, der ziellos an ihrer simplen Aufgabe herumfummelnden Rechten spontan zu Hilfe zu kommen.¹⁷ Diese wie auch andere vergleichbare Beobachtungen führten allgemein zu dem Schluß, daß die rechte Hemisphäre mehr auf synthetische und räumlich-konstruktive Aufgaben spezialisiert ist, die linke dagegen mehr auf Analyse und Sprachperformanz. Die rechte Hemisphäre - darin vielleicht den Göttern vergleichbar - begreift den Sinn von Einzelheiten nur aus deren Zugehörigkeit zu einem größeren Ganzen; sie sieht Ganzheiten. Die linke (dominante) Hemisphäre dagegen sieht - wie die menschliche Komponente der bikameralen Psyche - das einzelne als solches.

Diese klinischen Befunde wurden bekräftigt durch eine an normalen Versuchspersonen durchgeführte Untersuchung, die Schule zu machen verspricht.¹⁸ Über Schläfen- und Scheitellappen wurden beidseitig EEG-Elektroden befestigt, ehe man die Versuchspersonen einer Reihe von Tests unterzog. Sind unterschiedliche Buchstabensorten niederzuschreiben - eine Aufgabe, die sprachperformative und analytische Befähigungen aktiviert -, so registriert das EEG über der linken Hemisphäre schnelle Wellen von schwacher Spannung, was bedeutet, daß die linke Hemisphäre die Arbeit verrichtet; über der rechten Hemisphäre treten gleichzeitig langsame Alpha-Wellen (wie sie bei einer Versuchsperson in Ruhestellung mit geschlossenen Augen beidseits registriert werden) in Erscheinung, was verrät, daß die rechte Hemisphäre nicht arbeitet. Erhält dieselbe Versuchsperson eine Aufgabe, die ihre Befähigung zu räumlicher Synthese anspricht - wie beispielsweise der zuvor erwähnte Würfel-Test -, so ergibt sich der umgekehrte Befund. jetzt tut die rechte Hemisphäre die Arbeit.

Weitere Annahmen, welche bestimmten Funktionen residual in der rechten Hemisphäre vorhanden sein müßten, lassen sich aus Überlegungen zu der Frage herleiten, was die göttlichen Stimmen der bikameralen Psyche in bestimmten Situationen zu leisten hatten. Um Erfahrungen sortieren und zu Handlungsanleitungen synthetisieren zu können, mußten die Götter in der Lage sein, gewisse Wiedererkennungsleistungen zu vollbringen. Solche Identifizierungsleistungen sind in sämtlichen göttlichen Verlautbarungen der Literatur des Altertums an der Tagesordnung. Ich meine nicht nur das Identifizieren speziell von Individuen, sondern ebenso sehr auch allgemeiner von Menschentypen und Klassen von Sachverhalten. Eine höchst wichtige Leistung des menschlichen Urteilsvermögens war zu allen Zeiten die Identifizierung von Gesichtsausdrücken, insbesondere im Hinblick auf etwaige freundliche oder feindliche Absichten ihres Trägers. Sah ein bikameraler Mensch ein nichtidentifiziertes Individuum auf sich zukommen, dürfte die Entscheidung



Diese beiden Gesichter sind Spiegelbilder voneinander. Richten Sie Ihren Blick jeweils auf die Nasen: Welches Gesicht sieht fröhlicher aus?



der Gott-Komponente seiner Mentalität über freundliche oder feindliche Absicht der unbekanntenen Person von erheblicher überlebenswichtiger Bedeutung gewesen sein.

Die nebenstehende Abbildung dient einem Experiment, das ich mir vor ungefähr zehn Jahren aufgrund der soeben beschriebenen Annahme ausgedacht habe. Die zwei Gesichter sind Spiegelbilder voneinander. Ich habe bis dato nahezu tausend Menschen befragt, welches von beiden fröhlicher aussieht. Durchaus folgerichtig entschieden sich ungefähr 80 Prozent der befragten Rechtshänder für das untere Gesicht mit dem vom Betrachter aus gesehen linksseitig emporgezogenen, also lächelnden Mundwinkel. Daraus folgt, daß sie das Gesicht mit der rechten Gehirnhemisphäre beurteilten - vorausgesetzt natürlich, daß ihr Blick auf den Mittelpunkt des Bildes gerichtet war. Dieses Ergebnis fällt noch überzeugender aus, wenn die Zeichnung mittels eines Tachistoskops dargeboten wird. Wählt man den Brennpunkt genau in der Bildmitte und als Belichtungszeit eine Zehntelsekunde, so erscheint das untere Gesicht ausnahmslos allen Rechtshändern als das fröhlichere.

Eine zunächst durchaus plausible andere Erklärung für diese Bereitschaft, einen Gesichtsausdruck anhand der linken Hälfte des Gesichtsfelds zu beurteilen, besagt, daß man es hier mit einer Folgeerscheinung unserer kulturellen Gepflogenheit, von links nach rechts zu lesen, zu tun hat. Und zweifellos erfährt der beschriebene Effekt in unserer Kultur durch diese Gepflogenheit eine Verstärkung. Daß jedoch die Hemisphärendifferenzierung den eigentlichen Kern der Sache bildet, geht aus den Befunden mit Linkshändern hervor. 55 Prozent der befragten Linkshänder sahen das obere Gesicht als das fröhlichere, was darauf hindeutet, daß die linke Hemisphäre die Beurteilung vornahm. Und das läßt sich nicht aus der kulturell vorgegebenen Schreib-Lese-Richtung erklären. Hinzu kommt, daß Menschen mit vollständiger Dominanz der linken Körperhälfte (also nicht nur der Hand) offenbar noch sehr viel häufiger das obere Gesicht als das fröhlichere empfinden.

Zu ähnlichen Befunden kamen wir neuerdings in einem Experiment, in dem wir Fotos verwendeten, auf welchen ein Schauspieler Trauer, Fröhlichkeit, Ekel und Überraschung mimt.⁹ Unsere - sehr sorgfältig auf Rechtshändigkeit hin überprüften - Versuchspersonen hatten zunächst den Blickpunkt eines Tachistoskops zu fixieren,

dann wurde ihnen für wenige Millisekunden ein Foto in zentraler Position dargeboten und anschließend mit der gleichen Expositionszeit ein weiteres rechts oder links davon. Die Versuchspersonen hatten zu bestimmen, ob die beiden Bilder identisch oder verschieden waren; die Zeit, die sie für ihre Entscheidung benötigten, wurde registriert. Die meisten identifizierten übereinstimmende Gesichtsausdrücke mit größerer Treffsicherheit und schneller, wenn das Duplikat im linken Gesichtsfeld dargeboten wurde. Im Kontrollversuch wurden Verzerrungen derselben Fotografien benutzt (also im Grunde genommen sinnlose Figuren); auch in diesem Fall wurden übereinstimmende Figuren schneller und sicherer identifiziert, wenn das Duplikat im linken Gesichtsfeld erschien -freilich nicht annähernd mit der Zügigkeit und Zuverlässigkeit wie im Fall der unverzerrten Bilder.

Klinisches Material aus jüngerer Zeit deutet unverkennbar in die gleiche Richtung. Das Unvermögen, Gesichter - nicht bloß Gesichtsausdrücke - zu identifizieren, tritt sehr viel häufiger in Verbindung mit Schädigungen der rechten als mit Schädigungen der linken Gehirnhemisphäre auf. In einem klinischen Test besteht die Aufgabe des Patienten darin, anhand der Frontalansicht eines Gesichts unter wechselnden Beleuchtungsverhältnissen die dazugehörigen Dreiviertelansichten zu identifizieren. Patienten mit Läsionen der rechten Hemisphäre haben damit unverhältnismäßig viel größere Schwierigkeiten als normale Probanden oder Patienten mit Läsionen der linken Hemisphäre.- Das Erkennen von Gesichtern und Gesichtsausdrücken ist also primär eine Funktion der rechten Hemisphäre.

Und in ungewohnten Situationen Freund und Feind auseinanderzuhalten war eine der Funktionen der Götter.

5. Das Gehirn in neuer Sicht

Wie ist es möglich - so könnte nun eingewandt werden -, daß ein System wie dieses: das Gehirn mit der Struktur, die ich als bikamerale Psyche bezeichnet habe, und die, mit der in unserem Modell beschriebenen Distribution von Funktionen, jahrtausendlang das Substrat der menschlichen Kultur bildete - ich sage: wie ist es möglich, daß hier innerhalb so relativ kurzer Frist ein Wandel des Funktionsprinzips eintritt, in dessen Verlauf jene erzieherischen Stimmen verstummen und wonach wir es alsdann mit einer neuen Organisiertheitsform namens Bewußtsein zu tun haben? Auch wenn es in der Welt seit jenem Wandel Völkermord genug gegeben hat, um eine gewisse natürliche Selektion und Evolution zu bewirken, spielt dieser Punkt in meiner Beweisführung keinerlei Rolle. Was an natürlicher Selektion während der Herausbildung des Bewußtseins ins Spiel kam, hat sicherlich zu dessen Überdauern beigetragen, kann jedoch nicht als Bedingungsrahmen für eine regelrechte Evolution von der bikameralen Psyche zum Bewußtsein in Anspruch genommen werden - Evolution in dem Sinn, wie der Weg von den Läufen und Pfoten irgendeines Vorfahren zu den Flossenfüßen der Robben als Evolution bezeichnet wird.

Ein angemessenes Begreifen des Sachverhalts läßt sich nur aus einem neuen Bild vom Gehirn gewinnen, unter Preisgabe von Auffassungen, wie sie noch vor wenigen Jahrzehnten geläufig waren. Die neue Perspektive betont vor allen Dingen: die Plastizität des Gehirns; die redundante Repräsentation eines psychischen Vermögens innerhalb einer spezialisierten Region beziehungsweise eines «Zentrums»; die «multiple Steuerung» des einzelnen psychischen Vermögens, also seine Steuerung durch mehrere Zentren, die entweder bilateral paarig angeordnet sind oder in einem Verhältnis zueinander stehen, das Hughlings Jackson als «Re-Repräsentation» von Funktionen bestimmte, als Spiegelung von Spiegelungen der Funktionen auf zunehmend höheren und phylogenetisch jüngeren Entwicklungsebenen des Nervensystems.¹ ~ Daß das Gehirn von Säugern in dieser Weise organisiert ist, ist der Grund für jene Erfahrungstatsachen, die sich unter der Rubrik «Wiederherstellung von Funktionen» zusammenfassen lassen. Im Vordergrund des neuen Bildes vom Gehirn steht jedoch die Eigenschaft der Plastizität: Das Gehirn ist sehr viel plastischer als bisher angenommen; es verfügt über einen geradezu schwindelerregenden Überschuß von Neuronen, dergestalt, daß beispielsweise 98 Prozent der Sehnerven einer Katze durchtrennt werden können, ohne daß die Fähigkeit zur Unterscheidung von Helligkeitsgraden und Figuren dadurch verlorengeht.²² Das Gehirn quillt förmlich über von in sich redundant ausgestatteten Zentren, deren jedes vielleicht eine direkte Rolle in einem Leitungsbogen spielt oder die Arbeitsweise anderer Zentren modifiziert, oder beides zugleich, wobei es zu den vielfältigsten Formen und Graden der Vernetzung zwischen zusammenwirkenden Zentren kommen kann.

Dieses ganze System redundanter Repräsentation und multipler Steuerung führt zu dem Bild eines sehr viel wandelbarer organisierten Gehirns, als die ältere Neurologie wahrhaben wollte. Die Ausführung einer Verhaltenseinheit oder eines Verhaltensmusters beschäftigt eine Unmenge gleichartiger Neuronen eines bestimmten Zentrums und versetzt unter Umständen eine Reihe weiterer Zentren in Aktion, die je nach ihrem evolutionären Status in unterschiedlichen Konfigurationen von Hemmung und Bahnung miteinander gekoppelt sind. Die Dichte der Kopplungen zwischen den einzelnen Zentren schwankt ihrerseits von Funktion zu Funktion gewaltig.¹³ Mit anderen Worten, das Ausmaß der Veränderungen, denen die Distribution kortikaler Funktionen unterliegen kann, ist für jede Funktion ein anderes; die Veränderlichkeit der Distribution als solche jedoch ist, wie jetzt immer offenkundiger wird, ein hervorstechendes Kennzeichen des Gehirns der höheren Säuger. Der biologische Zweck, der Selektionsvorteil derartiger redundanter Repräsentation und multipler Steuerung sowie der daraus resultierenden Plastizität, ist ein doppelter: Zum einen ist das Gehirn damit gegen die Auswirkungen von Läsionen gesichert, zum anderen - und das dürfte der wichtigere Aspekt sein - ergibt sich so ein Organismus, der weitaus flexibler, anpassungsfähiger auf das Risiko ständig sich wandelnder Umweltbedingungen zu antworten in der Lage ist. Ich denke hierbei an existentielle Risiken der Art, wie die fortschreitende Vergletscherung sie für den Urmenschen mit sich brachte, und selbstverständlich auch an jenes noch viel größere Risiko, das im Scheitern der bikameralen Psyche lag und dem Menschen die Anpassungsleistung des Bewußtseins abnötigte.

Das bedeutet aber nicht nur, daß das Verhalten des ausgewachsenen Menschen weniger rigide ist als das seiner Vorfahren, obzwar dies gewiß auch zutrifft. Wichtiger jedoch ist, daß damit ein Organismus geschaffen ist, bei dem Einzelheiten der frühkindlichen Entwicklungsgeschichte beträchtliche Konsequenzen für die spätere Gehirnorganisation haben können. Noch vor wenigen Jahren hätte eine solche Idee für rundheraus abwegig gegolten. Doch eine steigende Flut einschlägiger Forschungen hat jegliche starre Auffassung vom Gehirn weggewaschen und die Tatsache ins Licht gerückt, in welch erstaunlichem Umfang das Gehirn Strukturdefizite - gleichgültig, ob angeborene Deformationen oder spätere Läsionen - zu kompensieren vermag. Zahlreiche Untersuchungen an Tieren haben bewiesen, daß Gehirnschädigungen im Kindheitsstadium sich im Verhalten des erwachsenen Exemplars kaum auswirken, während gleichartige Läsionen im Erwachsenen-Stadium hier gravierende Veränderungen bewirken können. Wir haben schon darauf hingewiesen, daß frühkindliche Schädigungen der linken Hemisphäre beim Menschen normalerweise in einer Verlagerung des gesamten Sprachapparats in die rechte Hemisphäre resultieren.

Einer der verblüffendsten Beweise für diese Elastizität des Gehirns ist der Fall eines fünfunddreißigjährigen Mannes, der an einer Unterleibsgeschwulst gestorben war. Die Autopsie ergab, daß ihm die Fimbria hippocampi, die Fornix, das Septum pellucidum sowie das größte Stück vom Mittelteil des Thalamus von Geburt an fehlten; außerdem besaß er einen abnorm kleinen Hippokampus und einen ebenso abnorm kleinen Gyrus parahippocampalis und Gyrus dentatus. Ungeachtet dieser beträchtlichen Anomalien hatte der Patient sich stets als «Gemütsmensch» und «Lebenskünstler» erwiesen und war in der Schule sogar Klassenbester gewesen! 24

Während des Wachstums kompensiert also das Nervensystem Erb- oder umweltbedingte Schäden, indem es andere, wiewohl weniger begangene Entwicklungswege einschlägt und dabei unversehrtes Gewebe in Dienst nimmt. Im Erwachsenenstadium, nach Abschluß der Entwicklung, sind diese Wege versperrt. Die durchgebildete Gehirnorganisation ist bereits auf normalem Weg erreicht. Nur im Verlauf der Kindheitsentwicklung kann die Neugliederung, die vom Normalfall abweichende Redistribution der Systeme der multiplen Steuerung erfolgen. Und ganz entschieden trifft dies für die im vorliegenden Zusammenhang zentral wichtige Beziehung zwischen den beiden Gehirnhemisphären zu.²⁵

Vor diesem Hintergrund sehe ich nichts, was gegen die Annahme spräche, daß die Region der rechten (nichtdominanten) Gehirnhemisphäre, die das Gegenstück zum Wernicke-Zentrum bildet, in der bikameralen Epoche ihre genau umschriebene bikamerale Funktion ausübte, daß sie jedoch nach Jahrtausenden der psychologischen Neugliederung, der Redistribution, in welchem Zeitraum jeder aufkeimende Ansatz zur Bikameralität bereits in früher Kindheit unterdrückt wurde, ganz anders funktioniert. Aus denselben Gründen wäre es verfehlt zu glauben, daß die gegenwärtige Neurologie des Bewußtseins, wie immer sie aussehen mag, eine für alle Ewigkeit festgeschriebene Größe sei. Die Beispiele, die wir in diesem Kapitel kennengelernt haben, sprechen im Gegenteil dafür, daß kein unabdingbar festgelegter Zusammenhang besteht zwischen Hirngewebe und der Funktion, die es ausübt; und damit ist es durchaus denkbar, daß veränderte Umstände, die dem Individuum ein verändertes Entwicklungsprogramm vorschreiben, Veränderungen der Hirnorganisation bedingen können.

- 1 Ich stütze mich hier und im folgenden auf ein Buch von Wilder Penfield und Lamar Roberts: *Speech and Brain-Mechanisms* (Princeton: Princeton University Press 1959), das als klassische Autorität gelten kann, wenngleich es in Einzelheiten überholt ist durch die gegenwärtige Wissensexplosion auf diesem Sektor.
- 2 Mit der gewohnten Hilfsbereitschaft hat Joseph Bogen seine Zeit geopfert, um mir die Fußangeln zu zeigen, die in dem vorhandenen Faktenmaterial zu der Frage lauern, welche Abschnitte denn nun genau in das Wernicke-Zentrum einzubeziehen sind. Dank schulde ich auch meinem ehemaligen Schüler Stevan Harnad für seine unschätzbare Hilfe in Gesprächen über viele der hier berührten Fragen.
- 3 Ich behaupte damit nicht, daß die bikamerale Vermittlung die einzige Funktion der vorderen Kommissur war. Die Kommissur verbindet den größten Teil jeweils des linken und rechten Schläfenlappens, einschließlich eines großen Stücks vom hinteren Abschnitt der unteren Schläfenwindungen. Diese Region wird von einem kräftigen Fasersystem gespeist, das steil vom Okzipitallappen herunterkommt; sie spielt überdies eine zentrale Rolle für die visuellen Erkenntnisfunktionen. Vgl. E. G. Ettliger, *Functions of the Corpus Callosum*, Boston: Little, Brown 1965.
- 4 Ein allgemein beobachteter Sachverhalt, den ich aufgrund eigener Erhebungen bestätigen kann.
- 5 Der Wada-Test gehört im Neurological Institute in Montreal derzeit zu den vorbereitenden Maßnahmen im Zusammenhang mit Gehirnoperationen. Vgl. J. Wada u. T. Rasmussen, *Intracarotid Injection of Sodium Amytal for the Lateralization of Cerebral Speech Dominance*, *Journal of Neurosurgery* 17 (1960), S. 266 - 282.
- 6 M. S. Gazzaniga, J. E. Bogen, R. W. Sperry, *Laterality Effects in Somesthesia Following Cerebral Commissurotomy in Man*, *Neuropsychologia* 1, S. 209 - 215. Vgl. auch Stuart Dimonds hervorragende Ausführungen zu diesem Thema: *The Double Brain*, Edinburgh, London: Churchill Livingstone 1971, S. 84.
- 7 Aaron Smith, *Speech and Other Functions after Left (Dominant) Hemispherectomy*, *Journal of Neurology and Neurosurgical Psychiatry* 29, S. 467-471.
- 8 Wilder Penfield u. Phanor Perot, *The Brain's Record of Auditory and Visual Experience: A Final Summary and Discussion*, *Brain* 86/ 1963, S. 595 - 702.
- 9 Wenngleich die jeweilige epileptische Aura vermutlich durch die Ausbreitung kortikaler Erregung von der Läsion auf die erwähnten Zentren bedingt war.
- 10 Die Literatur über Joseph E. Bogens Patienten wächst noch immer. Ernpfehlenswert sind Bogens eigene, mittlerweile klassische Veröffentlichungen, insbesondere: *The Other Side of the Brain, z: An Appositional Mind*, *Bulletin of the Los Angeles Neurological Society* 34/ 3 (1969), S. 135 - 162. Von einem Pionier der Hemisphärenforschung behandelt wird die Materie in: R. W. Sperry, *Hemisphere Disconnection and Unity in Conscious Awareness*, *American Psychologist* 23 (1968), S. 723 - 733. Wer eine leichtverdauliche Darstellung sucht, findet sie bei dem Mann, dessen Scharfsinn die Tests entsprungen sind, die mit jenen Patienten veranstaltet wurden: Michael Gazzaniga, *The Bisected Brain*, New York: Appleton-Century-Crofts 1970.
- 11 M. S. Gazzaniga, J. E. Bogen u. R. W. Sperry, *Observations on Visual Perception after Disconnection of the Cerebral Hemispheres in Man*, *Brain* 8/1965, S. 221-26.
12. M. S. Gazzaniga u. R. W. Sperry, *Language after Section of the Cerebral Commissures*, *Brain* 90/ 1967, S. 131 - 148.
- 13 R. W. Sperry *Hemisphere Disconnection*, a. a. O. (vgl. Fußnote auf Seite 143).
- 14 H. W. Gordon u. R. W. Sperry, *Olfaction Following Surgical Disconnection of the Hemisphere in Man*, *Proceedings of the Psychonomic Society* 1968.
- 15 H. Hecaen, *Clinical Symptomatology in Right and Left Hemispheric Lesions, Interhemispheric Relations and Cerebral Dominance*, hg. von V. B. Mountcastle, Baltimore: Johns Hopkins Press 1962.
- 16 Brenda Milner, *Visually Guided Maze Learning in Man: Effects of Bilateral Frontal, and Unilateral Cerebral Lesions*, *Neuropsychologia* 3/1965,

S-317-338.

- 17 Zu sehen in einem Film, den R. W. Sperry 1971 an der Princeton University vorführte.
- 18 David Galin u. R. E. Ornstein, Lateral Specialization of Cognitive Mode: An EEG Study, *Psychophysiology* 9/1972, S. 41z-4i8.
- 19 Die Durchführung des Experiments oblag Jack Shannon. Wir beide danken Stevan Harnad für Kritik und Anregungen.
- 20 H. Hecaen u. R. Angelergues, Agnosia for Faces (Prosopagnosia), *Archives of Neurology* 7/ig6z, S. gz-100; A. L. Benton u. M. W. Allen, Impairment in Facial Recognition in Patients with Cerebral Disease, *Cortex* 4/ 1968, S. 345-358.
- 21 Hughlings Jackson, *Evolution and Dissolution of the Nervous System*, Selected Writings of Hughlings Jackson, hg. von J. Taylor, Bd. 2, London: Staples Press 1958, S. 45-75
- 22 R. Galambos, T. T. Norton u. G. P. Fromer, Optic Tract Lesions Sparing Pattern Vision in Cats, *Experimental Neurology* 18 / 1967, S. 18 - 25.
- 23 Ich stütze mich hier auf einen vorzüglichen neueren Abriss dieses Fragenkomplexes: Burton Rosner, *Brain Functions*, *Annual Reviews of Psychology* 21 / 1970, S. 555-594.
- 24 P. W. Nathan u. M. C. Smith, Normal Mentality Associated with a Maldeveloped Rhinencephalon, *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* 13
1950, S. 191 - 197 (zit. nach Rosner, a. a. 0.; vgl. Fußnote auf Seite 156). 25 R. E. Sperry, Absence of Commissurotomy Symptoms with Agenesis of the Corpus Callosum, *Neurology* 18/ig68, S. 307; D. L. Reeves u. C. B. Carville, Complete Agenesis of Corpus Callosum: Report of Four Cases, *Bulletin of Los Angeles Neurological Society* 3 / 1938, S. 169- 181.