

Die Auswirkungen der Künste auf die Gehirnfunktionen

Dr. med. Christian Büchel

Meine sehr verehrten Damen und Herren!

Zuerst einmal herzlichen Dank an die Organisatoren der Veranstaltung, insbesondere Dank an Herrn Hellfritz, aber auch an Frau Hellfritz für die Organisation des heutigen Tages. Ich habe mich sehr gefreut, hier vor Ihnen sprechen zu dürfen und muss aber gleich Ihre Erwartung evtl. enttäuschen. Im Programm steht, dass ich zeigen will, inwieweit sich Kunst auf die Gehirnfunktion auswirkt, das kann ich leider nicht tun, noch nicht. Eventuell, wenn wir ein ähnliches Symposium in zehn Jahren wiederholen, kann ich Ihnen mehr darüber sagen, aber ich denke, zum gegenwärtigen Zeitpunkt würde es fast an Scharlatanerie grenzen, wenn ich mit unseren neurophysiologischen Methoden, die ich Ihnen gleich etwas näher bringen will, Aussagen darüber machen würde, inwieweit Kunst die Hirnfunktion beeinflusst, d.h. etwas über den Mechanismus auf der neuronalen, d.h. auf der Nervenenebene des Gehirns erzählen würde. Ich will die Quintessenz des Vortrages und die einfache Nachricht, die Sie mit nach Hause nehmen können, gleich vorwegnehmen. Es ist ganz wichtig, dass wir den **Prozess des Sehens** - und ich werde mich hauptsächlich auf das Sehen beschränken – als einen aktiven Prozess wahrnehmen, d.h., das, was Sie sehen, **was Sie als Kunstwerk sehen, ist physikalisch nichts anderes als ein Bild. Es ist kein Kunstwerk. Das Kunstwerk entsteht hier, in Ihrem Gehirn.** Auch nicht ganz richtig, das Kunstwerk ist damals schon in einem anderen Gehirn, nämlich dem des Künstlers, entstanden. Wir haben insgesamt zwei Interaktionen des Bildes mit dem Gehirn. Die erste Interaktion war die, als der Künstler, der Virtuose, das Bild geschaffen hat, dann dieses Bild als Platzhalter, aber nicht als Kunst selbst, sondern als Platzhalter für Kunst der Nachwelt überlassen hat, mittlerweile in einem Museum, und erst dann, wenn Sie dieses Bild betrachten, und zwar aktiv betrachten, das Bild zum Kunstwerk wird. Man kann sich nämlich vorstellen, dass nicht jeder Betrachter ein Bild als Kunstwerk wahrnimmt, sondern man könnte das Bild relativ einfach, relativ sachlich und nüchtern beschreiben als Zusammenfassung verschiedener Striche, Farben, Muster usw.

Ich will Ihnen zuerst etwas über das Gehirn erzählen, ein relativ einfacher und nüchterner Anfang über das, was uns als Persönlichkeit ausmacht. Ich will das auch sehr rational machen, Begriffe wie Geist und Spiritualismus werden Sie in dem Vortrag vermissen, und will Sie als sachlicher Neurophysiologe durch die verschiedenen Gehirnwindungen, die Sie hier schon dargestellt sehen, führen.

Das Gehirn ist sehr schlecht erforscht. Das liegt daran, dass das, was Sie hier sehen, nicht direkt sichtbar ist, sondern hinter einer dicken Knochenschicht, verborgen ist. Das ist gut so, nämlich bei kleineren Unfällen würde dieses sehr weiche Gebilde sonst sehr, sehr schnell verletzt werden und wie bereits gesagt, das ist das Organ, das den Menschen ausmacht. Dies ist das wichtigste Organ des Menschen, eingeteilt hier in dieser schönen Farbdarstellung (Abb. 1; alle Abbildungen S. 27) in mehrere sogenannte Lappen. Das ist hier in rot der **Frontallappen**, hier der sogenannte **Scheitel- oder Parietallappen**, dann hier unten der **Temporal- oder Schläfenlappen** und hier ein ganz kleiner Lappen, der **Okzipital- oder Hinterhauptslappen**. Warum kann man diese einigermaßen voneinander trennen? Jeder dieser Lappen hat eine **sensorische Modalität** gepachtet, und zwar fang ich hier mit dem für uns jetzt gleich am wichtigsten Lappen an, das ist der kleine Okzipitallappen, das ist der Sitz der primären und auch der sekundären **Sehzentren**, d.h., mit diesem Teil des Gehirns werden visuelle Informationen verarbeitet. Hier der etwas größere Scheitellappen, Parietallappen, der Sitz des sensorischen Systems, d.h. des **taktilen Systems**; was Sie mit den Fingern oder anderen Körperteilen fühlen, wird hier im primären sensorischen Kortex, hier in diesem Bereich, verarbeitet, primär, und dann natürlich auch über Assoziationsfelder hier weiterverarbeitet. Eine weitere Modalität, das Hören, wird im Temporallappen verarbeitet. Und ungefähr in diesem Bereich hier, etwas in die Tiefe gehend, sitzt der primär **auditorische Kortex**, d.h. die erste Schaltstelle nach dem Ohr oder den Wahrnehmungsorganen im Kopf für die Verarbeitung von akustischen Informationen.

Jetzt kommen wir zu dem größten Lappen, dem Frontallappen. Außer der **Riechfunktion**, die Sie hier gar nicht sehen können, die ist hier unten versteckt, hat dieser große Lappen keine eigene Modalität des Inputs, aber er ist ganz wichtig, denn er beherbergt die einzige Möglichkeit des menschlichen Organismus, mit seiner Umwelt Kontakt aufzunehmen. Es gibt nur eine Möglichkeit, wie wir als Menschen uns bemerkbar machen können, **miteinander interagieren können**. Auf der **rezeptiven Seite** habe ich Ihnen gerade gezeigt, gibt es viele Modalitäten, auf der expressiven Seite nur eine einzige, und das ist die Motorik.

Alles, was ich mache, wenn ich jetzt spreche, wenn ich zeichne, wenn ich gestikuliere, alles funktioniert über die **Motorik**. Man hat eine einzige Output-Modalität, auf Neudeutsch gesagt, um sich bemerkbar zu machen. Dazu würde, denkt man, hier der primärmotorische Kortex, der hier in diesem Streifen dargestellt ist, eigentlich ausreichen. D.h., die Frage, warum wir hier vorne einen so großen Teil haben, und dieser große Teil ist es ja auch, der in der Evolution in den letzten Jahrtausenden und Jahrillionen am meisten gewachsen ist, wofür ist dieser Teil gut? Und ich hoffe, dass im Laufe meines Vortrags ein bisschen erhellt wird, **dass auch die Wahrnehmung von Kunst etwas mit dem Frontallappen zu tun haben kann.**

Eben haben wir das ganze Gehirn gesehen. **Der eigentlich kleinste Baustein des Gehirns ist eine Nervenzelle**, die Sie hier sehen, mit dem Zellkörper, und sehr langen Zellfortsätzen. Stellen Sie sich vor, teilweise gibt es Gehirnzellen, die hier oben sitzen und Fortsätze haben, die bis in Ihr Rückenmark gehen, also fast einen ganzen Meter messen. Davon gibt es nicht nur eine, sondern davon gibt es eine riesige Anzahl, Billionen, Billiarden, es ist schwer, sie zu zählen, und man kann vergleichen, dass die Funktion einer einzigen Nervenzelle ungefähr der einer Ameise entspricht, ein sehr, sehr einfaches kleines Bausteinchen, das dann aber **als Ganzes**, in unserem Fall dem Gehirn oder im Fall der Ameise des Ameisenhaufens, **zu einem geordneten System wird, das Sachen wie Kunstwahrnehmung möglich macht.**

Hier ganz kurz, was die Evolution aus dem Gehirn gemacht hat. Das ist das Gehirn eines kleinen Nagetieres, und Sie sehen, dass der Mantel, der Hirnmantel, den Sie eben beim menschlichen Gehirn, hier ist es noch einmal zum Vergleich, gesehen haben, nicht gefaltet ist und hier darstellbar. Sie sehen hier einen großen, den sogenannten Riechkolben. Und es wundert keinen, dass Nagetiere sehr stark von dieser Modalität abhängig sind, vom Riechen. Wenn Sie von dem Nager zum Hund gehen, sehen Sie immer noch diesen sehr, sehr großen Riechkolben – Hundebesitzer wissen, dass ihr Hund sehr stark von dieser Modalität geleitet ist – und wenn Sie dann zum Makaken, d.h. einem Affen, schauen, sehen Sie hier schon wieder keinen Riechkolben mehr. Dafür entwickeln sich aber andere Gehirnteile stärker, zum einen hier schon frontal etwas mehr und auch okzipital etwas mehr.

Was man hier beim Hund schon wahrnimmt ist, dass das Gehirn anfängt, sich zu falten. Das Gehirn, die Oberfläche, will größer werden, das scheint einen evolutionären Vorteil zu bringen, und um das ganz in der engen Schädelkapsel unterzubringen, muss das Gehirn sich falten, und hier sehen Sie das im Extremfall, hier beim menschlichen Gehirn eine sehr starke Faltung.

Ich wollte Ihnen aber auch zeigen, wie unsere Riechkolben aussehen. Die gibt es nämlich tatsächlich immer noch, wir können alle riechen, und hier ist das menschliche Gehirn von unten gezeigt, und Sie sehen diese zwei dünnen Stränge hier, das sind die uns noch erhaltenen Riechkolben. Und Sie werden mir zustimmen, wenn ich sage, dass das nicht mehr die wichtigste Modalität ist, die der Mensch hat. Stellen Sie sich nur vor, Sie würden eine Eingabemodalität verlieren, Sehen, Fühlen, Hören oder Riechen. Ich denke, ohne Riechen könnte man am besten leben.

Hier noch einmal die Gehirne in echt, um zu zeigen, dass die Größe nicht alles ist. Hier noch einmal der Makake, die Mehrkatze, hier der Mensch, und hier ein etwas größeres Gehirn als das des Menschen, aber **von der Entwicklung nicht ganz so weit wie der Mensch, das ist der Orang-Utan.** Wir sehen auch hier eine starke Faltung.

Um das zu verstehen, was ich Ihnen gleich zeigen will, nämlich die jeweiligen Techniken der Neurophysiologie, mögliche Gehirnfunktionen darzustellen, muss ich ganz kurz einen kleinen Technikteil einfügen und die Technik der funktionellen Bildgebung ganz kurz erläutern.

Wie funktioniert das Ganze? Die Methode basiert auf der **Magnetresonanztomographie**. Die meisten von Ihnen werden entweder selbst schon in so einem Gerät gelegen haben, hier in dieser Röhre, oder ein solches Gerät schon gesehen haben. Es eignet sich nämlich nicht nur dazu, die Hirnfunktion zu untersuchen, sondern auch Kniee, Bandscheiben und andere Dinge. Es ist also ein sehr vielseitig einsetzbares Gerät. Aber durch bestimmte Sequenzen, die auf diesem Gerät ablaufen, ist es möglich, **den Stoffwechsel des Gehirns zu untersuchen**. Und Sie können sich vorstellen, dass die Gehirnareale, die an einer bestimmten Aufgabe, z.B. am Sehen, besonders beteiligt sind, sehr aktiv sind und dadurch einen höheren Stoffwechsel aufweisen. Und somit ist es möglich, **die Gehirnfunktion ohne das Öffnen der Schädelkalotte zu untersuchen**. Hier habe ich Ihnen mal zwei ganz einfache Rohbilder mitgebracht. Das ist einmal ein Teil des Gehirns eines Probanden, ungefähr in **dieser Hälfte hier virtuell durchgeschnitten, in Ruhe**, und das ist die gleiche Schicht, wenn dieser Proband seinen rechten Zeigefinger bewegt. Und jetzt

würden wir erwarten, dass im Bereich des motorischen Kortex hier mehr Aktivität auftaucht als hier. Sie können wahrscheinlich genau so wenig wie ich auf diesen beiden Bildern sehen, wo dieses Bild heller ist als das hier, aber eine ganz einfache Subtraktion beider Bilder sollte diesen Unterschied zu Tage führen, und das habe ich für Sie getan. Auf dem linken Bild können Sie sehen, dass nur diese beiden Punkte übrig bleiben, d.h., hier ist mehr Aktivität vorhanden, wenn der Proband seinen rechten Zeigefinger bewegt. Und es handelt sich in diesem Fall um den motorischen Kortex auf der linken Seite. Das liegt daran, dass das Gehirn überkreuz organisiert ist, d.h. der linke motorische Kortex ist für die Kontrolle der rechten Hand zuständig.

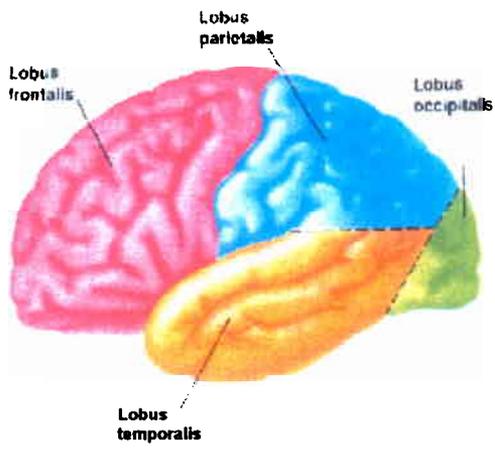
Aber wir können mit dieser Technik oder einer geringfügig anderen Technik auch Faserverbindungen im Gehirn darstellen. Ich hatte eingangs erwähnt, dass diese kleinen Ameisen des Gehirns, diese kleinen Einheiten, die ganz einfache Verarbeitung gewährleisten, miteinander kommunizieren. Mit diesen langen Verlängerungen ihrer Zellen können sie Informationen austauschen. Das ist deswegen natürlich wichtig, **nicht nur das Gehirn als eine Ansammlung summierter kleiner Areale zu sehen, sondern natürlich als vernetztes System.** D.h., verschiedene Areale interagieren miteinander, um Kognition zu ermöglichen. Und wir sind mittlerweile in der Lage, wenn auch mit einer zugegebenermaßen schlechten räumlichen Auflösung, Verbindungen im Gehirn darzustellen. Hier ist z.B. das motorische Areal, ähnlich wie das, das ich Ihnen eben gezeigt habe, und hier sieht man Verbindung nach hinten im Bereich des Scheitellappens.

Aber ich möchte mit der Einführung nicht enden ohne eine eindringliche Warnung. Dieses Dia ist eine Zusammenfassung aus der Standardpresse, aber auch aus der Fachpresse, wie Sie hier unten sehen, und zeigt, was alles mit dieser Technik mittlerweile möglich ist. Und die Presse trifft keine Schuld hier, weil alle diese Befunde in wissenschaftlichen Zeitschriften publiziert wurden. Aber, wenn Sie die Titel lesen: »Wo ist Gott«, »Lernen im Schlaf«, das ist noch relativ seriös - aber »Der Sitz der allgemeinen Intelligenz«, hier links frontal, sind Befunde, die Sie zum Schmunzeln bringen, die aber diese Technik doch in Gefahr bringen, als moderne Scharlatanerie abgetan zu werden. Ich bin nicht der Meinung, dass diese wichtigen und interessanten Fragestellungen nicht mit der Technik zu beantworten sind. Aber meine Einschätzung ist, dass es noch zu früh dafür ist, den Sitz der Religiosität oder Spiritualität im Gehirn darzustellen, zumal ich persönlich nicht glaube, dass es sich um ein einziges Areal handelt, sondern durchaus um die Vernetzung verschiedener Gehirnareale.

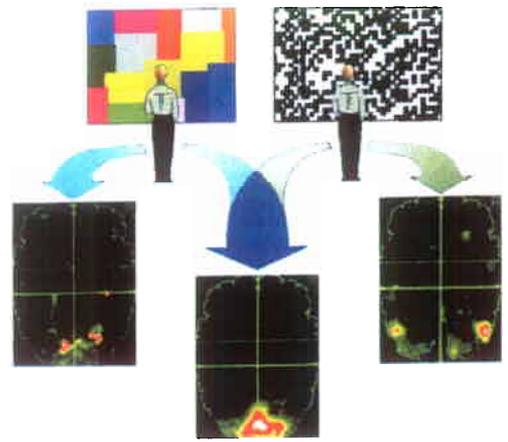
Im weiteren will ich mich auf die visuelle Kunst beschränken und Ihnen deswegen jetzt als zweiten Theorieteil eine kurze Einführung in das menschliche Sehsystem geben.

Das menschliche Sehsystem beginnt – kein Geheimnis – beim Auge und über einen Nervenstrang, der hier unterhalb des Gehirns zu einer Kreuzung kommt; dann geht es weiter in die erste Schaltstelle. Ein kleiner Teil des Gehirns, der sogenannte **Thalamus**, hier unten, verarbeitet die Information schon geringfügig und sendet sie dann weiter über eine lange Projektionsbahn, die hier angezeigt ist, in die Sehrinde, in die primäre Sehrinde, in den Okzipitallappen. Und ich habe bis jetzt noch keine zufriedenstellende Antwort darauf gefunden, warum denn das Sehzentrum des Menschen genau auf der anderen Seite des Kopfes ist, wo denn die Augen sitzen. Das könnte man sich ja auch eigentlich sparen, hätte man das Sehzentrum vorne angelegt. Aber die Evolution hat sich sicherlich etwas dabei gedacht. Das Sehzentrum oder der primär visuelle Kortex alleine reicht nicht aus, wir brauchen auch noch nachgeschaltete intelligentere Areale, die die visuelle Information verarbeiten, und deswegen kann man das Sehsystem in mehrere Areale gliedern. Hier in der Mitte sehen Sie den **primär visuellen Kortex, die primäre Sehrinde**, Neurophysiologen bezeichnen diese Sehrinde auch als den Bereich V 1. Für eine andere Eigenschaft visueller Stimuli gibt es spezialisierte Areale. Zum Beispiel gibt es ein Areal V 4, das damals von *Semir Zeki* entdeckt wurde, einem Neurophysiologen aus London, der auch sehr kunstinteressiert ist und auch u.a. Bücher über die Beziehung zwischen Kunst und Gehirnbildgebung und Neurophysiologie geschrieben hat. Ich werde Ihnen einige Beispiele aus seinem Buch in diesem Vortrag zeigen. Er hat dieses Areal V 4 damals gefunden und auch noch ein anderes Areal, das Areal V 5; das ist ein Areal, das immer dann aktiv ist, wenn Sie eine Bewegung sehen, d.h. wenn sich eine Szene vor Ihren Augen bewegt. Und dieses Areal ist auf der Außenseite hier relativ klein zu sehen.

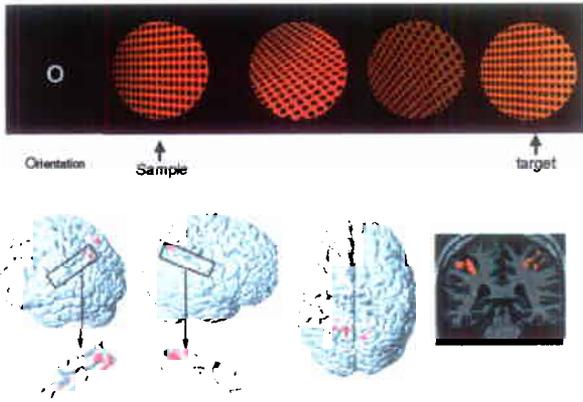
Das ist eine schematische Darstellung (Abb. 2), was man mit Hilfe dieser Gehirnbildgebung machen kann, und wie z.B. *Semir Zeki*, der initial diese Befunde an Affen erhoben hat, diese Befunde an Menschen nachvollziehen konnte. Ganz einfach, er hat Probanden vor einen »Mondrian-Stimulus« gesetzt, so hat er ihn selbst genannt, und hat diesen mit einem grauen Stimulus verglichen, um die **farbsensitiven Areale des Gehirns** zu identifizieren, und Sie sehen hier, schemenhaft dargestellt, hier ist vorne, hier ist hinten links



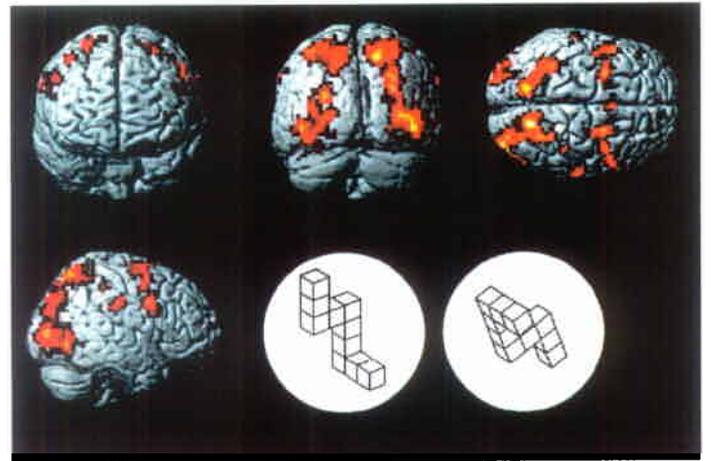
1



2



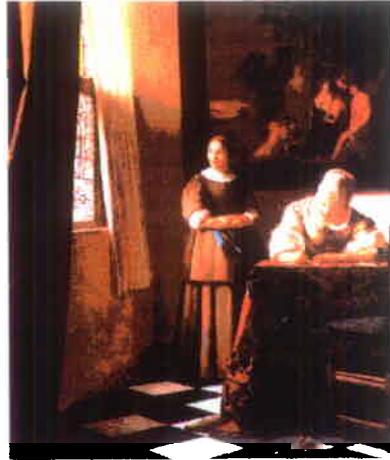
3



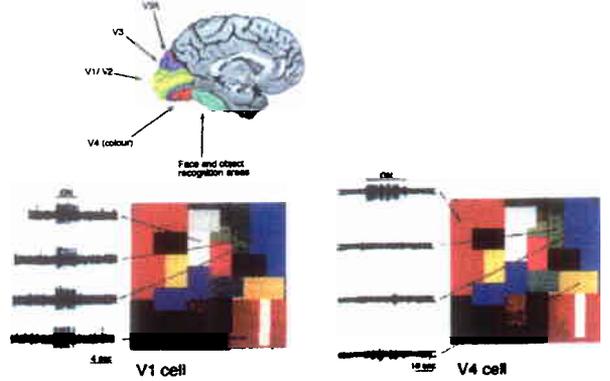
4



5



10



6

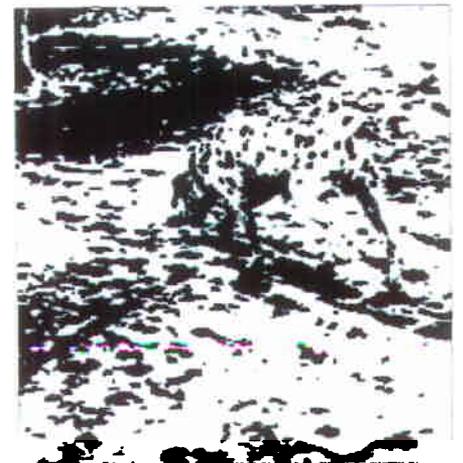
A B C I L

9



27

7



8

und rechts. Diese zwei kleinen Aktivierungen entsprechen dem Areal V 4, das ich Ihnen eben schematisch auf dem Gehirn gezeigt habe. Aber, wenn Sie so ein Bild wie dieses anschauen, ein Graubild, und dieses Bild sich nach rechts bewegt, dann nehmen Sie keine Farbe wahr, sondern nur visuelle Bewegung, und Sie können sehen, dass dann ganz andere Zentren im Gehirn aktiv werden, nämlich das Zentrum hier, etwas an der Außenseite, V 5. Und ich will Ihnen gerade noch einmal die Übersicht zeigen, weil diese Zentren noch wichtig werden. Hier V 4 für Farbe und hier V 5 für Bewegung würden natürlich zu der Aussage verleiten, das Gehirn hat einzelne kleine Module, diese Module machen z.B. **Farbwahrnehmung** oder **Bewegungswahrnehmung**. Und so ist das Gehirn organisiert.

Man darf nie vergessen, dass diese Areale natürlich in Verbindung stehen z.B. mit dem primär visuellen Kortex. Und dass es die Verdrahtung des visuellen Kortex ist, die diese Zellen hier in V 5 z.B. bewegungs-sensitiv machen, und dass es die Verdrahtung der Zellen ist und natürlich der Pigmente in der Netzhaut, die diese Zellen hier farbsensitiv machen. Aber ganz wichtig, und das wird ein ganz entscheidender Teil des Vortrags werden, ist, dass das Sehen oder das Sehzentrum nicht nur so organisiert, dass visuelle Informationen von den Augen zum Okzipitalkortex gelangen, sondern auch, dass das **Konzept der Interpretation**, das der Neurophysiologe Neudeutsch als **Topdown-Modulation** bezeichnet, möglich ist. Wenn Sie nämlich diese Bilder nur passiv betrachten, würden Sie diese Bilder nicht verstehen. Das Sehsystem eines Neugeborenen versteht diese Bilder nicht. Es ist eigentlich von der Neurophysiologie her sehr gut ausgebildet, aber es kennt diese Bilder nicht, es kann diese Bilder nicht einordnen, nicht kategorisieren. Sehen ist ein sehr aktiver Prozess, der zum einen aus der visuellen Information, die Ihre Augen wahrnehmen, besteht, aber zum anderen auch aus dem, was Ihr Gehirn - und hier kommt der Frontallappen ganz besonders zum Zuge - aus dem Gesehenen macht. D.h., hier treffen sich zwei informationsverarbeitende Stränge: einmal das, was Sie wissen, Ihre Erfahrung, die Interpretation, und das, was Sie tatsächlich wahrnehmen.

Hier will ich noch ganz kurz auf ein anderes Teil der visuellen Informationsverarbeitung eingehen, das ist nämlich die **Perspektive**, und ganz kurz ein paar Daten dazu zeigen. Auch hier findet man Areale, isolierte Areale, die für die Extraktion von Tiefenwahrnehmung, von Dreidimensionalität in zweidimensionalen Bildern verantwortlich sind. Wenn Sie diese einzelnen Bilder anschauen, können Sie, obgleich sie etwas dunkel geraten sind, sehen, dass es den Anschein hat, als würde diese runde Scheibe nach links hinten im Raum verschwinden. Das ist einfach dadurch gewährleistet, dass die Punkte hier perspektivisch zusammenlaufen und auch, wenn es nach hinten in den Raum geht, etwas dunkler werden.

Die Aufgabe der Probanden war es jetzt, die gleiche perspektivische Darstellung hier in den anderen Stimuli unabhängig von der Farbe wieder zu finden, also eine aktive Diskriminierung der Orientierung. Und in diesem Fall haben Sie hier einmal das Beispiel, und das ist die richtige Orientierung. (Abb. 3) Und wir haben auch Farbe untersucht, die Ergebnisse möchte ich Ihnen jetzt nicht zeigen, d.h. man musste auch diese Farbe hier wiederfinden, und das war hier in diesem Fall die richtige Lösung.

Schaut man nun, welche Teile des Gehirns sich für die **Extraktion dieser Tiefeninformation** aus zweidimensionalen Bildern interessieren, sehen Sie, dass es hier ganz kleine Areale im Parietal-, im Scheitellappen sind. Auf den Schnitten können Sie das Areal in der Tiefe einer sehr tiefen Hirnfurche sehen, das die Extraktion von der Tiefeninformation aus den Bildern durchführt. Das Interessante und Spannende dabei ist, dass wir eigentlich in unserer Welt dadurch, dass wir zwei Augen haben, Tiefe wahrnehmen können. Aber jeder wird schon einmal erlebt haben, dass, wenn durch eine Verletzung ein Auge verbunden ist, er immer noch Tiefenwahrnehmung hat, obwohl rein physiologisch keine Tiefenwahrnehmung mehr vorhanden ist, weil Sie keine Information von zwei unabhängigen Augen bekommen. Trotzdem sagen Ihre gespeicherten Informationen Ihnen z.B. von diesem Saal, dass das die erste Reihe ist und das die letzte Reihe ist, und andere Details, wie Helligkeit, können zusätzliche Informationen liefern.

Hier noch ein Beispiel von einer **mentalen Rotation** (Abb. 4), d.h. die Möglichkeit, Orientierung im Geiste von der einen in die andere zu überführen. Die Aufgabe der Probanden war zu entscheiden, ob dieses Gebilde eines Würfels identisch mit diesem ist und lediglich rotiert ist. Und die Lösung – ich will es vorweg nehmen: Es ist so. Sie müssen dieses Gebilde nach links rotieren und kommen bei diesem Gebilde an. Und nicht nur der visuelle Kortex hier ist aktiviert, sondern Sie sehen hier auch, dass der Parietal-Kortex, die Areale, die ich Ihnen eben gezeigt habe, zur Extraktion der Perspektive der Tiefeninformationen hier sehr stark aktiviert ist.

Diese Extraktionen der Rotation können **Künstler** teilweise in ihre Bilder einbauen. Das ist ein Bild von *Picasso* (Abb. 5), der hier schon das, was Ihr Parietallappen für Sie tut oder tun soll, vorweg genom-

men hat und für Sie dieses Gesicht von der Frontale und von der Seite gleichzeitig dargestellt hat. Und das ist nicht das einzige Bild von *Picasso*, das dieses Thema aufgreift, und *Semir Zeki* beschreibt in seinem Buch, dass es der Versuch der Kubisten war, die Gehirnfunktion, ob bewusst oder unbewusst, nachzuahmen, und dass das ein Ausdruck dieser Nachahmung der Gehirnfunktion sein könnte.

Farbe ist ein anderes Attribut von visuellen Stimuli und ein ganz wichtiges. Farbe ist nicht gleichbedeutend mit dem, was Sie physikalisch messen können. Sie können z.B. messen, welches Licht welcher Wellenlänge von diesem Orangeteil des Bildes reflektiert wird. Das können Sie auch verändern dadurch, dass Sie dieses Bild mit drei verschiedenen Lichtquellen beleuchten, einmal rot, grün und blau. Und diese Lichtquellen können Sie individuell einstellen. D.h., Sie können die physikalischen Maße der Lichtreflexion, diese einzelnen Teile des Bildes, verändern und trotzdem werden Sie sehen, wenn Sie es nicht zu extrem machen, dass die Farben immer gleich wahrgenommen werden. D.h. Farbwahrnehmung ist nicht gleich Wahrnehmung der Wellenlänge von Licht, was ja physikalisch eigentlich die Farbe definiert. Und Sie sehen hier, dass dieses Orange immer als Orange wahrgenommen wird. Das hat auch *Semir Zeki* untersucht, und es hat einen sehr interessanten Befund erbracht. Er hat erstmals Zellen in dem primärvisuellen Kortex untersucht und fand, dass die Zellen, egal welche Farbe repräsentiert wurde, immer gefeuert haben. (Abb. 6) Diese hohen Striche bedeuten, die Zellen sind sehr aktiv. D.h., diese Zellen waren abhängig von der Wellenlänge des Lichtes, aber nicht von der wahrgenommenen Farbe. Wenn Sie dann in der *Aria V 4*, dieser farbsensitiven *Aria* im menschlichen Gehirn oder hier im Affen, abgeleitet haben, sehen Sie, dass die Zelle nur dann feuert, wenn sie sich in einem Bereich befindet, der die bevorzugte Farbe für diese Zelle tatsächlich beinhaltet, d.h. diese Zelle selektiv für Orange, und zwar das wahrgenommene Orange und nicht die Komposition verschiedener Wellenlängen.

Farbe ist aber auch natürlich ein ganz wichtiges Merkmal in der Kunst. Und wenn Sie dieses Bild von *Cézanne* (Abb. 7), das ich Ihnen als Schwarzweiß-Bild gezeigt habe, kurz auf sich wirken lassen und versuchen, die Stimmung aus diesem Bild zu extrahieren, wird Ihnen das sehr schwer fallen. Sie werden das Gebirge erkennen, sie werden hier schemenhaft sehen können, dass eine kleine Stadt davor ist, aber erst wenn Sie die Farbe des Bildes sehen, werden Sie die Stimmung, die dieses Bild mit sich bringt, die Lichtverhältnisse, dieses flache Licht, das hier diesen Teil der Stadt vor dem Berg so sehr schön darstellt, mitbekommen und können z.B. sehen, dass es sich hier eventuell um ein Lichtspiel nach einem Gewitter handelt, dass die Wolken noch sehr verhangen sind, aber dass schon erste Lichtstrahlen sehr schräg durch die Wolken treten und diese Stadt beleuchten.

Jetzt will ich zu einem weiteren Teil der Wahrnehmung kommen und will den Punkt machen, dass **das Sehen ein aktiver Prozess ist** und das, was auf Ihre Netzhaut fällt, ein geringfügiger Teil von dem ist, was Sie danach als Perzept tatsächlich wahrnehmen. Für die, die dieses Bild nicht kennen, wird es als eine Ansammlung von schwarzen Flecken auf weißem Hintergrund wahrgenommen. Ist jemand dabei, der dieses Bild (Abb. 8) schon einmal gesehen hat und weiß, was auf diesem Bild zu sehen ist?

Mehr als gedacht!

Für die anderen will ich jetzt versuchen, Ihrem Frontallappen auf die Sprünge zu helfen.

Es handelt sich um einen Dalmatiner! Hier ein Ohr, schnuppert hier nach unten auf dem Boden, hat hier sein Halsband und hier ist die Kontur des Rückens. Hier ist das linke Bein, hier ist ein Bein rechts hinten und hier ist das Bein links hinten. Wenn Sie dieses Bild einmal so gesehen haben und diese Wahrnehmung hatten, werden Sie es immer wieder so sehen. Wenn ich das Bild einmal sehe, sehe ich sofort einen Dalmatiner, und ich kann mich nicht mehr dagegen wehren, diesen Dalmatiner zu sehen. Das heißt aber auch, dass diese Punkte sehr, sehr wenig visuelle Informationen tragen. Aber das, was Sie aus diesem Bild machen, die Interpretation, führt dazu, dass Sie den Dalmatiner wahrnehmen. Das kann zur **Ambiguität** führen, nämlich dass es zwei Sachen gibt, die Sie wahrnehmen können, zwei oder mehrere nebeneinander stehende Wahrheiten des gleichen visuellen Stimulus.

Dazu auch ein kleines Experiment. Ich zeige Ihnen hier vier Zahlen, 11, 12, 13 und 14, und bitte Sie, diese jetzt kurz zu behalten. Danach – einfache Aufgabe meinen Sie – zeige ich Ihnen Buchstaben und Zahlen A, B, C und die 14. (Abb. 9) Welcher Stimulus hat sich wiederholt? Manche von Ihnen sehen natürlich auch, dass das hier als B wahrgenommen wird, aber im anderen Stimulus natürlich aus dem Kontext heraus, weil es besser passt, als 13. Auch hier ist wieder der visuelle Input identisch. Hier 1 und 3 und hier, weil es eben in den Kontext zu A und C passt, das B. Das kann weiter gehen in eine interessantere und schönere Form. Das ist ein Bild von *Vermeer*, und ich als Kunstlaie, aber interessierter Kunstlaie, betrachte so ein Bild sehr, sehr lange. Warum? Was macht dieses Bild aus? Dieses Bild macht, so meine ich,

aus, dass es mehrere nebeneinander stehende Geschichten erzählen kann. Und von Herrn Dr. Schönsee in dem Einführungsvortrag haben wir gehört, dass es Bilder gibt, die so etwas wie Vertigo, eine Spirale, erzeugen, in die man eingesaugt wird und danach quasi wieder herausgeschleudert wird. Zumindest für mich persönlich ist dieses Bild von *Vermeer* ein solcher Fall. Was passiert hier, wer ist dieser Mann, wie steht er in Beziehung zu der Frau? Mann, Liebhaber, noch nicht Mann, sondern Angebeteter? Spielt sie das Cembalo, hat sie je gespielt? Oder, ich würde sagen, sie steht etwas verlegen am Cembalo, und das Cembalo ist eigentlich nur ein Mittel, um sich etwas von ihm abzuwenden und festzuhalten. Aber dieses Bild enthält keine Unschärfen, es ist nicht das eine ein bisschen oder das andere, sondern es sind Geschichten, die unabhängig voneinander bestehen könnten. Und **man wird Teil dieses Bildes, indem man natürlich das, was man sieht, interpretiert**. Und auch hier: Das okzipitale, visuelle System, ist hilflos dabei. Das heißt, das okzipitale System wird Ihnen diese Basisinformation, nämlich die Komposition, die einzelnen Striche, kleine graphische Elemente, Farben, aber nicht die Geschichte liefern. Die basiert auf Ihnen, auf Ihrer Erfahrung im Leben, was Sie schon erlebt haben, was auf diesem Bild passieren könnte.

Und weil es so schön ist, hier gleich noch ein Beispiel, fast beeindruckender als das erste: der Brief. (Abb. 10) Die Dame im Vordergrund schreibt einen Brief und die Zofe steht im Hintergrund. Mein großes Interesse gilt eigentlich nur der Zofe. Was macht diese Zofe in diesem Bild? Ich habe sie auch noch rausvergrößert. Schaut aus dem Fenster, ganz klar, und sinnt. Ist sie die Bewachende, d.h., könnte jemand hereinkommen und die Schreiberin überraschen bei dem, was sie schreibt, und wie die Zofe wacht? Das Lächeln, denke ich, passt nicht dazu. Das Lächeln könnte dazu passen, dass sie Kinder auf dem Hof spielen sieht und sich darüber freut, wie die Kinder spielen. Aber könnte auch etwas der Schalk sein, dass ihre Chefin eventuell Probleme hat, die sie mit einem Brief ausbügeln müsste und sie sich jetzt im stillen darüber freut. Die Antwort wird uns leider für immer – oder Gott sei Dank für immer – verwehrt bleiben, aber das macht das aus, und deswegen kann man diese Bilder auch so oft und so lange immer wieder genießen.

Hier eine einfachere Form von Ambiguität, die meines Erachtens dann auch nicht so lange genießbar ist, aber zur Untersuchung von neurophysiologischen Phänomenen wesentlich einfacher ist. Hier sehen Sie ein Bild von *Rubin* und *Hups*. Das Bild von *Rubin* – sie haben es noch im Gedächtnis? – zeigt in der Mitte eine Vase, aber haben Sie auch noch etwas anderes wahrgenommen? Sie sehen auch die Gesichtskonturen vom englischen König und der Königin mit der etwas spitzeren Nase auf der rechten Seite. Beide Wahrnehmungen sind exklusiv, sie können nicht Vase und Gesichter gleichzeitig wahrnehmen. Entweder das eine oder das andere. Das gibt es noch etwas komplizierter. Auch hier sind zwei Gesichter in diesem Blumenstrauß versteckt. Hier oben ist das eine und hier das andere. Entweder können Sie die Blumen oder die Gesichter wahrnehmen. Es ist nicht möglich, dass sich die beiden Wahrnehmungen miteinander vermischen.

Und das haben wir auch zu einer neurophysiologischen Studie gemacht und haben genau dieses **Phänomen des Springens zwischen zwei Perzepten bei konstantem visuellen Stimulus** untersucht. Wir haben diese beiden Stimuli untersucht. Das eine hier ist die Vase, eine etwas einfachere Version, einfacher zu sehen als die Gesichter. Und das ist das Bildnis der alten und der jungen Frau. Sie sehen die alte Frau hier mit der großen Nase und dem Mund und die junge Frau mit dem Kinn und diesem zierlichen Unterkieferknochen und dem Ohr hier auf der Seite und der Feder am Haar.

Wenn Sie dieses Bild betrachten, werden Sie spontan zwischen den beiden Perzepten hin und her springen. Und das kann man messen, wie lange man in dem einen oder anderen Perzept bleibt und kann das hier abtragen. Das heißt, hier auf der Y-Achse ist aufgetragen, wie oft man hin und her springt. Und auf der X-Achse ist abgetragen, wie lange das eine oder das andere Perzept stabil war. Und sie sehen, dass dieses Perzept bei der Vase am häufigsten um die 10 Sekunden stabil war, und dann in das andere Perzept umgesprungen ist. Das Gleiche bei der alten Frau. Hier ist die Verweildauer auf dem einen oder auf dem anderen Perzept etwas kürzer, sie sehen hier den höchsten Balken bei ungefähr sieben Sekunden.

Was wir jetzt mit diesen Techniken, die uns zur Verfügung stehen, gemacht haben, war zu analysieren, was passiert im Gehirn in dem Moment, in dem Sie von dem einen auf das andere Perzept, also von der einen zur anderen Wahrnehmung umspringen. Und das Ergebnis war sehr interessant. Sie bekommen eine Aktivierung fast des ganzen visuellen Systems. Hier zeige ich Ihnen kleine Ausschnitte davon. Sie sehen, das ist das Gehirn, hinten durchgeschnitten, hier ist oben, hier ist unten, das ist links und das ist rechts. Sie sehen hier einen Teil, der sich anschließt an den farbsensitiven Teil V 4, etwas weiter nach vorne, und Sie **sehen hier wieder die Kandidaten**, die ich vorhin für die Perspektive, d.h. für die räumliche Analyse des Bildes gezeigt habe, beide in Konzert auftreten. Zusammen werden diese **Zentren aktiviert**, wenn das Perzept von dem einen in das andere umspringt. Die frontalen Aktivierungen habe ich Ihnen jetzt hier

leider nicht gezeigt. Hier sehen Sie noch einmal einen Schnitt in dieser Ebene, wo Sie diese Aktivierung sehr schön sehen können.

Sehr wichtig ist natürlich auch, was im Gehirn in dem Moment, in dem Sie von der einen zur anderen Wahrnehmung springen, deaktiviert wird. Man könnte – so haben wir spekuliert – sagen, dass diese Deaktivierung, dieser Zurückgang an Aktivität, es dem Gehirn überhaupt erst ermöglicht, von der einen in die andere Wahrnehmung zu springen, d.h. ein aktiver Loslassprozess, der es ermöglicht, von der einen in die andere Wahrnehmung überführt zu werden. Dies fanden wir insbesondere im Bereich des Thalamus, d.h. der ersten Schaltstelle des visuellen Systems.

Ich möchte den Vortrag mit der Frage vom Anfang schließen. Die Frage war: Wie ist das Gehirn organisiert und was ist Kunst und inwieweit ist die Interpretation des Gehirns das, was aus einem Bild ein Kunstwerk macht? Und hier will ich Ihnen noch einmal ganz kurz die zwei Interpretationsmöglichkeiten oder Ansätze, Gehirnfunktionen zu erklären, zeigen. Hier der alte Ansatz von *Gall*, **die Phrenologie, Einteilung des Gehirns – oder eigentlich des Schädels – in kleine Felder, die alle eine Spezialität haben, die alle etwas Besonderes tun. Oder hier die modernere Ansicht des vernetzten Systems: Verschiedene Gehirnareale sind miteinander vernetzt und können zusammen arbeiten.**

Und ich meine, ohne es bis jetzt beweisen zu können, dass die Wahrnehmung von Kunst, aber natürlich auch die Wahrnehmung einfacher Bilder, die Interpretation, die nötig ist, um dem relativ einfach gestrickten visuellen System die Bedeutung z. B. eines Kunstwerks zu übermitteln, dass das nur funktioniert, wenn diese Gehirnregionen zusammenarbeiten.

Vielen herzlichen Dank

PS.: Der Vortrag von Herrn Dr. Büchel wurde am Tage des Colloquiums mitgeschnitten. Wir bitten um Verständnis, dass der Text durch Zwischenrufe aus dem Auditorium und durch das Bedienen der verschiedenen Techniken eventuell etwas unruhig geworden ist.

Die Red.