

Bildende Kunst – Wirklichkeiten gespiegelt und auf den Kopf gestellt

Rainer Wolf

Biozentrum der Universität Würzburg

Künstler sind in der Regel keine Naturwissenschaftler. Dennoch haben sie mit ihrer Kreativität, ihrer Freude am Experimentieren, intuitiv Zusammenhänge zwischen ihrer Kunst und der menschlichen Wahrnehmung entdeckt, die Wissenschaftler manchmal erst später verstehen und erklären konnten. Beim Umsetzen ihres Wissens in ihren Kunstwerken wurden sie aber oft auch das Opfer von *Selbsttäuschungen* - und genau deshalb können Gehirnforscher manches von ihnen lernen! Denn gerade wenn wir uns *täuschen*, treten formale Prinzipien zu Tage, nach denen unser Hirn - normalerweise ebenso unbemerkt wie erfolgreich - arbeitet. Sinnestäuschungen lassen auf gewisse *Grundprinzipien der Wahrnehmung* schließen, auch wenn man die Vorgänge im Detail noch nicht kennt.

Aber muss man denn Gesetzmäßigkeiten, die in einem Kunstwerk stecken, *kennen*, um seine Botschaft zu verstehen? Natürlich nicht. Aber eine rationale Analyse erschließt *zusätzliche*, neue Wege, Kunstwerke zu verstehen. Geheimnisse *wegzuerklären*, darum geht es in der Wissenschaft nicht. Noch nie hat die Ratio die Natur oder die Kunst *entzaubert*, vielmehr hat sie unser Erleben nur vielschichtiger und reicher gemacht.

Im Mittelpunkt dieses Aufsatzes steht die Frage: Wie sehen wir die Welt, speziell: Wie sehen wir ein Gemälde? Viele glauben, dass wir dazu nur die Augen öffnen müssen. Die Leichtigkeit aber, mit der wir die Sehwelt wahrnehmen, täuscht darüber hinweg, dass Sehen so ziemlich die komplizierteste Leistung unseres Gehirns ist. Denn Sehen ist ein höchst aktiver Prozess. Die Augen stehen zwar am Anfang des Sehvorgangs. Aber das, was wir sehen, ist *nicht* die wirkliche Welt. Wir sehen nicht einmal das Bild, das im Auge entsteht und das durch die Abbildungsfehler des Auges erheblich verzerrt ist - ohne dass wir dies bemerken!



Wir erkennen, was wir kennen, und sehen, was wir zu sehen erwarten

Wir blicken auf sechs waagerechte Linien, von denen die unterste etwas länger erscheint als die nächst höhere. Alle sechs Linien sieht man auf einheitlich weißem Grund. Wenn wir aber die Wahrnehmungshypothese wechseln und das Ganze zusammenfassend als Gestalt eines gestielten Schnapsglases betrachten, wirken die beiden unteren Linien sofort *gleich* lang. Als seitliche Begrenzung des „Glases“ erscheint eine zarte, helle Kontur, und außerdem sieht man die eingeschlossene Fläche zwischen den Linien etwas dunkler. Alles, was wir jetzt quasi „dazusehen“, sind *Wahrnehmungstäuschungen*, die das Gehirn dazuerfindet mit dem Ergebnis, dass wir die neue Gestalt leichter erkennen. Das Gehirn ergänzt also den Wahrnehmungsinhalt durch gespeichertes Wissen. Dabei werden die Sinnesdaten von oben („top down“), hier also von der Objekthypothese „Schnapsglas“ her, neu geeicht.

Den Überraschungseffekt, plötzlich und unerwartet etwas ganz anderes wahrzunehmen, haben viele Maler ausgenutzt: etwa Arcimboldo oder Dalí. Ob Leonardos „*Johannes der Täufer*“ als ambivalentes Bild konzipiert war, weiß man nicht sicher. Wenn man es aus größerem Abstand anblickt oder die Augen stark zukneift, so dass es unscharf wird, verwandeln sich Johannes' Kopf und seine Hand in die Augen im Kopf eines schwarzen Tigers mit heller Schnauze, der rechts an uns vorbei starrt. Witzig ist, dass die indische Malerin Lucy d'Souza aus Versehen ein zweifellos ernst gemeintes religiöses Bild so gemalt hat, dass es aus der Entfernung - oder wenn man wieder die Augen zukneift - wie ein Schweinekopf aussieht. Miss Piggy lässt grüßen!



Malkunst und dargestellte „Wirklichkeit“

Natürliche, dreidimensionale Szenen in einem zweidimensionalen Gemälde zu kopieren, ist unmöglich. Unser Stereosehen macht überdeutlich, dass wir einen flachen Malgrund vor uns haben. Aber Malern ging es meist gar



Dr. habil. **Rainer Wolf**, geb. 1941, studierte Biologie und Physik an der Universität Würzburg. Nach der Promotion 1968 Postdoc am Heiligenberg-Institut für Experimentelle Biologie am Bodensee, ab 1972 wissenschaftlicher Assistent am Zoologischen Institut der Universität Würzburg, 1985 Habilitation im Fach Zoologie.

Sein Forschungsgebiet hat er seit 20 Jahren - zusammen mit seiner Frau Dorle Wolf, die bis zum Beginn ihrer Maler-Karriere über 20 Jahre unentgeltlich in seinem Labor mitarbeitete - von der experimentellen Entwicklungsbiologie auf die kognitive Humanpsychophysik des binokularen Tiefensehens verlegt. Mitglied der GDNÄ seit 1985, Mitvorstand und Mitglied des Wissenschaftsrats der Gesellschaft zur wissenschaftlichen Untersuchung von Parawissenschaften, Darmstadt (www.GWUP.org).

Dr. habil. Rainer Wolf
Biozentrum der Universität Würzburg
Institut für Zoologie 1
Am Hubland
D-97074 Würzburg

nicht darum, größte Naturtreue zu erzielen. Sie wollten ihre *künstlerische Vision* verwirklichen, und ihre Strategie dabei war eine natürlich-biologische: der Weg über Versuch und Irrtum. Denn realistisch zu zeichnen oder zu malen fällt schwer - weniger aus Mangel an Handfertigkeit, sondern *weil wir beim Sehen von Natur aus nicht das Bild wahrnehmen, das auf der Netzhaut erscheint*. Aber Maler sind geschult, ihre eigenen Reaktionen zu beobachten, während das Bild unter ihrer Hand entsteht, und diese Rückkoppelung erlaubt es ihnen, sich der gewünschten Bildwirkung anzunähern [1]. In der darstellenden Kunst geht es letztlich immer *auch um Wahrnehmungstäuschungen*.

Dass wir Gemälde als Surrogate von ganz anderen Wirklichkeiten verstehen, dass wir sie nicht als das wahrnehmen, was sie wirklich sind, nämlich ein paar Farbkleckse auf einem flachen Malgrund, das ist der Schlüssel, um Bilder zu verstehen. Malkunst ist eben *mehr* als nur Farbe, die auf eine Leinwand aufgetragen ist - sie ist ein Spiegel des menschlichen Geistes und damit des Gehirns.

Im 19. Jahrhundert hatte die Fotografie die Malerei ihrer „ökologischen Nische“ beraubt, und so sahen sich die Maler nach neuen Arbeitsweisen um, bei denen die Fototechnik nicht mithalten konnte. Der Begriff „Experiment“ wurde damals zu einem Modewort, und Maler gebrauchten es für *jede Art der Abweichung von der Tradition*. Oft ging es auch darum, vom Prestige gewisser Modewissenschaften zu profitieren. Das führte zu manch abwegiger Vorstellung. Kandinsky etwa brachte seine abstrakte Malerei in Zusammenhang mit der Spaltung des Atomkerns, der Kubismus wurde oft mit Einsteins Relativitätstheorie in Verbindung gebracht, und der Surrealismus berief sich auf Freuds Lehre vom Unbewussten [1].

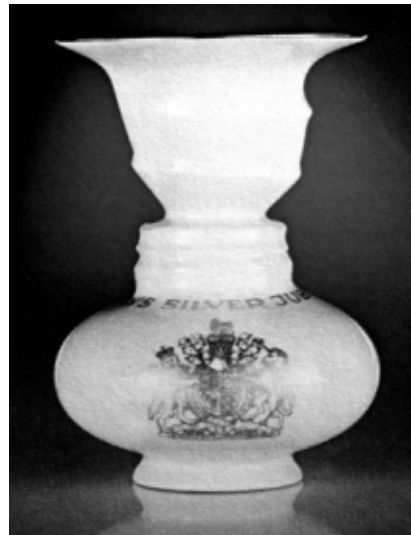
Zeki sieht Kunst und Wissenschaft eng miteinander verbunden, die Bildende Kunst als eine *Ausweitung der Funktion unseres Sehsystems* [2]. Sowohl das Gehirn als auch die Kunst seien auf der Suche nach *Wissen über die Welt*. Daher folge die Malkunst den Gesetzen des Gehirns. Dieser Zusammenhang könne die Grundlage liefern für eine *neurobiologische Theorie der Ästhetik*. Was als ästhetisch empfunden wird, hänge wesentlich vom Aufbau unseres Gehirns ab. Gemeinsam ist Kunst und Wissenschaft auch das *Wechselspiel von Symmetrie und Symmetriebruch*: Künstler wie Wissenschaftler werden inspiriert einerseits von *Regelmäßig-*

keiten, auf die sie stoßen, andererseits von überraschenden *Ausnahmen*. Manches erweist sich als unerwartet anders, und das erzeugt kognitive Spannung.

Künstler erfinden ihre Kunstwerke ganz ähnlich wie Physiker die Physik schöpferisch erfinden und dann im Experiment auf ihre Richtigkeit hin prüfen. Gültige Entdeckungen auf dem Gebiet der Kunst zeichnen sich dadurch aus, dass sie das Gehirn auf eine Weise stimulieren, die *angepasst ist an dessen kognitive Architektur*, die es im Lauf der Evolution erworben hat.

Figur oder Hintergrund?

Was in einer Szene Figur ist und was Hintergrund, lässt sich oft nicht leicht entscheiden. Das englische Königshaus soll eine bestimmte Vase besonders lieben. Den Grund erkennt man, wenn man die Form der Vase als Hintergrund deutet. Links und rechts erscheinen dann die wohlbekannten Profile von Prinz Philipp und der Königin.



Wo hat sich auf dem Insel-Idyll Napoleon versteckt? Es fällt schwer, in einem amorphen Gebilde - einem Stück Himmel - die gesuchte Gestalt zu sehen, denn normalerweise deuten wir



die Form des Hintergrundes nie als eigenständige Gestalt. Entsprechend schwer fällt es auch Malern, *Formen des Hintergrundes* auf die Leinwand zu übertragen. Oft kneifen sie dann die Augen zu, so dass sie unscharf sehen und nicht mehr zwischen Figur und Hintergrund unterscheiden können. Damit wird der Hintergrund als *Form* sichtbar, und die lässt sich leicht auf die Leinwand übertragen.

Erkennen können wir in der Regel nur das, was wir schon *kennen* - die Sprache, vom „gesunden Menschenverstand“ geprägt, drückt das treffend aus. Mit anderen Worten: Um Sinnesdaten *deuten* zu können, benötigt das Gehirn *Konzepte*, und die beruhen auf lebenslanger Erfahrung. Wir erkennen vertraute Objekte, weil das, was an Daten von den Augen gemeldet wird, im Gehirn bereits in einer Art „Mustersammlung“ von potenziell erregbaren neuronalen Assemblies vorliegt.

Farbensehen in farbenblinden Teilen des Sehfeldes

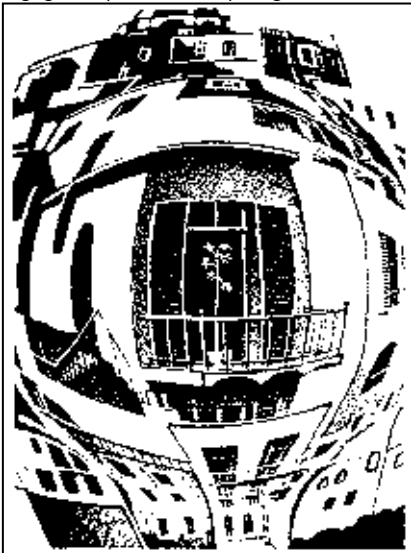
Beim Sehen ist unser Gehirn unerwartet kreativ. So füllt es das ganze Sehfeld mit Farbe aus, obwohl wir Grün z.B. nur im mittleren Sechstel des gesamten Sehfeldes sehen können, und der gesamte Randbereich farbenblind ist! Unser Sehsystem aber *extrapoliert* die Farben bis zum Rand. Das Grün, das eine große Wiese in die Mitte des Sehfeldes projiziert, wird also bis zur äußeren Begrenzung dieser Fläche extrapoliert, auch wenn das Auge dort eigentlich nur Grau meldet. Das geht so weit, dass wir Flächen, die vollständig im farbenblinden Bereich liegen, in der richtigen Farbe wahrnehmen, sofern wir *wissen*, welche Farbe diese Fläche hat!

Wir sehen scharf nur mit der Sehgrube, der Fovea: „Schärfe-Spot“ und individuelle Cortexvergrößerung

Wirklich *scharf* sehen wir nur einen winzig kleinen Bereich des Sehfeldes, etwa von der Größe des Daumennagels, wenn wir den Arm weit von uns

strecken! Dass das gesamte Umfeld nicht scharf ist, merken wir nicht, denn zusammen mit den Augen bewegt sich unser „Schärfe-Spot“ ständig hin und her, und unser Gehirn setzt das anvisierte Objekt aus vielen kleinen, scharfen Augenblicks-Bildern zusammen.

Dabei ist das Netzhautbild am Rand gar nicht so unscharf! Die Unschärfe kommt daher, dass die Sehinformation, die von dem „Schärfe-Spot“ in der Bildmitte kommt, im Gehirn *riesig groß* („elektrisch“) *abgebildet* wird.



Unserem Bild liegt Eschers Lithografie „Balcony“ zu Grunde. Im Original ist die Bildmitte nur drei Mal größer abgebildet als der Rand. Durch ein Fisheye-Objektiv transformiert, wurde der Vergrößerungsfaktor hier auf 16 erhöht. Bei vielen Menschen ist der „Cortexvergrößerungsfaktor“ sogar noch höher. Man muss sich klar machen, wie krumm eine *gerade Linie* im Gehirn abgebildet wird, und *wie unterschiedlich sie gebogen ist*, je nachdem, an welche Stelle von ihr wir gerade hinschauen! Da erscheint es fast wie ein Wunder, dass wir sie als Gerade wahrnehmen.

Um das Seherlebnis naturgetreu wiederzugeben, hat Anders Zorn 1889

in seiner Radierung „Rosita Mauri“ nur den „Schärfe-Spot“ als Fixierpunkt in der Bildmitte scharf gestaltet, die Randbereiche aber verwaschen. Lawrence Gowing, der sich leidenschaftlich für Paul Cézannes Mal-Experimente interessierte, malte ein Stillleben so, wie es erscheint, wenn man darüber hinweg in die Ferne starrt: Man sieht dann die nahen Konturen doppelt, weil die beiden Augen den Vordergrund aus unterschiedlicher Perspektive abbilden. Meist merken wir das nicht, weil das Gehirn Doppelkonturen automatisch in einen *Tiefeneindruck* umsetzt. Aber wie sollen wir dieses Bild ansehen? Wenn wir das Seherlebnis des Künstlers wiederholen und in die Ferne starren, sehen wir die doppelten Konturen nochmals doppelt, also vierfach [1]! Einem ähnlichen Trugschluss erlagen Kunsthistoriker, die vermuteten, El Greco habe seine Figuren deshalb so ätherisch-schlank gemalt, weil er sie wegen seiner astigmatischen Augenlinsen so sah. Falsch - denn er hätte dann auch seine Bilder in gleicher Weise verzerrt wahrgenommen und sie so gemalt, dass sie *für uns normal* ausgesehen hätten. El Greco hat also die Verzerrung bewusst eingesetzt, um die Ausdruckskraft der Figuren zu erhöhen.

3D-Effekte in flachen Gemälden

Der englische Maler John Jupe hat die Ideen von Zorn und Gowing aufgegriffen und eine ganz neue Möglichkeit erfunden, auf flachem Malgrund quasi-räumliche Bilder zu schaffen: Außerhalb des „Schärfe-Spots“ in der Bildmitte, auf den er das Auge des Betrachters lenkt, versieht er die abgebildeten Gegenstände mit verwischten Doppelkonturen. Dank der hohen Cortexvergrößerung und der damit verbundenen Unschärfe im peripheren Sehfeld nimmt man diese Konturen nicht als doppelt wahr. Wir vermuten, dass die *Simulation von 3-D-Verhältnissen* - Doppelbilder mit Disparitäten, die aber keine echten stereoskopischen Daten

enthalten - die sonst unvermeidliche 3-D-Information „*flaches Bild*“ unterdrückt, und so können sich *monokulare* Indikatoren durchsetzen wie Überschneidungen, Schattenwurf, Perspektive und die Größe bekannter Objekte und einen verstärkten Tiefeneindruck bewirken.

Jupe entdeckte nebenher auch, dass wir *mit einem einzigen Auge* in den Bereichen außerhalb des „Schärfe-Spots“ ein *Doppelbild* sehen. Demnach wird unser Netzhautbild nicht *einfach* in die Sehrinde projiziert, sondern es scheint, leicht versetzt, eine *zweite Projektion* zu geben, eine „*Afferenzkopie*“ - und zwar dorthin, wo diejenige Projektion eintrifft, die jeweils vom *anderen* Auge her kommt. Dank dieser Doppelprojektion werden vermutlich die unvermeidlichen Bildverzerrungen kompensiert, so dass selbst minimale Bildunterschiede zwischen den beiden Netzhautbildern zur binokularen Tiefenwahrnehmung beitragen können [3].

Echte 3-D-Information enthält auch das linke Halbbild, das Dorle Wolf [4] in einem künstlich verzerrten Koordinatensystem *punktsymmetrisch* gestaltet hat. Das zweite Halbbild entsteht, wenn man das Bild mit dem zweiten Auge um 180° verdreht betrachtet - durch ein Pechan-Prisma, das man aus billigen, geradachsigen Taschenferngläsern als komplette Einheit ausbauen kann. Bei dem Tripletts können benachbarte Bildpaare wie bei den bekannten Magic - Eye - Stereogrammen durch Zusammenstarren oder -schieben zu Raumbildern fusioniert werden. Inmitten der „*Kaleidopshäre*“ sieht man dann eine kleine, gemusterte Kugel, die in einer großen, halben Hohlkugel schwebt. Zwei Türme ragen schräg nach vorne, die zwei von einem Kreis umschlossenen Dreiecke *glänzen*, weil hier eine helle und eine dunkle Fläche aufeinander treffen, und die doppelte Signatur schwebt vorne im Raum. Fusioniert man das „*falsche*“ Bildpaar, so



wird die räumliche Gestalt *tieferverkehrt*: Man erkennt nun eine große, konvexe Schüssel mit einem zentralen Loch, in dem - weit hinten - eine kleine *Hohlkugel* schwebt. Die beiden "Antennen", die eigentlich von den sphärischen Oberflächen verdeckt sein müssten, ragen nun schräg nach hinten.

Dorle Wolf nutzt auch die Natur der Farbe selbst und lässt Farbflächen sich vom Malgrund abheben, so dass sie scheinbar in der Luft schweben [4,5]. Schon durch den natürlichen *chromatischen Fehler* unserer Augenlinse werden rote und blaue Flächen, die gleich weit von uns entfernt sind, auf der Netzhaut etwas gegeneinander versetzt abgebildet. Da unser Sehsystem aus den Bildunterschieden zwischen rechtem und linkem Auge Raumtiefe ermittelt, erscheint den meisten Menschen Rot etwas näher als Blau. Durch eine farblose „ChromaDepth“ 3-D Brille [6] wird dieser „Farb-Stereoeffekt“ verstärkt. Ihre Gläser bestehen aus zwei farblosen „Blaze“-Beugungsgittern, die das Licht, ähnlich wie ein Prisma, in seine *Regenbogenfarben* zerlegen, und zwar für beide Augen gegensinnig. Verschieden farbiges Licht fällt daher aus unterschiedlichen Richtungen ins Auge. Setzt man die Brille auf, so springen die Bilder, die unsere beiden Augen sehen, ein wenig aufeinander zu – *rote* Bildteile mehr, *blaue* weniger. Und so sehen wir verschiedenfarbige Flächen, die seitlich aneinander grenzen, tiefengestaffelt. In der Reihenfolge von nah nach fern folgen aufeinander die Farben Rot, Orange, Gelb, Gelbgrün, Grün, Blaugrün, Blau, Dunkelblau und Schwarz. *Flache* Bilder werden so zu lebendigen „Farbräumen“: nicht zu starren Strukturen, die wie gemeißelt vor uns stehen,

sondern zu Objekten, die sich vor unseren Augen zu verändern scheinen, denn erst nach längerer Zeit erschließt sich der ganze Umfang ihrer Raumtiefe. Bei dem abgebildeten Triplet (Ausschnitt von „Sommer an den Altwässern des Mains“, aus Dorle Wolfs Serie „Farben der Zeit“) lassen sich Bildpaare wieder durch Zusammenstarren oder –schielen zu Raumbildern fusionieren: das linke Paar so, wie man das Originalbild (rechts) durch die normale 3-D-Brille sieht – mit intensivem Tiefeneindruck und wegen der unvermeidlichen Farbdispersion etwas unscharf; und das rechte Paar so, wie mit der „high definition“ Brille betrachtet, die nur ein einziges Blaze-Gitter enthält: nämlich scharf und (wegen halbiertes Disparitäten) mit einem Viertel des Tiefeneindrucks. Relativ zum linken Paar wird es *tieferverkehrt* wahrgenommen.

Unser 3D-Sehsystem ist daran gewöhnt, dass die Bildunterschiede zwischen beiden Augen mit zunehmendem Betrachtungsabstand kleiner werden, obwohl die räumliche Gestalt des Objekts gleich bleibt. Der chromatische Ablenkungswinkel der ChromaDepth-Brille ist aber konstant. So werden die Bilder umso plastischer, je weiter man sich von ihnen entfernt. Und wenn man daran vorbeiläuft, scheinen sich die Strukturen – stärker noch als bei einer 3-D-Projektion - mitzudrehen.

Blind ohne es zu merken

Wie kreativ unser Sehsystem ist, zeigt sich besonders bei *Störungen*. Ist die Sehrinde im Hinterkopf durch vorübergehende Kontraktionen der Blutkapillaren ungenügend mit Sauerstoff versorgt, fallen Teile des Sehfeldes minutenlang aus. Dort sieht man dann mit *beiden* Augen nichts! Dieses Nichts ist aber nicht schwarz. Das

Gehirn füllt die Lücke sofort mit Information aus dem sehtüchtigen Umfeld aus - so vollkommen, dass man ein solches „*Flimmerskotom*“ meist gar nicht bemerkt! Am äußeren Rand der blinden Fläche sieht man flimmernde Zickzack-Streifen. Diese Erscheinung ist typisch für Migräne und ähnelt verblüffend den Zeichnungen, die religiöse Mystiker von ihren „himmlischen Visionen“ gemacht haben [7].

Das Gefühl für Ästhetik: angeboren, erworben oder gesellschaftliche Konvention?

In diesen Flimmerskotom-Mustern spiegeln sich Eigenschaften unseres Sehsystems wider, und deshalb empfinden wir sie als *ästhetische Urformen*, die sich in der Kunst wiederfinden. Jasper Jones z.B. hat sie in dem Bild „*Zwischen Uhr und Bett*“ dargestellt. Auch der faszinierend-grobe Pinselstrich von van Gogh wirkt quasi als „Superreiz“ für die Kanten-Detektoren in unserem Sehsystem. Auf solche Zusammenhänge zwischen Wahrnehmung, Ästhetik und der Struktur unseres Sehsystems stoßen wir immer wieder. Dieser Anteil ist entweder angeboren - oder in der frühen Kindheit erworben [8]. Denn unser Sehvermögen ist abhängig von der *Seherfahrung*. Zieht man Kätzchen so auf, dass sie in den ersten fünf Lebenswochen nie senkrechte Kanten zu sehen bekommen, sind sie im späteren Leben für Senkrechte blind und stoßen sich an jedem Pfahl, der ihnen im Weg steht.

Sehen mit geschlossenen Augen

Bei Flimmerskotomen sind wir bei offenen Augen blind, ohne es zu merken. Umgekehrt kann man aber auch mit geschlossenen Augen sehen, und das nicht nur im Traum oder in der



Imagination. *Seh-Halluzinationen* sind gar nicht selten und müssen keineswegs pathologisch sein. Ich habe sie selbst einmal als so realistisch erlebt, dass ich sie fast mit der Realität verwechselt hätte. Eines Nachts hatte ich mich im Bett auf die Seite gelegt und sah im indirekten Mondlicht meine Frau schlafend neben mir liegen. Plötzlich wurde mir bewusst, dass meine Augen die ganze Zeit über geschlossen waren. Wie konnte ich dann ihr Gesicht sehen, und auch meine eigene Hand, die neben mir auf dem Kissen lag? Ich überlegte: Wenn das, was ich da mit geschlossenen Augen sehe, wirklich meine Hand ist, würde ich dann auch sehen können, wie sie sich *bewegt*? Ich krümmte willentlich meinen Zeigefinger, und wirklich: Ich sah deutlich seine Bewegung. Dann erst öffnete ich meine Augen, und ich sah die Umgebung so wie zuvor. Aber ich bemerkte auch, dass meine eigene Hand von der Bettdecke verdeckt war, so dass ich sie gar nicht hätte sehen *können* - selbst wenn ich, ohne es zu merken, die Augen offen gehabt hätte! Dieser kleine Kontrollversuch war ganz wesentlich, um zwischen Seh-Halluzination und „echtem“ Sehen unterscheiden zu können.

Parallele Bildverarbeitung - eine Entdeckung der Impressionisten?

Seurat störte es, dass reine Farben, wenn er sie mischte, auf der Leinwand trübe erschienen, und so entwickelte er den *Pointillismus*: Er setzte Tupfen aus fast reinen Farben wie Mosaiksteinchen nebeneinander und überließ es dem Auge, diese Farben zu Mischfarben zu verschmelzen. Hierdurch haben pointillistische Bilder ihren besonderen Reiz, denn *der Seheindruck ändert sich mit dem Abstand, aus dem wir sie betrachten*. Und das wiederum sagt uns etwas über Eigenschaften der *Sehmoduln im Gehirn* [9,10], die das Bild auswerten: Aus einem bestimmten Abstand werden nämlich die farbigen Mosaikflächen vom *Formensehen* noch als einzelne Tupfen erkannt, während sie bei der „unscharfen“ Verarbeitung im Farb-Modul additiv zu *Mischfarben* verschmelzen. Leider ist nicht in jedem Museum für einen genügend großen Betrachtungsabstand gesorgt, um dies sehen zu können.

Selbst in den natürlichsten „trompe-l'oeil“-Bildern ist der *Pinselstrich* sichtbar oder die Struktur der Leinwand. Damit kann sich ein Gemälde dramatisch ändern, wenn wir es aus verschiedenen Abständen betrachten. Aus der Nähe sehen wir deutlich, dass die Leinwand flach ist und dass darauf das

abstrakte Muster des Pinselstrichs dominiert. So entsteht eine Dualität in der Wahrnehmung – abstrakt *versus* gegenständlich. Das macht die Faszination vieler Gemälde aus, nicht nur derer von Seurat oder van Gogh.

Ohne es zu wissen, nutzten die Impressionisten also die Tatsache, dass unser Sehsystem die Sinnesdaten parallel in mehreren „*Auswertkanälen*“ verarbeitet, die jeweils nur eine ganz bestimmte Information extrahieren: *Raumtiefe und Bewegung*, die genaue *Form der Objekte*, die wir gerade fixieren, sowie *Farben und Flächen gleicher Helligkeit* [9].

Veranschaulichen kann man die Arbeitsweise der verschiedenen Sehkanaäle nur sehr unzureichend, denn wer kann sich z.B. Bewegung vorstellen *ohne* ein Ding, das sich bewegt? Und doch gibt der Kanal, der für Bewegung zuständig ist, *keine Information über das bewegte Objekt!* Umgekehrt: Fällt der „Bewegungs-Modul“ in Folge einer Hirnschädigung aus, können die Betroffenen alle ruhenden Objekte sehen, nicht aber Dinge, die sich bewegen - ein Hinweis darauf, in welchem hohem Maß die Wahrnehmung, ja unser ganzes Selbst von der Funktion unseres Gehirns abhängt [8].

Warum wir Strichzeichnungen "lesen" können

Strichzeichnungen sehen anders aus als naturalistische Bilder, und doch können wir sie sofort verstehen. David Marr erkannte, dass die abstrahierenden Linien der Künstler mit den Bildauszügen übereinstimmen, die das Gehirn als erstes herstellt, um das Netzhautbild zu deuten: eine Art *Strichzeichnung* von dem, was die Augen melden. Strichzeichnungen ähneln also den Beschreibungen der Umwelt, die unser Sehsystem ständig erzeugt [1]! Und weil eine Strichzeichnung von einer Strichzeichnung wieder eine Strichzeichnung ist, können wir Strichzeichnungen von Natur aus leicht verstehen. Um ihre Konturen zu deuten, brauchen wir keine Konventionen, und so werden Strichzeichnungen auch von Tieren richtig interpretiert [11].

Den Ausdruck in *Gesichtern* zu deuten, ist für das soziale Zusammenleben essentiell, und unser Gehirn hat sich mit speziellen Verrechnungs-Moduln darauf spezialisiert. Die vereinfachende Schematisierung der Gesichtszüge, wie sie afrikanische Künstler realisierten, aber auch Picasso, Jawlensky und andere, entstand wohl nicht zufällig. Sie beeindruckt uns, weil sie die Art und Weise widerspiegelt, mit der das Gehirn die Gesichtsgestalt transformiert und vereinfacht.

Wenn man religiöse Bilder betrachtet, fällt auf, dass die Augen der Personen oft viel zu hoch liegen. Die flache Stirn erscheint wie in Kindermalereien: so, als enthielte der Kopf kaum ein Gehirn. Dabei liegen die Augen doch fast in mittlerer Höhe im Gesicht! Die Verschiebung der Augen - in denen man oft das wahrnehmende Ich zu erkennen glaubt - deutet hier vielleicht das Streben nach oben an, hin zum ersehnten himmlischen Jenseits.

Kunst und Neurophysiologie. Der Reiz der Abstraktion

So wie Wissenschaftler neue Erkenntnisse oft spielerisch entdeckten - nämlich durch Zufall ("Serendipity") - haben auch Künstler Farben und Formen spielerisch ganz verschieden angeordnet und damit die Eigenschaften des Sehsystems erforscht. Cézanne, einer der Väter der klassischen Moderne, schrieb dem jungen Picasso, er solle die Natur als ein Arrangement von Urformen ansehen, von Kegeln, Zylindern und Kugeln. Nach ihnen scheint das Gehirn bei der Bildanalyse zu suchen, und zwar erst in einer groben Übersicht und dann im Detail [12].

Mondrian und Kandinsky versuchten, mit ihren abstrakten Bildern die ästhetisch positiven „Urformen“ herauszufinden - Surrealisten sprachen von „Biomorphen“ - und so eine abstrakte Formsprache zu entwickeln. Sie vereinfachten die natürlichen Formen und zerlegten sie in ihre Grundkomponenten - erfolgreich, denn unser Sehsystem geht ähnlich vor. Kandinsky, Matisse und die *Fauves* wollten mit ihrem abstrakten geometrischen Stil „*reine Gemälde*“ aus Primärfarben herstellen, eine Art „*visuelle Musik*“, um die psychologischen Effekte der reinen Farben einzufangen. Mondrian suchte nach den fundamentalen Sehelementen, die er als die Grundkomponenten der Malkunst ansah, und formulierte mit seinen typischen Block-Kompositionen, welche die *Grundstruktur* des Gegenstandes darstellen sollten, eine Art „*visuelle Grammatik*“ als den eigentlichen Inhalt seiner abstrakten Gemälde [12].

Ein Reiz abstrakter Bilder scheint darin zu liegen, dass sie das Ergebnis der *frühen* Stufen der Bildverarbeitung simulieren, aber den höheren Stufen keine Daten liefern, die Analyse wie gewohnt weiterzuführen. Nichtgegenständliche Werke enthalten oft *isolierte ästhetische Urformen* ohne die gewohnten semantischen oder emotionalen Botschaften. Sie rühren uns an, nicht weil sie Eigenschaften der Außenwelt darstellen, sondern *weil sie die Vorgehensweise unseres Sehsystems*

tems widerspiegeln, das ja darauf aus ist, Information über die Welt zu erlangen. Deshalb spiegeln die ästhetischen Urformen, die im Prozess der Bildverarbeitung auftauchen, auch Eigenschaften der Welt wider.

Demnach bewegen ästhetische Urformen unsere Emotionen deshalb, weil sie unser Sehsystem besonders stark erregen. Seurats wunderbare Kanten, Mondrians senkrechte und waagerechte Linien, Cézannes, Picassos und Braques Zylinder, Kugeln und Kegel, Giacomettis Strichfiguren und Arps *Biomorphe* wirken, indem sie ganz bestimmte Prozesse unserer Bildverarbeitung isoliert und oft überstark anregen: Prozesse, die alle sehenden Wesen - unabhängig von der Kunst - entwickelt haben, um die Welt, in der sie leben, mit Auge und Gehirn zu analysieren und darin zu überleben [7]. Es gibt also erstaunliche Parallelen zwischen der Physiologie einzelner Nervenzellen im Sehsystem und dem, was Künstler in ihren Werken entwickelt haben. Moderne Kunst scheint geradezu darauf zugeschnitten zu sein, spezielle Nervenzellen zu erregen, die normalerweise auf ganz bestimmte Eigenschaften der Sehwelt reagieren. Dass diese Korrelationen *ursächliche Zusammenhänge* anzeigen, kann man mit Recht vermuten. Es ist plausibel - aber deswegen muss es nicht unbedingt zutreffen.



Mondrian begründete seine „Quadratkompositionen“ rational: Diese Linien seien deshalb so bedeutsam, weil Jesus am Kreuz starb, das aus waagerechten und senkrechten Balken bestand. Überzeugender ist die biologische Erklärung: Horizontale und Vertikale sind *Urkonzepte*, mit denen das Gehirn die Orientierung von Linien vergleicht [7], und die sprechen uns auch in Werbegrafiken an.

Wie kommt Bewegung ins ruhende Bild?

Plato betrachtete es als Mangel der Malkunst, dass sie nur bewegungslose Momentaufnahmen zeigt. Schopenhauer forderte, die Malerei solle nicht ein bestimmtes Objekt abbilden, sondern dessen *Idee* vermitteln: seine *essentielle Gestalt*, die *Gesamtheit aller „Momentaufnahmen“* sowie der *Assoziationen*, die das Gehirn von dem Objekt gespeichert hat. Objekte so darstellen, wie sie *sind*, das wollen auch die Kubisten. Hierzu eliminieren sie alle zufälligen Begleitumstände, die nicht wesentlich zum Objekt gehören: Momentane Beleuchtung und Perspektive, die eingefrorenen Bewegungen sollen überwunden, transzendent werden nach Gombrich [1] wohl ein unnötiger Ansatz, denn unser Gehirn extrahiert von sich aus die konstanten Parameter hocheffizient.

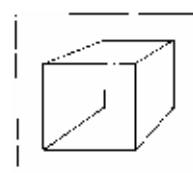
Am Ursprung des Kubismus steht die Mehrdeutigkeit der Orientierung eines Gesichts, wie sie Picasso oft dargestellt hat. Hierin steckt aber auch eine *zeitliche Folge* - eine Kombination verschiedener Augenblicke, so als würde man am Objekt vorbeilaufen [2,12]. Zugegeben: Man muss solche Bilder *sehen lernen*, und nicht jeder war mit Picassos Abstraktion einverstanden. Es geht die Legende, ein Auftraggeber habe sich einmal über ein „unnatürliches“ Porträt beklagt. Das Foto der Person, das er zum Vergleich vorwies, sei doch viel natürlicher. Picasso habe dazu trocken bemerkt: „Ist es nicht ein bisschen klein - und flach?“

Eingeborene, die noch keine Seherfahrung mit Fotos irgendwelcher Art hatten, sehen das ähnlich. Sie erkennen anfangs nicht, was abgebildet ist, sondern halten ein Foto für das, was es wirklich ist: ein Stück Papier mit ein paar Flecken darauf. Und sie kritisieren, dass ein Porträt, im Profil aufgenommen, unvollständig ist, denn ihm fehlen ja ein Ohr und ein Auge. Picasso hat diese Teile gemalt, auch wenn sie aus der gewählten Perspektive eigentlich gar nicht sichtbar sind. Er wie auch die afrikanischen Künstler malten die Dinge also nicht so, wie sie das Auge abbildet, sondern so, wie sie das „innere Auge“ sieht, das Dinge gleichzeitig aus mehreren Richtungen betrachten kann.

Bewegung zeigen auch die Moiré-Muster der „*kinetischen Tiefenbilder*“. Sie entstehen durch die Überlagerung von regelmäßigen Gitterstrukturen, die ein Stück voneinander entfernt sind. Läuft man an ihnen vorbei, kommt es zu ästhetisch reizvollen Bewegungstäuschungen. Ludwig Wilding erzeugte

so mit flachen Mustern eindrucksvolle Tiefenwirkungen. Was er als „vorläufig unerklärte Erscheinung“ bezeichnete, sind aber nichts als solche Moiré-Muster, die sich mit der Betrachtungsrichtung verändern, so dass die beiden Augen Bildunterschiede melden, die unser Sehsystem wie gewohnt als räumliche Tiefe deutet.

Vasarely täuscht Bewegung vor, indem er farbige Flächen, die aneinander grenzen, *gleich hell* malte. Da unser Bewegungssehen in Schwarzweiß arbeitet, sind die Konturen von farbigen Flächen, die genau gleich hell sind, für den Bewegungsmodus unsichtbar, und er meldet „Bewegungszustand unbekannt“. In Folge dessen scheinen sich die farbigen Flächen vor unseren Augen auf unbestimmte Weise wabern hin und her zu bewegen, denn die Grenzlinien selbst werden nach wie vor erkannt [9].



Bewegung kann auch durch Zweideutigkeit vorgetäuscht werden. In vielen seiner Bilder gestaltete Vasarely Quader, die

von einem Augenblick zum anderen tiefenverkehrt werden, gerade so wie der zentralperspektivisch gezeichnete *Necker-Würfel*, der in einen Pyramidenstumpf umschlägt. Dieser Wechsel kommt daher, dass unser Gehirn perspektivisch ambivalente, *flache* Bilder fälschlicherweise *räumlich interpretiert*. Was wir sehen, ist die momentane Deutung, für die es sich - ohne unser Wissen - im Moment „entschieden“ hat. An dieser Deutung, dieser Wahrnehmungshypothese unseres Gehirns, können wir aber nicht willentlich festhalten. Nach einigen Sekunden erblicken wir im selben Bild plötzlich die alternative räumliche Gestalt. Die scheinbare Bewegung - das Umklappen - geschieht natürlich weder auf dem Bild, noch auf der Netzhaut, sondern einzig und allein im *Gedächtnis* und Vasarely gingen



noch weiter. Sie schufen Figuren, die ihre Räumlichkeit erst dann gewinnen, wenn man sie um ihren Mittelpunkt dreht. Es ist kaum möglich, in diesen *Roto-Reliefs* das zu sehen, was sie wirklich sind: flache, sich drehende Scheiben.

Der Maler Patrick Hughes erzeugt einen dramatischen Eindruck von Bewegung, während man an seinen Bildern vorbeigeht. Sein Trick ist *tieferverkehrte Bewegungsparallaxe*. Hierzu verwendet er Motive mit prägnanter Zentralperspektive und mit Fluchtpunkten - aber nicht auf einer flachen Leinwand. Vielmehr malt er die Szene quasi *tieferverkehrt* auf eine *räumliche* Unterlage, die so geformt ist, dass die Fluchtpunkte *vorne* liegen. In Folge der verkehrten Perspektive dreht sich die gemalte Szene intensiv, sobald man sich als Betrachter seitwärts bewegt! Nach eigener Aussage will Hughes damit den Standpunkt *anderer* Zuschauer *mit darstellen*: Zuschauer, die das Objekt aus einem anderen Blickwinkel betrachten. Geht man auf seine Bilder zu, so kollidiert die 3D-Information zunehmend mit der Zentralperspektive, aber erst dicht davor setzt sie sich durch, und man erkennt die wahren Verhältnisse: Die Tiefe schlägt plötzlich um, und dabei kann einem fast schwindelig werden.

Einen ähnlichen Effekt erlebt man bei einer hohlen Maske. Wenn man vor ihr den Kopf hin und her schaukelt, scheint sich das Gesicht lebhaft hin und her zu drehen [13,14]. Ich wundere mich, dass noch kein Bildhauer ernsthaft auf die Idee kam, seine Figuren mit *Hohlgesichtern* zu versehen, so dass sie sich zu bewegen scheinen, wenn man an ihnen vorbeiläuft. Formte man die Augen natürlich, d.h. konvex, so würden sie sich *nicht* mitdrehen. Der Effekt: Die Figur drehte ihren Kopf und rollte dabei mit den Augen ...

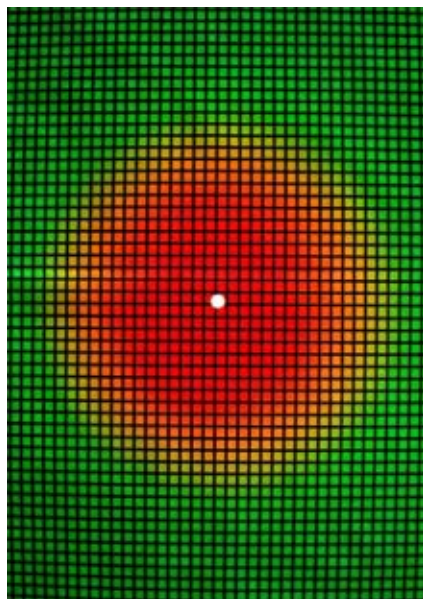
Einsichten der Op-Art:

Das ruhende Auge ist blind

Eigentlich sehen wir nur Dinge, die sich *bewegen*. Den Anblick einer stillen Landschaft können wir nur genießen, weil unser Auge für die Bewegung sorgt, indem es ständig hin und her zittert [15]. Dabei verschiebt sich die Netzhaut unter dem ruhenden Bild um mehr als 20 Mikrometer! Setzte man eine Kamera in dieser Weise ein, so lieferte sie ein verwackeltes, unscharfes Bild. Nicht so bei unserem Auge: Raffinierte Interpolationen verschaffen ihm eine Sehschärfe, die besser ist, als dem Abstand der Sehzellen voneinander entspricht!

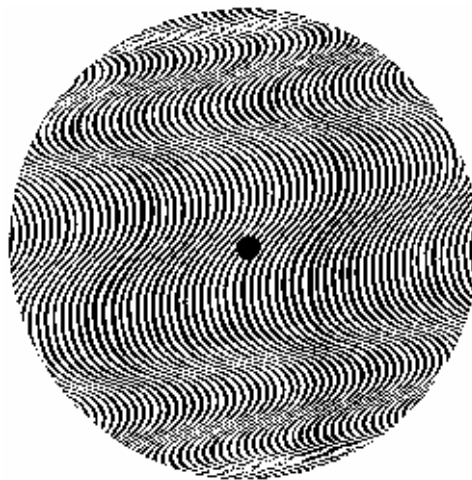
Dass man ruhende Bilder nicht wahrnimmt, zeigt der „*Troxler-Effekt*“. Otto Piene hat ihn in seinem Bild *Schwarze Sonne* eingesetzt. Wenn man unbewegt neben oder auf die verwaschen gemalte, schwarze Sonnenscheibe starrt (statt dieser kann man auch einen kleinen schwarzen Papierschnipsel anfeuchten und sich seitlich vorne auf die Nase kleben, so dass er nur unscharf zu erkennen ist) und den Kopf ganz ruhig auf die Hände aufstützt, sieht man, dass der Fleck nach wenigen Sekunden völlig verschwindet: Die feinen Augenbewegungen reichen nicht mehr aus, um den Sehzellen die nötigen Helligkeitsunterschiede zu liefern, die für eine permanente Wahrnehmung nötig sind.

Angeregt durch die Arbeit „*Spacial*“ des Malers Julian Stanczaks hat Shimojo [16] ein Bild gestaltet, bei dem unser Sehsystem auf ähnliche Weise Farben extrapoliert. Startet man aus der Nähe auf den weißen Fleck, so scheint sich das gesamte Umfeld nach wenigen Sekunden *einheitlich rötlich oder aber grünlich* zu färben. Warum die Mehrzahl der Menschen bei ein und demselben Bild ein „*filling-out*“ erlebt und nur wenige ein „*filling-in*“, ist noch völlig unverständlich.

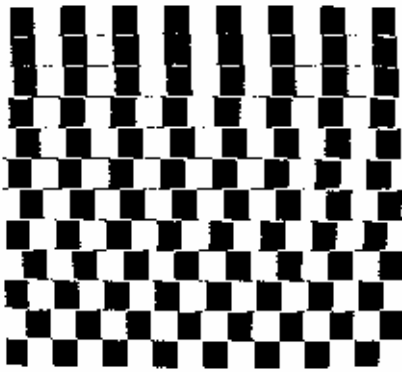


Ein anderer Fall, bei dem wir etwas nicht sehen, weil das Signal relativ zur Netzhaut *ruht*, sind „*Nachbilder*“. Startet man einige Sekunden lang auf eine sehr helle, scharf begrenzte Fläche, so wird deren Bild in die Netzhaut quasi „*ingebrannt*“: Man sieht diese Fläche dann auch bei völliger Dunkelheit, aber nach wenigen Sekunden verschwindet sie. Schaut man danach auf eine mäßig hell beleuchtete Wand, erscheint wieder das Nachbild der

Fläche, aber nun als *Negativ*, also mit umgekehrten Helligkeitswerten, und wiederum nur für kurze Zeit. Es ist damit aber noch keineswegs gelöscht: Schaltet man das Licht aus, sieht man wieder das *positive* Nachbild der Fläche. Dieses Spiel kann man minutenlang wiederholen - so lange, bis der Sehpurpur der Netzhaut in der anfangs „*ingebrannten*“ Bildfläche wieder völlig regeneriert ist. Gleicht man die Beleuchtung der weißen Wand so ab, dass im Augenblick weder ein positives noch ein negatives Nachbild zu sehen ist, dann zeigt die Helligkeit dieser Beleuchtung an, wie viel Sehpurpur momentan regeneriert ist.



Die Op-Art nutzt mit „*kinetischer Kunst*“ die Wirkung von drei Eigenschaften unseres Sehsystems: Das Augenzittern, die gegenseitige Hemmung benachbarter, miteinander verschalteter Nervenzellen und die digitale Codierung der Farbinformation. Oft zeigen Op-Art-Bilder kontrastreiche Gitterstrukturen. In Rileys *Strom* erzeugen die feinen Linien lebhaft Bewegungen und ein irritierendes Flimmern, obwohl alles im Bild ruht. Hauptursache dafür sind die intensiven *Nachbilder*, die von den hellen Streifen auf der hin und her zitternden Netzhaut „*ingebrannt*“ werden. Sie überlagern sich ständig mit dem Bild, das neu einläuft. Dabei entstehen auch Bereiche, die grau aussehen, und es kommt zu einem irritierenden Eindruck, der oft mit Schwindelgefühl einhergeht. Erzeugt wird diese Wahrnehmung durch Aktivität in dem Gehirnmodul, der normalerweise nur bei echten Bewegungen aktiv ist. Manchmal sieht man auch Farben, und bei längerem Anblick können bizarre Halluzinationen ausgelöst werden. Um nicht selbst darunter zu leiden, pflegte Riley die Bildteile, an denen sie gerade nicht malte, zu verdecken.



Auch optische Täuschungen setzten Op-Art-Künstler ein, wie z.B. die *Küchenskachel-Illusion*, bei der die waagerechten Fugen scheinbar schräg verlaufen, weil hier die Richtungsdetektoren unseres Sehsystems von den versetzten Kacheln irritiert werden.

Machsche Streifen und den Effekt des *Simultankontrasts* haben Seurat und Signac verwendet, aber auch Vasarely, Riley und andere. „Ausstrahlung“ nannten sie die optischen Effekte, die dabei entstehen. Sie lassen Kanten und Flecken sichtbar werden, die im Bild gar nicht vorhanden sind. Kasimir Malewitsch bringt in seiner Arbeit *Weiß auf Weiß*, einer „suprematistischen Komposition“, unser Sehsystem dazu, ein weißes Quadrat auf einem ebenso weißen Hintergrund *dunkler* zu sehen, was es gar nicht ist - lange bevor Craik und Cornsweet das Phänomen wissenschaftlich beschrieben und erklärten. Die Mechanismen, die solchen Täuschungen zugrunde liegen, lassen uns im normalen Leben erkennen, wie stark ein Objekt Licht reflektiert, auch wenn es ungleichmäßig beleuchtet ist [15]: Ein schwarzer Körper bleibt schwarz auch dann, wenn er so hell beleuchtet wird, dass er mehr Licht abgibt als ein weißes, schwach beleuchtetes Objekt. Diese *Helligkeits-Konstanzleistung* hat zur Folge, dass man sich manchmal über die *wahren* Helligkeiten täuscht.

Ein Blick auf die eigene Netzhaut

Dass wir nur Dinge sehen, deren Bild sich relativ zu unserer Netzhaut *bewegt*, zeigt ein einfaches Experiment, bei dem man quasi in das eigene Auge blickt. Man steche in ein Stückchen schwarze Pappe ein feines Loch von knapp 1 mm Durchmesser. Blickt man durch dieses Pinhole, das man *ganz dicht vor einem Auge* per Hand 4-5 mal pro Sekunde kreisförmig mit einem Bahndurchmesser von 2-3 mm bewegt, auf eine *homogene* weiße Fläche, so sieht man die Schatten von Strukturen, die *dicht über* der lichtempfindlichen Schicht liegen: zarte, bäumchenförmig verzweigte *Netzhaut-*

kapillaren, die die Sehgrube aussparen und die ja paradoxerweise *vor* den Sehzellen liegen. Dazwischen erkennt man ein feines Muster aus winzigen Pünktchen. Es sind die „Schatten“ der *Sehzellkerne*, die wegen ihres höheren Brechungsindex` wie *Kugellinsen* wirken und das Licht bündeln [17]! Wir sehen dies aber nur, solange das Pinhole kreist, so dass die Schatten sich relativ zu den Sehzellen verschieben. Wir blicken also ständig durch das Netzwerk der eigenen Blutkapillaren, und dennoch ist das Bild, das wir sehen, nicht zerstückelt - die fehlenden Bereiche werden im Gehirn durch Interpolation ergänzt.

Zur Philosophie des „invertierten Spektrums“ und der Synästhesie

Haben Maler, die die Welt verschieden malten, sie wirklich so verschieden gesehen - vielleicht in ganz anderen Farben? Ich meine damit nicht Maler, die farbenblind waren - Ich kenne einen, der im Studium durch seine mutige Farbgebung auffiel und später erst feststellte, dass er rot/grün-blind war. Aber könnte es nicht sein, dass ich das, was andere Menschen Rot nennen, in einer Farbe sehe, die andere Blau nennen würden, und umgekehrt? Zugegeben: Ich halte es für unwahrscheinlich. Aber selbst wenn es so *wäre* - man könnte es nicht herausfinden. Denn auch wer die Farben „falsch“ sieht, hat ihre *Namen* der Konvention entsprechend gelernt und wird sie gleich verwenden.

In der Tat gab und gibt es viele Menschen, wie vermutlich Kandinsky, die ganz anders wahrgenommen haben als die meisten anderen: die *Synästheten*. Synästhesie heißt *Zusammenempfindung*, aber nicht ein poetisches „Zugleichempfinden“ in einer Art von *Assoziation*, sondern eine unfreiwillige Sinneserfahrung: Ein Synästhet hört z.B. einen Ton und empfindet dabei zwanghaft eine ganz bestimmte Farbe oder eine bestimmte Form. Kandinskys Farben- und Formenlehre basiert wesentlich auf seiner Synästhesie. Und hier irrte er, denn *jeder Synästhet erlebt seine eigenen, individuellen Korrelationen*, es gibt keine Gesetzmäßigkeiten, die für alle gelten. Denn die Ursache sind ungewöhnliche („falsche“) Verbindungen zwischen den Sinnesorganen und den auswertenden Gehirn-Moduln. Synästheten sind „kognitive Fossilien“, deren Gehirn strikt unterscheidet. Sie verfügen damit über die archaische Fähigkeit, die Welt *multisensorisch* auszuwerten. Aber auch wir verwenden *synästheti-*

sche Metaphern, um wichtige Botschaften psychologisch zu verankern: etwa wenn in Klimakarten kalte Regionen blau und warme rot gefärbt sind. Denn Rot und Gelb empfinden wir als *warme Farben*, Blau und Grün dagegen als *kalte*. Die Physik lehrt das Gegenteil: Lichtquellen, die viel Blau abstrahlen, sind mehrere Tausend Grad heiß. Mit solch hohen Temperaturen haben wir aber keine praktische Erfahrung, und so gehen sie nicht in unsere intuitive Wertung ein. Der rote Schein des wärmenden Feuers aber ist uns ebenso vertraut wie die Kühle von blaugrünem Wasser.

Immanente Widersprüche in naturalistischen Bildern

Obwohl die wirkliche Welt nicht wie ein flaches Bild aussieht, kann man ein flaches Bild so gestalten, dass es fast wie die wirkliche Welt erscheint. Es entsteht eine gewisse innere Widerspruchsfreiheit, die „Rationalisierung des Raumes“, die Magritte z.B. in seiner paradoxen Arbeit *„La condition humaine“* karikiert. Aber kann man Widersprüche im Vergleich mit der Wirklichkeit wirklich ausmerzen, indem man die Perspektive einhält?



Hier sind *Kinderzeichnungen* aufschlussreich. Denn Kinder erschaffen kein Abbild dessen, was auf der Netzhaut abgebildet ist, was also ihre Augen „sehen“. Vielmehr malen sie objektzentriert, also nicht die „Beobachter-zentrierte“ reale Szene. Das Kind weiß, dass alle Menschen etwa gleich groß sind, und malt sie auch so, egal, ob sie weiter weg sind oder nicht. Und es weiß auch, dass der Bach, der als schmales, dunkles Band - von rechts oben beginnend - unter der Straße verläuft und *hinter* dem Haus vorbeifließt, in Wirklichkeit durchgeht. Dass er nicht in seiner ganzen Länge sichtbar war, wird „übersehen“, und so fließt er munter über das Dach hinweg. Das Kind zeichnet, was es *weiß*, nicht das Bild, das auf seiner Netzhaut erscheint. Und in mancher Hinsicht ist so ein Bild *richtiger* als eine perspektivische Darstellung.

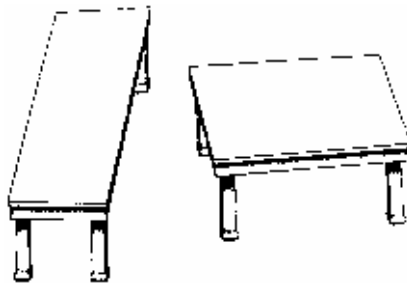
Wir können sehr wohl Antinomien wahrnehmen - Dinge, die einander lo-

gisch widersprechen - obwohl die Welt, in der wir leben, nach heutigem Wissen in sich widerspruchsfrei ist. Das ist eine der wunderbarsten und tiefsten Erkenntnisse der Wissenschaft. Dass unser Gehirn nach widerspruchsfreien Gesetzen arbeitet, schließt leider nicht aus, dass es beim Nachdenken Fehler machen kann. Immer dann, wenn eine wissenschaftliche Hypothese innere Widersprüche enthält, geht man mit Recht davon aus, dass sie die Wirklichkeit nicht richtig beschreibt, und dass man sie revidieren muss [19,20].

Perspektivische Darstellungen zu meistern, war eine echte Entdeckung. Die Maler mussten erst lernen, das *wegzulassen*, was ihr Gehirn ohne ihr Wissen der einlaufenden Sehinformation hinzufügt. Dabei müsste man ja nur genau das Bild abmalen, das auf der Netzhaut erscheint! Aber das kann man nicht. Dass auf der Netzhaut die Flächen der beiden Shepard-Tische identisch sind, erkennt niemand. Maler lernen das Problem der Größenkonstanz, die im erwachsenen Gehirn quasi „fest verdrahtet“ ist, zu überwinden, indem sie die scheinbare Größe eines Objekts mit ihrem Pinsel messen, den sie mit ausgestrecktem Arm halten, und auf ihr Bild übertragen.

3D-Kunst: Wie Maler die Welt wirklich sahen?

Obwohl Maler die Welt *räumlich* wahrnahmen, haben sie doch fast nur *flache* Bilder hinterlassen. Und die mögen noch so naturalistisch sein: Räumliches Sehen und Bewegungsparallaxe sind tödlich für die Tiefenwirkung, denn sie führen unerbittlich vor Augen, dass wir eine *flache, bemalte Fläche* vor uns haben. Diesem Mangel



hat der Japaner Makoto Sugiyama per Computer abgeholfen, indem er bekannte Meisterwerke in Stereo-Bildpaare umgewandelt hat [21]. Das Ergebnis ist sehenswert, aber so reizvoll die Raumwirkung auch sein mag, sie macht die Arbeiten *eindeutiger* und schränkt damit letztlich die Fantasie ein. Ob es allein die Sehgewohnheit ist, dass sie im Vergleich mit dem Original fast ein wenig *banal* wirken? Die Situation scheint ähnlich wie die bei einem guten Buch, das man verfilmt - allzu direkt Dargestelltes stützt die Flügel unserer Fantasie.

Und doch hat Dali sogar eigenhändig Stereo-Bildpaare gemalt! Seine Kreuzigung mit dem Titel *Galas Christus* beeindruckt durch die höchst ungewohnte Perspektive. Den 3D-Realismus könnte man noch weiter führen. Was ja noch fehlt, ist *Zeit*, ist *Bewegung* - für die heutige Videotechnik kein Problem. Man stelle sich vor: Auf dem Kopf trägt man zwei Videokameras. Eine geeignete Bildverarbeitungssoftware - nennen wir sie sinnigerweise *Seurat* oder *van Gogh* - wandelt die Bilder pointillistisch um oder versieht sie mit van Goghs unverwechselbarem Pinselstrich. Das Ergebnis wird übertragen auf zwei kleine Monitore,

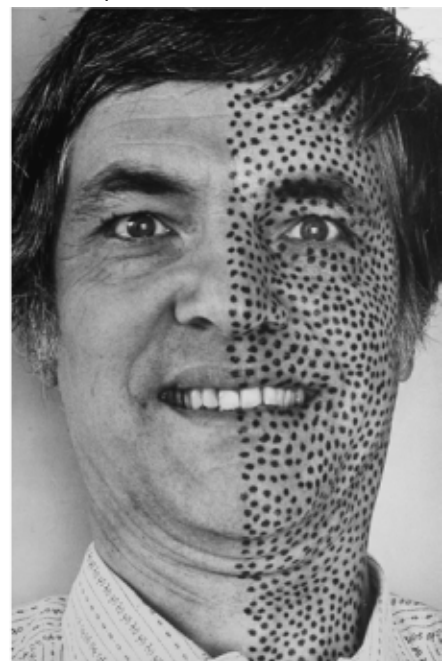
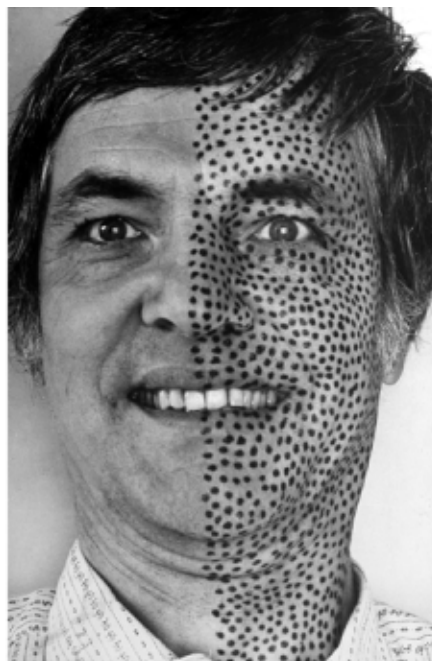
die man vor den Augen trägt, und schon ist die *virtuelle Realität* vollkommen: Man könnte damit frei herumlaufen und beliebige Motive räumlich und *live* (fast) so sehen, wie Seurat oder van Gogh sie *gemalt* hätten - *wenn* sie sie gemalt hätten! Über den künstlerischen Wert einer solchen Software lässt sich streiten, aber das Ergebnis wäre wohl sehenswert.

Wenn wir nicht wahrnehmen, was unsere Augen „sehen“:

Manchmal können wir dem Gehirn bei seiner Arbeit quasi „über die Schulter schauen“: etwa dann, wenn die Wahrnehmung zu Widersprüchen führt. Surrealistische Maler haben das gründlich ausgenutzt.

Besonders interessant ist es, den einzelnen Moduln der Bildverarbeitung widersprüchliche Information zuzuführen. Mit unseren Augen blicken wir aus etwas unterschiedlichen Richtungen auf die Welt. Wenn man durch Spiegel die Ansicht von *rechts* in das *linke* Auge leitet und die von *links* in das *rechte*, dann sieht man die Welt *tiefenverkehrt*: Fernes erscheint nah, und Nahes fern! Betrachtet man ein menschliches Stereoporträt *tiefenverkehrt*, dann müsste man das Gesicht eigentlich *hohl* sehen. Aber so sehr man sich müht - es bleibt konvex!

Die benachbarten Bildpaare des Triplets zeigen das Gesicht konvex bzw. konkav, je nachdem, ob man sie durch Schielen oder durch Starren fusioniert. Die Hohlform erkennt man aber nur in der einen Gesichtshälfte, die durch die Punktierung verfremdet ist. Das schauerliche Erlebnis des unpunktierter-naturalistischen (halben) Hohlkopfes hat man aber erst dann,



wenn man das Bildpaar *auf den Kopf stellt*. Auch hierdurch wird es nämlich *verfremdet*, so dass es nicht mehr dem gewohnten Schema "Gesicht" entspricht. Mit gelindem Schrecken erkennt man nach einiger Zeit eine gespenstisch-fremde Landschaft: die Hohnase, die tief nach innen führt, und die Augen, die grotesk auf zwei Höckern liegen!

Wenn man einen Teil des Gesichts hohl sieht und dann die Blickrichtung wechselt, sieht es augenblicklich wieder konvex aus, um dann nach einigen Sekunden wieder in die hohle Form umzuspringen. Dabei ist *dieses Bild nicht mehrdeutig* - die Augen melden ständig ein Hohlgesicht!

Was wir hier erleben, ist phänomenologisch eine *"Wahrnehmungszensur"*, die uns daran hindert, das Gesicht hohl zu sehen – quasi nach Christian Morgensterns *Palmström-Prinzip* "weil nicht sein kann, was nicht sein darf". Denn ein Hohlgesicht widerspricht radikal unserer Erfahrung. Wir sehen also mit unseren Augen nur das, was unser Gehirn uns zu sehen „erlaubt“, besser: was es zu konstruieren vermag. Und das steht *nicht unter unserer intellektuellen Kontrolle* [13,14,22]. Wohl aber können wir *lernen*, ungewohnte Dinge zu sehen. Es ist eine Art von "visueller Gymnastik", bekannte Objekte zu betrachten (zunächst am besten nur einäugig) und sie sich *tieferverkehrt* vorzustellen - so lange, bis es nach etwas Übung gelingt, sie dann auch tiefenverkehrt wahrzunehmen.

Zwei Gruppen von Menschen gibt es, die Hohlgesichter problemlos hohl sehen können: *Schizophrene* in ihren „produktiven Phasen“ und Menschen,



die unter Drogen stehen wie LSD oder Haschisch. Bei ihnen scheint die „Zensurfunktion“ zu versagen [23]. Nicht umsonst haben viele Maler versucht, ihren Erlebnishorizont durch Drogen zu erweitern, so van Gogh, Modigliani, Munch, viele Surrealisten, Op- und Pop-Art-Künstler [24].

Baselitz` neuer Weg: Verfremden durch Auf-den-Kopf-Stellen

Unser Gehirn kann den Ausdruck in Gesichtern, die auf dem Kopf stehen, nicht deuten. Selbst ein Porträt des Autors, das der Fotograf Thomas Geiger (Hersbruck) „thatcherised“ hat (9), wird erst dann als verzerrt erkannt, wenn man das Gesicht aufrecht stellt [9,12,14]. Indem Baselitz seine Arbeiten regelmäßig auf den Kopf stellt, führt er uns Gestalten vor, die wir zwar erkennen, deren Einzelheiten wir aber nur schwer deuten können.

Kognitive Dissonanz als Stilmittel

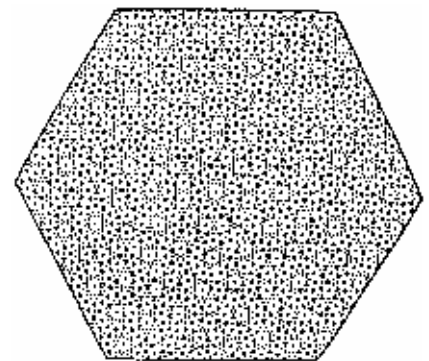
Surrealisten erzeugen beim Betrachter gern „kognitive Dissonanzen“, indem sie den Augen *"ikonoklastische"* Objekte anbieten: Dinge, die mit unserer Erfahrung kollidieren. Wir haben gerade gehört, dass solche Informationen entweder *ignoriert* oder aber *uminterpretiert* werden, so dass sie in das gewohnte Weltbild passen. Wenn wir ein wohlbekanntes („kanonisches“) Objekt wie z.B. einen Kopf von hinten sehen, schließen wir, dass vorne ein *Gesicht* ist, auch wenn wir es im Moment nicht sehen. Wir sind unserer Sache ganz sicher - bis uns Magritte mit seiner Arbeit *Vervielfältigung verboten* schockiert: Ein Bild, in dem die Rückansicht des Kopfes dessen Vorderansicht, die man im Spiegel sieht, gleicht.



Magritte hält uns hier, auch im übertragenen Sinn, einen Spiegel vor und fordert uns auf, nichts unhinterfragt zu akzeptieren.

Illusion von Form und Kausalität durch den "Gestaltungsdruck" - Quelle esoterischer Irrwege

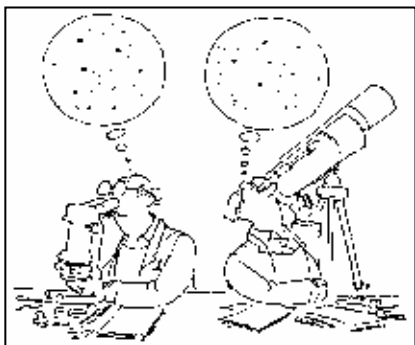
Der Formanalyse-Modul in unserem Gehirn schafft bewundernswerte Leistungen. Aber auch wenn wir nichtgegenständliche Gemälde anschauen, bleibt dieses System aktiv. Und so ist es ein reizvoller Aspekt der „informellen Kunst“, zu erleben, wie unser Sehsystem Bilder deutet, in denen gar keine Form konzipiert ist, wie z.B. in den Arbeiten von Schultze oder Wols.



Der "Gestaltungsdruck" macht, dass sich in manchen Punktmustern kleine Gruppen wie von selbst zu Kreisen zusammenschließen, immer neue, größere Strukturen scheinen sich zu organisieren - man spürt förmlich, wie unser Sehsystem das Muster immer wieder neu zu deuten versucht. Nicht selten aber führt uns der Gestaltungsdruck in die Irre: Er lässt uns nämlich *auch in Zufallsmustern Regelmäßigkeiten* erkennen, mehr noch: Wir haben oft zwanghaft den Eindruck von *Kausalität* („post hoc ergo propter hoc“). Diese Selbsttäuschung ist Quelle für esoterische Theorien jeglicher Art, populäre Überzeugungen, die unbeirrbar geglaubt werden, von der Astrologie bis zum Wünschelrutengehen [18]. Keine von ihnen konnte bisher glaubhaft belegt werden - sonst wäre wohl schon längst der Preis von 1 Million Dollar ausgezahlt, den die James Randi Educational Foundation (www.Randi.org) seit vielen Jahren dafür ausgesetzt hat [19,20].

Während *Künstler* oft mit Illusionen arbeiten und sie gezielt einsetzen, betrachtet sie der *Wissenschaftler* in der Regel als Feind. Wir müssen uns klar machen, dass *Wahrnehmungstäuschungen psychische Phänomene sind und nicht Phänomene der realen, physischen Welt*, denn sie weichen von den physikalischen Fakten auf systematische Weise ab. *Anschaulichkeit* jedenfalls liefert keine Evidenz für

Richtigkeit. Die abstrakte Struktur der Wirklichkeit, in der wir leben, können wir uns *nicht anschaulich* vorstellen. Daher erscheinen uns die Vorgänge im Makrokosmos wie im Mikrokosmos fälschlicherweise widersprüchlich: Wir können weder die Grenzenlosigkeit des endlichen Weltalls noch die Welt der Atome *be-greifen*, sie sind für uns nicht (an)fassbar.



... aber ist es Kunst?

Unser Gedächtnis enthält unzählige *Schemata* von Dingen und von Relationen zwischen ihnen. Es sind „kanonische Repräsentationen“, Prototypen, die man in gewisser Hinsicht mit den Platonischen Ideen der Dinge vergleichen kann. Wer sich mit Kunst beschäftigt hat, besitzt *Schemata* für Stilrichtungen: für Barock, für Impressionismus, für Pop-Art. Mit Hilfe dieser *Schemata* kann man Bilder richtig einordnen, selbst wenn man sie nie zuvor gesehen hat. Diese Leistung ist keine Kunst. Sie folgt aus der Art, wie unser Gedächtnis funktioniert, und auch Tauben sind dazu fähig. Man hat sie dressiert, zwischen impressionistischen Bildern von Monet und kubistischen Bildern von Picasso zu unterscheiden, und sie konnten das dann auch bei Bildern, die für sie neu waren - eine echte Generalisierungsleistung. Auf Monet dressierte Tiere sprachen auch auf Cézanne und Renoir an, Picasso-Tauben auch auf Braque und Matisse [25].



Wohin führt die zeitgenössische Kunst? "... diese Ideologie des unaufhörlichen Fortschritts ist verantwortlich für die Idee der Avantgarde, jener Stoßtrupp, die das Banner des neuen Zeitalters auf jenem Gelände aufpflanzen, das von der nächsten Künstlergeneration besiedelt werden wird ... danach gibt es nicht gute Kunst oder schlechte Kunst, sondern nur veraltete oder fortschrittliche" [1].

Dieses Werk von Peter Scheubel, das offensichtlich der „Concept Art“ zugehört und vielleicht in Anlehnung an Christo entstanden ist, hat den einprägsamen Titel: *Rührt euch, ihr Zuckersäcke!* Ist es Kunst?

Heute wagt oft weder das Publikum noch der Kunstkritiker zu kritisieren, und so erinnert manches Kunstprodukt fatal an die Situation in Andersens Parabel von des Kaisers neuen Kleidern. Wie war das doch in dem Märchen? Durchtriebene Händler behaupteten frech, der neue Kleiderstoff sei nur für die *Fähigen* sichtbar, die sich für ihr Amt eignen. Die Haltung des unschuldigen Kindes ("aber er hat doch gar nichts an!") kann uns nicht weiterhelfen, denn wer kann wissen, wie die *Kunst der Zukunft* aussieht? Jedenfalls wohl anders als in dem Bild des Fotografen Peter Scheubel, das damit die Zuckerrüben-Ernte bei Würzburg dokumentiert.

Platos „Schatten“: Gibt es Wege zu verlässlicher Erkenntnis, aus seiner „Höhle“ heraus?

„Woher kommen wir, was sind wir, und wohin gehen wir?“ - so der Titel eines der großen Spätwerke von Paul Gauguin. Denken wir an die Selbsttäuschungen, denen wir ständig ausgesetzt sind, so müssen wir uns fragen, ob wir überhaupt die Chance haben, *verlässliche Erkenntnis* zu gewinnen, um diese Fragen befriedigend beantworten zu können. Ich meine, dass wir die Chance haben. Obwohl Wissenschaftler ihrer Sache nie absolut sicher sein können, machen sie doch *Vorausagen*, die man *prüfen* kann. Der hohe Grad, in dem sie sich erfüllen, ist ein gutes Maß dafür, bis zu welchem Grad

wir über *verlässliche Erkenntnis* verfügen. Nach diesem objektiven Maß hat sich *wissenschaftliches Wissen* als *das sicherste Wissen erwiesen, das wir kennen*.

Plato zeigte in seinem bekannten Höhlen - Gleichnis eine tiefe Einsicht in das, was wir *Wahrnehmung* nennen: Jeder von uns sitzt gefangen in einer Höhle, und alles was wir sehen sind nur die *Schatten*, die die wirklichen Dinge, die sich hinter uns bewegen, an die Wand werfen. Die phänomenale Welt, das was wir erleben, ist also eine *Art virtuelle Realität*. Der große Reichtum an Details lässt uns diese Simulation auf sehr direkte und *erlebnismäßig unhintergehbare Weise* als die Welt wahrnehmen, in der wir leben. Alles, was wir wahrnehmen, ist also lediglich dieses vom Gehirn konstruierte Modell, nicht die Wirklichkeit. Wir können durch die Nerven nach außen dringen, um in die *wahre Wirklichkeit* zu gelangen, zum Kantschen „Ding an sich“. Alles, was von draußen in unser Bewusstsein kommt, wird durch die Verrechnungsstellen unserer Sinnesorgane vermittelt. Farben, Geräusche, Düfte, aber auch scheinbar absolute Entitäten wie Materie, Raum und Zeit, so wie wir sie aus dem Alltag kennen, ja sogar das von uns erlebte Ich sind etwas Künstliches, Selbstgemachtes, von unserem Gehirn Konstruiertes. *Und dieses Konstrukt nehmen wir wahr* [26]. Die Sprache drückt das zutreffend aus: Wir nehmen an, dass es wahr ist.

All dies müssen wir natürlich nicht wissen, um Gauguins Meisterwerk in uns aufzunehmen. Wenn wir aber - über das gefühlsmäßige, intuitive Erfassen hinaus - *verstehen* wollen, *warum* ein Gemälde so auf uns wirkt, wie es wirkt, dann wird es wichtig, *Zusammenhänge* zu erkennen. Sie steigern unser Erleben *und* unsere Bewunderung für Künstler, die manche dieser Zusammenhänge intuitiv erkannt und kreativ genutzt haben. Und wenn wir die Funktion unseres Gehirns und damit unser Selbst besser kennen lernen, werden wir auch eine



Antwort finden auf die universellen Fragen, die Gauguin zu seinem großen Bild anregten - sechs Jahre vor seinem Tod: *Woher kommen wir, was sind wir, und wohin gehen wir?*

Literatur

- [1] Gombrich, E.: Bild und Auge. Stuttgart (1984).
- [2] Zeki, S.: Behind Appearance: An Explanation of Art, Vision and the Brain. 5th Betty & David Koetser Memorial Lecture, Zürich, Videofilm (1997).
- [3] Wolf, R.: 3-D paintings on a flat canvas: Novel techniques developed by the painters John Jupe and Dorle Wolf, and their significance for human stereopsis. ECVF Paris, Perception Suppl. 32, 155 (2003).
- [4] Wolf, D.: *der farbe leben*. Viertürme, Münsterschwarzach (1999).
- [5] Wolf, D.: *farb-räume - colour to the third*. Viertürme, Münsterschwarzach (2005).
- [6] Wolf, R., Ucke Ch.: Die „Chroma-Depth“ 3D-Brille: Experimente mit farbcodiertem Tiefensehen. *BiuZ* 29, 200-207 (1999).
- [7] Lattó, Richard 1995: The brain of the beholder. In: Gregory R., Harris, J., Heard, P., Rose, D. (eds): *The artful eye*, Oxford (1995).
- [8] Singer, W.: Neurobiologische Anmerkungen zum Wesen und zur Notwendigkeit von Kunst. In: Singer, W.: *Der Beobachter im Gehirn*. Suhrkamp, Frankfurt (2002).
- [9] Wolf, R., Wolf, D.: Vom Sehen zum Wahrnehmen. In: Maelicke, A.: *Vom Reiz der Sinne*. Begleitbuch zur ZDF-Fernsehreihe, VCH, Weinheim (1990).
- [10] Zeki, S.: *Inner Vision. An Exploration of Art and the Brain*. Oxford (1999).
- [11] Hayes, A., Ross, J.: Lines of sight. In: Gregory R., Harris, J., Heard, P., Rose, D. (eds): *The artful eye*, Oxford (1995)
- [12] Solso, R.: *Cognition and the Visual Arts*. London (1994).
- [13] Wolf, R.: Binokulares Sehen, Raumverrechnung und Raumwahrnehmung. Videofilm, *BiuZ* 15, 161-178 (1985).
- [14] Wolf, R.: Der biologische Sinn der Sinnestäuschung. Videofilm, *BiuZ* 17, 33-49 (1987).
- [15] Campenhausen v., Ch.: *Die Sinne des Menschen*. Thieme, Stuttgart (1993).
- [16] Shimojo, S., Wu D.A., Kanai, R.: Coexistence of colour filling-in and filling-out in segregated surfaces. *Perception Suppl.* 32, 155 (2003).
- [17] Wolf, R., Schuchardt, M., Rosenzweig, R.: Looking at one's own cone cells: Entoptic structures visualized through a moving pinhole. *Perception Suppl.* 31, 165 (2002).
- [18] Wolf, R.: Sinnestäuschung und „New-Age“-Esoterik. In: Oepen, I., Sarma, A. (Eds.): *Parawissenschaften unter der Lupe*. LIT, Münster (1995).
- [19] Wolf, R.: "Erkenne dich selbst!" Von Wonnen und Wehen der Wahrnehmungstäuschung. In: *Die esoterische Verführung*. Kern, G., Traynor, L. (Eds.), IBDK, Aschaffenburg (1995).
- [20] Wolf, R.: Das 11. Gebot: Du sollst dich nicht täuschen. *Skeptiker* 12, 140-149 (1999).
- [21] Sugiyama, M.: 3D Museum. Shogakukan, Japan (1996).
- [22] Wolf, R., Wolf, D.: Hohlköpfe. Verblüffende Einsichten in unsere Wahrnehmung. In: Wenn Monster munter werden. Keil, M., Kremer, P. (Eds), Wiley-VCH, Weinheim (2004).
- [23] Emrich, H. M.: Systems theory of psychosis: "filtering", comparison, error correction, and its defects. In: *Integrative Biological Psychiatry*. H. M. Emrich, M. Wiegand (Eds), Springer, Berlin (1992).
- [24] Kulikowski, J., Murray, I.: Chemical dreams. In: *The artful eye*. Gregory R., Harris, J., Heard, P., Rose, D. (Eds), Oxford (1995).
- [25] Watanabe, S., Sakamoto, J., Wakita, M.: Gestaltwahrnehmung bei Tauben. *Naturwiss. Rundschau* 49, 365-366 (1995).
- [26] Hoffman, D.: *Visuelle Intelligenz. Wie die Welt im Kopf entsteht*. Stuttgart (2000).