Zur Begrifflichkeit nicht wahrnehmbarer Natureigenschaften

Helmut Glünder

Sie möchten auf den Text oder Teile davon Bezug nehmen?
Dann zitieren Sie bitte mit folgenden bibliographischen Angaben:

Glünder H. (2001) Zur Begrifflichkeit nicht wahrnehmbarer Natureigenschaften. *Typoskript eines Vortrags an der École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne in Brest/ Frankreich*. Selbstverlag, München. – PDF-Datei:
`<www.gluender.de/Writings/WritingsTexts/HardText.html#Gl-2001-1>`

© 2001 H. Glünder, München

Text und Bilder urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten.

Respektieren Sie bitte das geistige Eigentum und Copyright.

Es ist weder gestattet das Dokument oder Teile davon kommerziell zu nutzen noch das veränderte Dokument oder Auszüge daraus zu verbreiten.

Über den Autor

Professor Dr.-Ing. Helmut Glünder
Geboren 1951, lebt vorwiegend in München

Universitätsstudien
Technische Universität München
- Nachrichtentechnik, Signalverarbeitung und Kybernetik

Ludwig-Maximilians-Universität München
- Philosophie, Wissenschaftstheorie und Phonetik

Hochschulassistent und **Wissenschaftlicher Mitarbeiter**
Lehrstuhl für Nachrichtentechnik der Technischen Universität München
- Lehre alle nachgenannten Themen, Technik und Politik Neuer Medien
- Forschung Mathematische Systemtheorie, Biokybernetik, Psychophysik, Mustererkennung, Bildsignalanalyse, Tomographie, optische Parallelrechner

Promotion zum Doktor-Ingenieur
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität München
- Dissertation Invariante Bildbeschreibung

Lehrauftrag für Angewandte Optik
Fachhochschule München

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut für Medizinische Psychologie der Ludwig-Maximilians-Universität München
- Lehre Medizinische Psychologie, Sensomotorik, Hirnentwicklung, neuronale Korrelate des Lernens
- Forschung Bewegungssehen, Sensomotorik, olfaktorische Mustererkennung

Lehrauftrag für Informationsverarbeitung in Nervensystemen
Technische Hochschule Darmstadt

Professeur Invité für Signalverarbeitung und Mustererkennung
École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne
- Lehre Bildverarbeitung, Mustererkennung, optische Signalverarbeitung
- Forschung Theorie invarianter Bildmustererkennung

Gastdozent für Signalverarbeitende Optik
Université de Rennes I
- Lehre Fourier-Optik

Lehrauftrag für Medizinische Psychologie
Ludwig-Maximilians-Universität München

Vertretungsprofessur für Neuroinformatik
Universität Ulm
- Lehre Bildverarbeitung, Mustererkennung, neuronale Netze, theoretische Neurobiologie
- Forschung Hirntheorie, neuronale Lernprozesse, impulsgekoppelte formale Neurone

Gründung und **Geschäftsführung**
Bureau für wissenschaftlich-technische Beratung und Projektierung
- Themen Erfassung, Aufbereitung und Klassifikation von Signalen und Daten, Schwerpunkt: Bildhafte Signale und Bilder
- Kunden Industrie, Medienbranche, Hochschule und Kunst

Honorarprofessur für Theoretische Neurobiologie
Technische Universität Darmstadt

Weitere Arbeitsgebiete
Naturphilosophie, Psychologie, Kunsttheorie

Über 50 wissenschaftliche Originalpublikationen

Zur Begrifflichkeit nicht wahrnehmbarer Natureigenschaften*

Helmut Glünder

Mit Beispielen aus Quantenphysik, Signalverarbeitung, Neuro- und kognitiver Psychologie wird zu zeigen versucht, wie Abstraktion, Formalisierung oder allgemein Erfahrungsferne zu Fehlkonzeptionen hinsichtlich gewisser Natureigenschaften führen können.

Mes chers amis et collègues!

Merci beaucoup pour votre générosité de m'inviter pour re-visiter – après presque dix ans – l'ENST, et merci pour l'occasion de vous présenter quelques réflexions sur l'homme à la recherche de sa nature et de la nature en général.

Bon après midi Mesdames et Messieurs!

En effet, j'aimerais bien vous présenter mes observations et conclusions en français, mais évidemment pour moi il seras plus facile de parler en allemand et je crois, vous êtes bien d'accord. – Ah, non? Bon, alors je propose l'anglais comme un compromis …

Einleitung

Lassen Sie mich mit einer Feststellung des amerikanischen Philosophen und Logikers Willard van Orman Quine beginnen:[1]

> *„Die Vorstellung von einem Molekül oder Positron ist theoretischer als die von einem Golfball oder Kaninchen. Damit meine ich, daß sie weiter von den Gegebenheiten entfernt ist."*

Mein Vortrag wird von solch erfahrungsfernen Begriffen und Vorstellungen handeln, und zwar in Verbindung mit

- der Unbestimmtheitsrelation und Planetenbahnen (intellektuelle Epizyklen),
- der diskreten Radon-Transformation (Röntgen Computer-Tomographie),
- dem bewußten und unbewußten Sehen (Blindsight, Wahrnehmungsstabilität),
- den Bedingungen für Intelligenz (Identifikation von Addition und Multiplikation).

Sie werden in wissenschaftlichen Zusammenhängen betrachtet, in denen sie René Descartes erster Forderung für wissenschaftliche Wahrheit von 1637 nicht genügen, weil sie Verhältnisse betreffen, die weder offensichtlich (*évidemment connaître*) noch unmittelbar und klar wahrnehmbar (*clairement et distinctement*) sind.[2] Ich werde zu erläutern versuchen, daß derartige Begriffe irreführend sein können und daß das Risiko dafür gewöhnlich mit ihrer Ferne von der unmittelbaren Erfahrung steigt. Doch lassen sich dafür auch andere menschliche Ursachen angeben …

Wissenschaftliche Fehlvorstellungen ergeben sich vor allem aus

- unzureichendem Verständnis der Sachlage (Scheinprobleme),
- Achtlosigkeit und Macht der Gewohnheit oder
- Propaganda (konstr. Probleme, Interessen, Selbstdarstellung).

Zur dritten Ursache sei angemerkt: In der Vergangenheit waren vorwiegend Mediatoren, nicht Wissenschaftler, an ideologisch motivierten Ansichten interessiert gewesen. Heutzutage dagegen, und sogar in Europa, hat die wachsende Zahl von Wissenschaftlern und die sich daraus ergebende Konkurrenz zu vermehrten Anstrengungen hinsichtlich „Verkaufsstrategien" geführt, die der wissenschaftlichen Erkenntnis abträglich sind. Demgegenüber erscheinen Mystifizierungen von Naturphänomenen durch labile Gemüter[3] unerheblich.

---

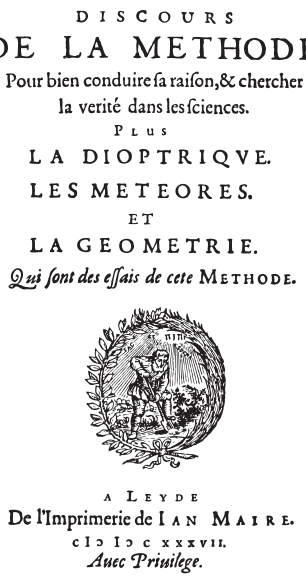
* Übersetzung des geringfügig überarbeiteten englischen Manuskripts eines Vortrags an der École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne in Brest/Frankreich (20. September 2001)

1 "*The notion of a molecule or positron is more theoretical than that of a golf ball or rabbit. By this I mean that it is more remote from the data.*" (Quine 1970, p. 1)

2 "[…] ne recevoir jamais aucune chose pour vraie que je ne la connusse évidemment être telle […] et de ne comprendre rien de plus en mes jugements que ce qui se présenteroit si clairement et si distinctement à mon esprit, que je n'eusse aucune occasion de le mettre en doute."

3 Carl Sagan (1996) behandelt ausführlich derlei irrationale Einstellungen

© 2001 H. Glünder, München


DISCOURS
DE LA METHODE
Pour bien conduire ſa raiſon, & chercher
la verité dans les ſciences.
PLUS
LA DIOPTRIQVE.
LES METEORES.
ET
LA GEOMETRIE.
Qui ſont des eſſais de cete METHODE.

A LEYDE
De l'Imprimerie de IAN MAIRE.
CIↃ IↃ C XXXVII.
Auec Priuilege.

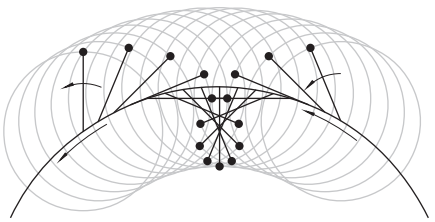
Titelseite der anonym veröffentlichten ersten Ausgabe von René Descartes „Abhandlung von der Methode der richtigen Vernunftlenkung und Wahrheitssuche in den Wissenschaften", gedacht als Einleitung für die genannten Erweise in *Dioptrique*, *Météores* und *Géométrie*

Besonders hinsichtlich des folgenden Beispiels möchte ich auf die anerkannte Tatsache hinweisen, daß sich der Ursprung von Vorstellungen und Begriffe in unseren archaischen kognitiven Fähigkeiten, wie Abwägen und Planen – jedoch nicht in der Kommunikation – findet. Über einen sehr langen Zeitraum waren diese Elemente des Denkens wohl weitgehend Privatsache gewesen und sie haben – zumindest die unmittelbare Erfahrung betreffend – im Wortsinn selbstverständlich funktioniert. Diese vorsprachlichen Begriffe sind zudem Abstraktionen charakteristischer und individuell wahrgenommener Ereignisse oder Umstände.

Heisenbergs Unbestimmtheitsrelation und die Planetenbewegungen

Der unmittelbaren Erfahrung entstammende Begriffe und Vorstellungen werden unbegründet in Aussagen über die höchst unzugängliche Quantenwelt verwendet. Eine bedeutende Auswirkung dieses Mißbrauchs ist folgende: Die gut wahrnehmbaren Freiheitsgrade der klassischen Mechanik – Ort und Impuls – verlieren ihre Unabhängigkeit, wenn man sie auf Elementarteilchen anwendet. Für derartige Partikel, oder was immer sie auch sein mögen, läßt sich die Verteilung in der einen Dimension aus der in der anderen berechnen.[4] Dies ist weder die Folge von Meßvorgängen noch der Quantennatur an sich, sondern des anscheinend klug gewählten üblichen Modells der Quantenmechanik. Die wesentliche Ursache für dieses scheinbar ungewöhnliche Ergebnis besteht jedoch in unserem unangebrachten Interesse an beiden dieser konjugierten Merkmale: Ort *und* Impuls. Viele Quantentheoretiker, darunter die Pioniere Niels Bohr, Max Born und Werner Heisenberg, sind zu dieser Einsicht gelangt. Dennoch wird die Unbestimmtheitsrelation oft als befremdlich oder gar mysteriös betrachtet, obwohl sie lediglich Antwort eines vermutlich angemessenen und altbekannten Formalismus[4] auf eine sichtlich unangemessene Frage ist.

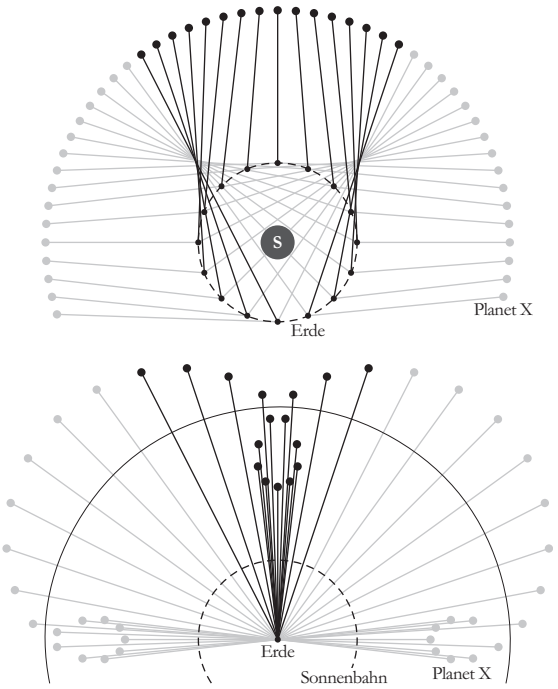
Geläufige Begriffe und Konzepte werden in Beschreibungen von Eigenschaften der Quantenwelt verwendet, wo sie jedoch – aufgrund mangelnder Erfahrung – rein formal bleiben. Modelle, die sowohl der Quantenempirie als auch makroskopischen Konzepten genügen, werden eigentümliche Effekte zeitigen, so wie in der mittelalterlichen Astronomie das kinematische Modell der rückläufigen planetaren Bewegungsepisoden mit seiner Überlagerung kreisförmiger Umlaufbahnen – dem einzigen von Aristoteles zugelassenen Himmelsweg. Obwohl dieses Epizyklenmodell den beobachteten Bahnen weitgehend gerecht wird, ist es – nicht erst in Hinblick auf die Dynamik von Planetenbewegungen – ratsam, die



Rückläufige Bewegungsepisode entsprechend dem Epizyklenmodell

4 Der vermittelnde Formalismus oder das Modell ist das Fourier-Kalkül (vgl. Heisenberg 1930). Damit wird auch der Zusammenhang hergestellt zwischen einer beleuchteten Öffnung und ihrer Beugungsfigur im Fernfeld, deren Maßstab der Wellenlänge proportional ist. De Broglie zufolge läßt sich jedes bewegte Objekt auch als Welle mit zum Impuls umgekehrt proportionaler Wellenlänge auffassen. Weil Impulse wahrnehmbarer Objekte viele Größenordnungen über denen von Elementarteilchen liegen, ist für makroskopische Objekte keine merkliche Beugung oder Abhängigkeit von Ort und Impuls zu erwarten

© 2001 H. Glünder, München



Helio- (oben) und geozentrische (unten) Bahngeometrie eines fiktiven, drei astronomische Einheiten von der Sonne (S) entfernten Planeten X. Hervorgehoben sind seine Positionen während eines Erdenjahrs. (Die Umlaufbahnen von Erde und Planet X sind kreisförmig angenommen.)

geozentrische Sicht aufzugeben. – Wann wird es uns gelingen bei quantenmechanischen Interpretationen den makroskopischen Standpunkt zu opfern?

Schließlich sei eine wahrgenommene rückläufige Bewegungsepisode betrachtet: Ist sie wirklich Teil einer planetaren Bahn oder ein bloßes Konzept? Leider werden derlei (neo-scholastische) Fragen zumeist nicht mehr gestellt, und so besteht die Gefahr, daß Modelle und Konzepte, obwohl in sich schlüssig, naturfern sind.

Carl Friedrich von Weizsäcker stellte 1968 fest:[5]

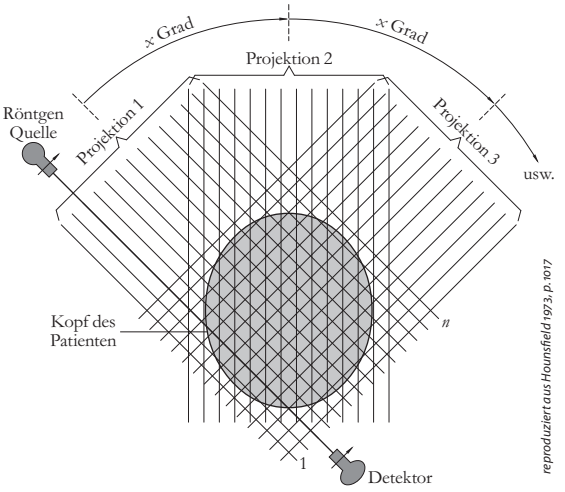
> *„Ein mathematischer Formalismus* […] *ist nicht eo ipso ein Teil der Physik. Er wird zur Physik durch eine Deutung der in ihm benutzten mathematischen Größen; eine Deutung, die man eine physikalische Semantik nennen könnte.“*

Freilich ist von diese Semantik Konsistenz zu erwarten.

5 von Weizsäcker 1971a (zitiert nach von Weizsäcker 1971b, p. 231)

Diskrete Radon-Transformation
(Röntgen Computer-Tomographie)

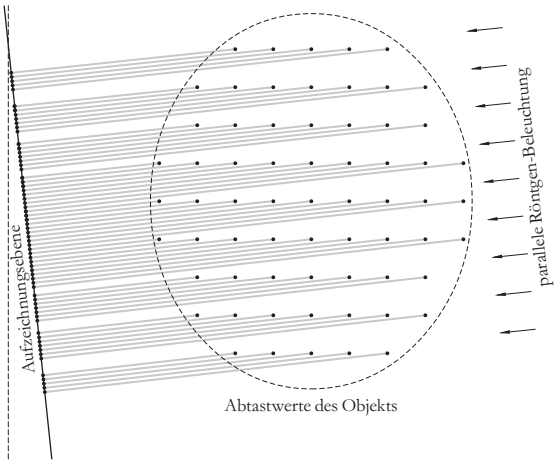
Die theoretische Grundlage der tomographischen Bildgebung, das heißt der Erzeugung von Schnittbildern unversehrter Objekte oder Körper, hat 1917 der österreichische Mathematiker Johann Radon geliefert. Obwohl seine Arbeit den Pionieren der Röntgen Tomographie unbekannt war, wurden in den 1930ern und 1940ern einige interessante, aber mehr oder weniger unbefriedigende Vorstöße in Richtung tomographischer Diagnose in der Medizin unternommen.[6] In Unkenntnis der Arbeit Radons lieferte der südafrikanisch/amerikanische Physiker Allan Cormack 1963/64 die gleiche Lösung wie Radon und erkannte ihre Bedeutung für die medizinische Diagnose und Strahlentherapie. Ebenfalls in Unkenntnis der Arbeiten seiner Vorgänger begann 1968 der britische Ingenieur, jetzt Sir Godfrey Hounsfield, den Bau des ersten medizinisch einsetzbaren Röntgen CT-Geräts: des EMI-Scanners (1973), in dem ein Digitalrechner der Bildrekonstruktion diente.



CT-Scan mit $z = \pi/x$ Projektionen, jede bestehend aus n Strahlen

6 Eine grundlegende, doch wenig beachtete Verbesserung des klassischen Transversalschichtverfahrens wurde vom Radiologen Heckmann vorgeschlagen. Er erkannte die Überlegenheit der Bildrekonstruktion durch überlagerte Projektionen einer ausgewählten Objektschicht gegenüber der Verwischung nicht interessierender Objektschichten während der Aufzeichnung von Projektionen ganzer Volumina. Fehlende logarithmische Röntgen Aufzeichnung und Bildfilterung waren wohl die Hauptschwächen seiner Experimente

© 2001 H. Glünder, München



Optimale Projektion von Abtastwerten

Mit der digitalen Signalverarbeitung wurden die Diskretisierung und besonders die Beziehung zwischen der linearen Ortsauflösung n des Schnittbilds und der Anzahl der Projektionen z zu zentralen Fragestellungen. Zwar wurden in den späten 1970ern über zehn CT-Scanner Marken angeboten, doch lag für dieses Problem immer noch keine analytische Lösung vor. Etwa zu dieser Zeit verblüffte ein renommierter deutscher Physiker seine Kollegen mit der Behauptung, eine einzige wohlgewählte Projektion reiche in jedem Fall aus.

Seine bestechende Überlegung war folgende: Aufgrund Nyquists und Shannons Arbeiten wissen wir, daß kontinuierliche Signale auch durch eine geeignete Anzahl punktueller Abtastwerte darzustellen sind. Projizieren wir eine regulär abgetastete Objektschicht so, daß keiner ihrer Abtastwerte in der Projektion auf einen anderen fällt, dann enthält sie die gesamte Information der Objektschicht. Zur Rekonstruktion des Schnittbilds sind die Abtastwerte dieser einzigen eindimensionalen Projektion auf das entsprechende zweidimensionale Abtastraster rückzuverteilen und dann zu interpolieren.

Zwar sind diese Betrachtungen richtig und Objekte tatsächlich durch ihre Abtastwerte darstellbar, doch sind sie tatsächlich nicht physikalisch abgetastet. (Patienten in Abtastwerte zu zerlegen wäre unangenehm und machte die Tomographie überflüssig.) Kurz, das Modell ist stimmig, entspricht aber nicht den Tatsachen. Es beruht darauf, daß der Informationstheorie zufolge eine kontinuierliche Funktion und ihre Abtastwerte gleiche Information enthalten. Offenbar wurde diese formale Identität der realen gleichgesetzt.

Wenig später lieferten mehrere Forschungsgruppen unabhängig die richtige Beziehung $z \geq \frac{\pi}{2} n$.[7] Mein akademischer Mentor, der verstorbene Helmut Platzer, der einigen noch erinnerlich sein mag, publizierte 1981 die vielleicht eleganteste Herleitung.[8]

Bewußtes und unbewußtes Sehen

(Blindsight, Wahrnehmungsstabilität)

Was heißt schon Sehen und Blindheit angesichts der Tatsache, daß gewisse rindenblinde Menschen korrekt und reproduzierbar auf optisch definierte Positionen zeigen oder gar nach Gegenständen greifen, obwohl sie diese nicht sehen? Natürlich erscheinen ihnen solche Aufgaben absurd und es ist recht schwierig sie dazu zu bringen, sie zu versuchen. Haben sie sich aber überwunden zu deuten oder zu greifen, so bezeichnen sie ihre Leistungen als geraten oder beliebig. Dieses sogenannte Blindsight-Phänomen ist 1973 von Ernst Pöppel und Kollegen beschrieben und seither intensiv untersucht worden. Es ist in vielen Fällen durch Annahme von mindestens zwei neuronalen Repräsentationen zu verstehen, wobei die bewußte „blind" ist.

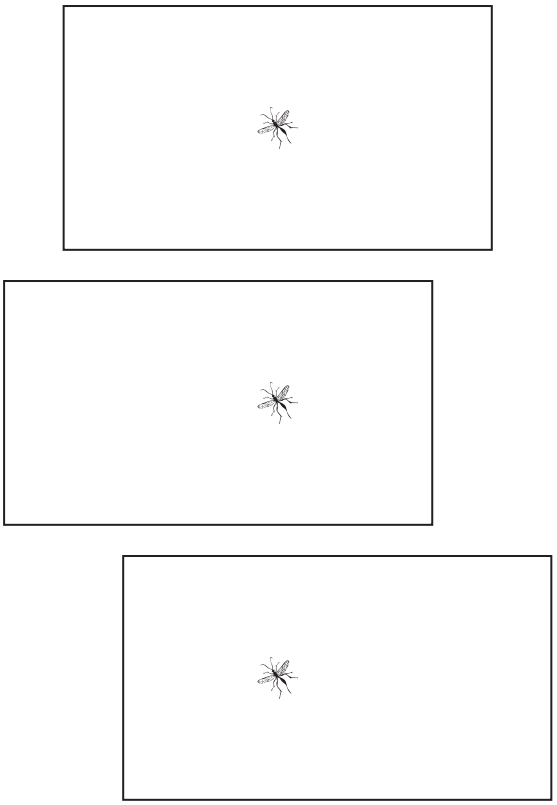
Die bewußte Repräsentation ermöglicht das, was wir gewöhnlich Sehen nennen. Es dominiert so, daß wir jedes andere Sehen leugnen. Diese perzeptiv zu nennende Repräsentation sorgt für die vertrauten und erstaunlich detailreichen Bilder in retinalen Koordinaten und ist Grundlage der visuellen Kognition. Die andere, unbewußte Repräsentation – mit der sie korrespondiert –, gleicht eher einer Karte, in der absolute Lagen grob charakterisierter Gegenstände und multimodal definierter Ereignisse verzeichnet sind. Sie ermöglicht uns Gegenstände weitgehend unabhängig von Körperlage und Blickrichtung zu ergreifen, an sie heranzureichen oder auf sie zu deuten. Sie ist also unmittelbar handlungsrelevant.

Die unbewußte Repräsentation offenbart sich jedoch nicht nur bei Blindheit. In der zweiten Hälfte der 1990er haben der amerikanische Biopsychologe Bruce Bridgeman und seine Forschungsgruppe den

7 Die klassische Monographie von Gabor Herman (1980) enthält eine gründliche Analyse

8 Den Ansatz zu skizzieren würde den Rahmen dieses Vortrags sprengen, doch erscheint erwähnenswert, daß er zudem klärt, wie sich die Winkelinkremente ändern müssen, damit von der Kreisform abweichende Bildfelder entstehen: eine recht nützliche Verallgemeinerung der Computer-Tomographie

© 2001 H. Glünder, München



Die drei Bilder werden nacheinander derart gezeigt, daß das Objekt an derselben Stelle erscheint, doch nimmt man es in der zweiten Darstellung nach rechts und in der dritten nach links verschoben wahr

Einfluß eines Rahmens auf die Beurteilung der Absolutlage des davon umgebenen Objekts untersucht. Ein Gegenstand in einem relativ zu diesem verschiebbaren Rahmen wird als in die Gegenrichtung verschoben wahrgenommen (induzierter Roelofs Effekt). Dagegen bleiben auf das Objekt gerichtete Handlungen von der Rahmenlage unbeeinflußt, zumindest wenn sie augenblicklich erfolgen.

Mit dieser Einführung im Sinn sollte nun eine bemerkenswerte Fehlkonzeption verständlich werden, die mit einer anderen, gewöhnlich unbeachteten Leistung des visuellen Systems zu tun hat, nämlich mit der Wahrnehmungsstabilität.

Wie kann es sein, daß wir unter dem durch Körper- und Augenbewegungen bedingten Zittern und Springen der Bilder auf unseren Retinae weder leiden, noch es auch nur wahrnehmen? Beide visuellen Repräsentationen werden wohl irgendwie stabilisiert und zwar, wie wir sehen werden, in völlig unterschiedlicher Weise. Eine Erklärung dieser Art Stabilisierung, das „Reafferenzprinzip", haben die Ethologen Erich von Holst und Horst Mittelstaedt 1950 vorgeschlagen und vorwiegend am opto-motorischen Verhalten von Insekten überprüft.[9] Ihre bestechend einfache Idee besteht in der neuronalen Kompensation von durch Eigenbewegungen hervorgerufenen Bildänderungen. Sie läßt sich anhand willentlicher Augenbewegungen einfach veranschaulichen: Jedem Blickwechsel folgt die kompensatorische Verschiebung des „Bildes" in der neuronalen Repräsentation. Das „Reafferenzprinzip" genügt also der Wirtschaftlichkeit und Informationstheorie, die uns lehren, bekannte oder zu erwartende Ereignisse nicht zu beachten. Im vorliegenden Zusammenhang heißt das: Kein Grund aufzumerken oder zu reagieren: *Du* hast dich bewegt, nicht die Welt oder Teile von ihr!

Unsere Ignoranz gegenüber der unbewußten visuellen Repräsentation hat befremdliche und fast schon tragische Folgen in der verhaltens- und psychobiologischen Forschung gezeitigt. So nimmt man zum Beispiel für gewöhnlich an, die zuvor erwähnte neuronale Kompensation wirke auf die perzeptive Repräsentation, was offensichtlich Unsinn ist, der bevorzugt in Lehrbüchern überdauert. Wenn dem so wäre, ließe sich nämlich der Inhalt dieser Repräsentation Schritt für Schritt erweitern, wobei immer derselbe Teil im Zentrum bliebe. Beides entspricht nicht der Wahrnehmung, vielmehr ist immer der fovealisierte Teil der Welt zentral repräsentiert und alles außerhalb des Gesichtsfeldes ist unsichtbar. Der Kompensationsmechanismus stabilisiert aber möglicherweise die kartenartige Repräsentation. – Offensichtlich *ändert* sich das neuronale Abbild in der perzeptuellen Repräsentation entsprechend unserer Bewegungen. Warum nehmen wir dann aber visuell keine *Bewegung* wahr? Die Antwort lautet, das Bild ändert sich, doch die Bewegungswahrnehmung wird unterdrückt.[10] Dies impliziert, daß visuelle Bewegung eine eigene Wahrnehmungsqualität darstellt.

9 Aufgrund von Untersuchungen des opto-motorischen Verhaltens von Fischen gelangte Roger Sperry (1950) unabhängig zur gleichen Schlußfolgerung

10 Bewegt man das Auge passiv, beispielsweise durch leichtes Tippen auf den Augapfel vom äußeren Augenwinkel, dann nimmt man Bewegung wahr. Das impliziert, daß zumindest der Unterdrückungsmechanismus keine Signale aus Muskelsensoren benutzt (Propriozeption). Folglich kommen dafür nur von motorischen Befehlen abgeleitete Signale in Betracht. Von Holst und Mittelstaedt haben sie „Efferenzkopie" genannt, wogegen sie Sperry als „Corollary Discharge" bezeichnet hat

© 2001 H. Glünder, München

Vom „Reafferenzprinzip“ überzeugt und auf der Suche nach Belegen für die neuronale Kompensation führte der amerikanische Neurowissenschaftler John Stevens in den frühen 1970ern eine Reihe heroischer Selbstversuche durch. Er erwartete, daß unter völliger Paralyse eine Verschiebung der Welt entsprechend der eingeleiteten, aber nicht ausgeführten Augenbewegung auftreten sollte. Nach mehreren lebensgefährlichen Versuchen konnte er keine *bildhaften* Sprünge berichten, sondern lediglich eine Art undeutlicher Änderung. Er war nicht in der Lage seine Erfahrung in Worte zu fassen, doch „er betonte, die Wahrnehmung sei nicht visuell gewesen“.[11] Sehr wahrscheinlich hat er die Diskrepanz der beiden Repräsentationen gespürt. Gemäß obiger Darstellung würde man keinen Einfluß auf die perzeptive und eine Verschiebung in der unbewußten kartenähnlichen Repräsentation erwarten, für die Menschen natürlich keine Begriffe entwickelt haben.

Ebenso wie gewisse nicht wahrnehmbare physikalische, geben unbewußte physiologische Prozesse Anlaß zu Vorstellungen und Begriffen fern der Tatsachen. Offenbar bevorzugt unser Intellekt seinen perzeptiven und kognitiven Bereich und erzeugt darin derlei verdrehte Konzepte. – Das Gehirn: eine Illusionsmaschine.

Bedingungen für Intelligenz
(Identifikation von Addition und Multiplikation)

Dieses Potpourri möchte ich mit dem Hinweis auf einen Sachverhalt beschließen, über den vermutlich jeder irgendwann einmal nachgedacht hat, nämlich die Bedingungen für Intelligenz. Immer wieder wurde und ich fürchte es wird weiterhin versucht werden die Prozentsätze an genetischer Disposition und sozio-ökologischem Einfluß zu bestimmen, die angeblich Intelligenz bedingen. Es ist jedoch lange bekannt, daß Intelligenz aus konzeptuellen Gründen unmöglich als Summe dieser Komponenten darzustellen ist. Der Umwelteinfluß macht keinen Teil der Intelligenz aus, sondern bietet eine mehr oder weniger vorteilhafte Umgebung für die Entwicklung der genetischen Vorgaben. Nehmen wir an dieser Kontext fehlt – wie vermeintlich im Fall des berühmten Kaspar Hauser[12] – dann würde die beste genetische Ausstattung keine Intelligenz hervorbringen. Demzufolge können die beiden Zutaten keine additiven Komponenten sein, sondern müssen im Wortsinn Faktoren sein, die nichtlinear wechselwirken. Leider erweist sich die Vermittlung dieser einfachen Tatsache an eine breite Öffentlichkeit als nahezu unmöglich. Als Reaktion auf die schon 1958 notorische „Prozentfrage“ schrieb der kanadische Psychologe Donald Hebb in seinem Lehrbuch, es wäre als fragte man nach dem Prozentsatz, den eine Seite eines Rechtecks zu seiner Fläche beiträgt.[13]

Die gewonnene Einsicht aus der Klärung der „Prozentfrage“ ist ermutigend und verlangt nach konsequentem Handeln. Lassen wir den genetisch Minderbegüterten eine reiche und angemessene Umgebung und Ausbildung zukommen. Es lohnt sich, weil die Prädisposition die erreichbare Intelligenz nicht prinzipiell begrenzt.

Die gegenwärtige Debatte über Gendiagnostik zur Krankheitsvorhersage wirft eine andere bedeutsame Frage auf, bei der es mehr oder weniger um dieselben Faktoren geht. Hierbei sollten wir einerseits zur Kenntnis nehmen, daß ein „genetischer Defekt“ nicht notwendig zur üblicherweise damit in Verbindung gebrachten Krankheit führen muß, weil physiologischer und Umweltzusammenhang ebenso wichtig wie die Veranlagung sind. Andererseits wird jede umfangreiche, die Keimbahn betreffende Gentherapie – mit der wir in nicht zu ferner Zukunft rechnen müssen – die genetische Vielfalt reduzieren und früher oder später zu einem Holokaust führen.[14]

Warum neigen wir dazu die Addition gegenüber der Multiplikation zu bevorzugen? Ich vermute es sind wiederum die unmittelbare Erfahrung ersterer und die Erfahrungsferne letzterer. Zählen und Zusammenzählen sind recht ähnlich und beide sind direkt bezogen und abbildbar auf wahrnehmbare Dinge. Zudem müssen Multiplikationstafeln auswendig *gelernt* werden und diese Operation zu *verstehen* erfordert einige Überlegung. Wir haben gelernt, daß die Größe einer rechteckigen Fläche das Produkt ihrer Seitenlängen ist, doch ist das keineswegs offensichtlich. Wir alle sind geübt und gewohnt die Multiplikation einzusetzen und so wird die Identifikation von Addition und Multiplikation nur in ungewöhnlichen Situationen zum Problem werden.

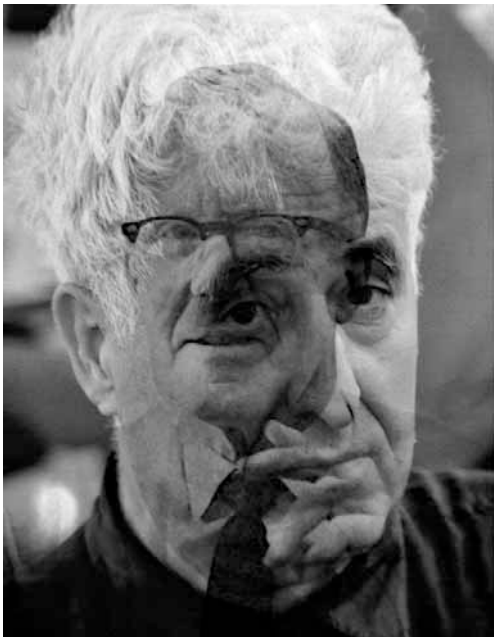
11 “[…] he emphasized the perception was not visual.” (Stevens *et al.* 1976, p. 95)

12 von Feuerbach 1832

13 “What we must say is that both these variables are of 100 per cent importance: their relation is not additive but multiplicative. To ask how much heredity contributes to intelligence is like asking how much the width of a field contributes to its area.” (Hebb 1958, p. 129)

14 Genaugenommen kann auch Gendiagnostik dazu führen, allerdings nicht so rasch

© 2001 H. Glünder, München



Produkt der Porträts von H. Platzer und D. Hebb (mit Brille).

Mehrere Jahre schon führe ich folgenden Versuch mit meinen Ingenieur- und Medizinstudenten durch. Ich lege zwei Folien aufeinander auf den Overhead-Projektor und frage, ob das Bild auf der Projektionsfläche proportional zur Summe oder zum Produkt der Folientransparenzen ist. Wie zu erwarten stimmten die meisten für die Summe und es ist verblüffend, daß sie in der Regel ohne viel Nachdenken entscheiden.

Werte Zuhörer, es ist mir hoffentlich gelungen Ihnen zu vermitteln, daß wir hinsichtlich vieler wissenschaftlicher Erkenntnisse zu viel von unseren Mitmenschen verlangen und manchmal sogar von uns selbst. Ich wünsche mir sehr, daß dies nicht auf meinen Vortrag zutrifft.

Merci beaucoup!

Literatur

Bridgeman B., Gremmer A., Forsman T. und Huemer V. (2000) Processing spatial information in the sensorimotor branch of the visual system. *Vision Research* **40**: 3539-3552.

Cormack A.M. (1963/64) Representation of a function by its line integrals, with some radiological applications. *Journal of Applied Physics* **34/35**: 2722-2727/2908-2913.

Descartes R. (1637) *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans les sciences*. (Zitiert nach DOI: 10.1522/cla.der.dis) – dt. (²1997) *Von der Methode des richtigen Vernuftgebrauchs und der wissenschaftlichen Forschung*. Meiner, Hamburg.

von Feuerbach A. (1832) *Kaspar Hauser. Beispiel eines Verbrechens am Seelenleben des Menschen*. Dollfuß, Ansbach.

Hebb D.O. (1958) *A textbook of psychology*. Saunders, Philadelphia/PA. – dt. (1967) *Einführung in die moderne Psychologie*. Beltz, Weinheim.

Heisenberg W. (1930) *Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie*. Hirzel, Leipzig.

Herman G.T. (1980) *Image reconstruction from projections*. Academic, New York.

von Holst E. und Mittelstaedt H. (1950) Das Reafferenzprinzip. Wechselwirkungen zwischen Zentralnervensystem und Peripherie. *Naturwissenschaften* **37**: 464-476.

Hounsfield G.N. (1973) Computerized transverse axial scanning (tomography): Part I. Description of system. *British Journal of Radiology* **46**: 1016-1022.

Platzer H. (1981) Optical image processing. In: Oja E. und Simula O. (Hrsg.) *The second Scandinavian conference on image analysis*. Pattern Recognition Society of Finland, Espoo/Finland, pp. 128-138.

Pöppel E., Held R. und Frost D. (1973) Residual visual functions after brain wounds involving the central visual pathways in man. *Nature* **243**: 295-296.

Quine W.v.O. (1970) Grades of theoreticity. In: Foster L. und Swanson J.W. (Hrsg.) *Experience and theory*. University of Massachusetts Press, Amherst/MA, pp. 1-17. (Zitat-Übersetzung: HG)

Radon J. (1917) Über die Bestimmung von Funktionen durch ihre Integralwerte längs gewisser Mannigfaltigkeiten. *Berichte über die Verhandlungen der Königlich-Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-Physische Klasse* **69**: 262-277.

Sagan C. (1996) *The demon-haunted world. Science as a candle in the dark*. Random House, New York. – dt. (1997) *Der Drache in meiner Garage oder die Kunst der Wissenschaft, Unsinn zu entlarven*. Droemer Knaur, München.

Sperry R.W. (1950) Neural basis of the spontaneous optokinetic response produced by visual inversion. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* **43**: 482-489.

Stevens J.K., Emerson R.C., Gerstein G.L., Kallos T., Neufeld G.R., Nichols C.W. und Rosenquist A.C. (1976) Paralysis of the awake human: visual perceptions. *Vision Research* **16**: 93-98. (Zitat-Übersetzung: HG)

von Weizsäcker C.F. (1971a) The Copenhagen interpretation. In: Bastin T. (Hrsg.) *Quantum theory and beyond. Essays and discussions arising from a colloquium*. Cambridge University Press, Cambridge/UK, pp. 25-31. – dt. in: (1971b) *Die Einheit der Natur. Studien*. Hanser, München.

© 2001 H. Glünder, München