

Beobachter sich selbst in den Beobachter-Apparaten sieht, bzw. wie bei den Feedback-Situationen, wo die Maschine sich selbst beobachtet, oder wie bei der Virtuellen Realität, wo die Hand des externen Beobachters simuliert als Teil des internen Beobachters im Bild selbst ist, folgt dem endophysikalischen Prinzip. Die Beschreibung der Welt als Schnittstellenproblem und das Eingeständnis der nicht-objektiven, nur beobachterobjektiven Natur der Objekte sind Korollare des endophysikalischen Theorems. Die Welt als beobachter-relativ und als reines Schnittstellenproblem zu interpretieren, ist die Lehre der endophysikalisch interpretierten Elektronik. Die Welt ändert sich daher mit unseren Meßketten (Beobachtung), mit unserer Schnittstelle. Die Grenzen der Welt sind die Grenzen unseres Interface. Wir interagieren nicht mit der Welt, sondern nur mit der Schnittstelle zur Welt. Dies lehrt uns ebenfalls der Endozugang zur Elektronik. Die elektronische Kunst, wie sie 1992 bei Ars Electronica von Ausstellungen bis zu Aufführungen vorgestellt wird, soll uns helfen, das Wesen der elektronischen Kultur und die Grundlagen unserer elektronischen Welt besser zu verstehen. Wir sehen die Welt durch die elektronische Kultur immer mehr von innen. Im Zeitalter der Elektronik wird die Welt als Schnittstelle zwischen Betrachter und Objekten immer manipulierbarer. Weil durch die von der elektronischen Technologie geförderte Erkenntnis, daß wir nur Teil oder innere Bewohner des Systems sind, das wir beobachten oder mit dem wir interagieren, wir erstmals auch Zugang zu einer Technik und Theorie haben, die uns die Welt nicht mehr nur als Schnittstelle auferlegen, die wir nur von innen beobachten können, sondern uns auch einen Beobachterstandpunkt außerhalb des Systems und der Schnittstelle imaginieren bzw. die Schnittstelle nanometrisch und endophysikalisch ausdehnen lassen. Somit wird das von Descartes erstmals genau beschriebene Gefängnis von Raum und Zeit (die cartesianischen Koordination) etwas gedehnt. Die Gitterstäbe des Hier und Jetzt werden etwas weicher. Virtuelle Realität, interaktive Computerinstallationen, Endophysik, Nanotechnologie etc. sind Technologien des erweiterten Jetzt, des nichtlokalen Hier, (fernkorrelierte) Überschreitungen des lokalen Ereignishorizonts. Sie stellen eine Technologie der Befreiung aus den Fesseln des Realen dar.

interactive computer installations, endophysics, nanotechnology, etc. are technologies of the extended now, of the non-local here, (remotely correlated) ways of transcending the local event horizon. All of this represents a technology that frees us from the letters of reality.

Our Rainbow World

A rainbow's ends stand in a pot of gold, it is said. Its location indeed poses a problem since it is different for every observer. The rainbow actually is a distorted virtual image of the sun. Nevertheless it looks like a real object. Could it be that similar distortions apply to other "real" objects?

An Old Question

To what extent depends objective reality on the observer? Since the invention of perspective in the Renaissance, and the invention of group theory (Helmholtz-Lie-groups) in the nineteenth century, we know that the appearance of the world depends on the location of the observer in a lawful manner. Computer programs of the "virtual-reality" type accordingly generate a "lawfully non-invariant" (that is, covariant) representation out of an absolute (invariant) one that is present in the computer memory. Even though the lawful distortion of perspective vision is tantalizing, it leaves our secure sense of an "objective" reality existing undisturbed. The rainbow challenges this security. Virtual-reality programs containing rainbows have not so far been developed. The transformation rules are different than those for other objects. The reason has to do with the fact that a rainbow is a rather special kind of object: it is a distorted virtual image of the sun. Thus, if the observer is travelling, so is the rainbow. If the observer artificially increases the distance between the eyes by the use of mirrors (which can be mimicked in a virtual-reality simulation by changing the size of the internal representation of the observer), the rainbow consistently keeps an infinite distance, despite the fact that it is overlaid over rather closer-by objects. While no one doubts that a pot of gold is waiting at the foot of the rainbow, it is somewhat difficult to simultaneously stay and watch and sneak toward the right place to catch the pot. Thus, the properties of certain objects (in the present case: their location) depend on properties of the observer (like the latter's location and pupil shape) in a way which goes beyond the familiar distortions of 3-D Helmholtzian per-

Unsere Regenbogenwelt

(1992)

Otto E. Rössler und Peter Weibel

S. 13-21

Es heißt, die Enden des Regenbogens stehen in einem Tiegel aus Gold. Seine Position ist in der Tat ein Problem, denn sie stellt sich für jeden Beobachter anders dar. In Wirklichkeit ist der Regenbogen ein verzerrtes virtuelles Abbild der Sonne. Trotzdem gleicht er einem realen Objekt. Kann es sein, daß andere "reale" Objekte ähnlichen Verzerrungen unterliegen?

Eine alte Frage

Inwieweit hängt die objektive Realität vom Beobachter ab? Seit der Erfindung der Perspektive in der Renaissance und der Erfindung der Gruppentheorie (Helmholtz-Lie-Gruppen) im 19. Jhd. wissen wir, daß das Erscheinungsbild der Welt in gesetzmäßiger Weise vom Standort des Beobachters abhängt. Dementsprechend erzeugen Computerprogramme vom "Virtual-Reality"-Typus aus einer im Computer gespeicherten absoluten (invarianten) Darstellung eine "gesetzmäßig nicht-invariante" (d.h. kovariante) Darstellung. Die gesetzmäßige Verzerrung des perspektivischen Sehvermögens ist zwar peinlich, - unser sicheres Empfinden für eine "objektive" Realität wird davon jedoch nicht berührt.

Der Regenbogen stellt diese Gewißheit in Frage. Bislang gibt es noch keine Virtual-Reality-Programme, die Regenbögen beinhalten. Die Transformationsregeln sind anders als jene, die für andere Objekte gelten. Der Grund dafür hängt mit der Tatsache zusammen, daß ein Regenbogen ein sehr spezieller Gegenstand ist: Er ist ein verzerrtes virtuelles Abbild der Sonne. Wenn also der Beobachter wandert, wandert folglich auch der Regenbogen. Wenn der Beobachter den Abstand zwischen den Augen mit Hilfe von Spiegeln vergrößert (was in einer Virtual-Reality-Simulation nachgeahmt werden kann, indem man die Größe der internen Darstellung des Beobachters verändert), verharrt der Regenbogen durchwegs in unendli-

chem Abstand, ungeachtet der Tatsache, daß er weniger weit entfernte Objekte überdeckt. Wenngleich auch niemand daran zweifelt, daß am Fuße des Regenbogens ein Tiegel aus Gold wartet, so ist es doch einigermaßen schwer, simuliertweise abzuwarten und zu beobachten und an den richtigen Ort zu kriechen um den Tiegel zu erhaschen.

Die Eigenschaften bestimmter Objekte (im vorliegenden Fall: ihr Standort) hängen also von den Eigenschaften des Beobachters ab (etwa von seinem Standort und seiner Pupillenform) und zwar in einer Weise, die über die bekannten Verzerrungen der Helmholtz'schen 3-D-Perspektive oder der 4-D-Projektion Minkowskis hinausgeht. Könnte es sein, daß das durch den Regenbogen dargestellte Prinzip von größerer Signifikanz ist?

Die Schnittstelle zwischen Beobachter und Umwelt

Als Teil der Welt, kann ein Beobachter diese Welt nicht von einer objektiven Position aus betrachten. Der homogene Matrixalgorithmus des Virtual-reality-Flugsimulators (cf. Newman, Proull, 1979) zeigt, welche nicht-triviale Aufgabe die Schaffung der richtigen Schnittstelle darstellt. In Wirklichkeit braucht der Beobachter - weit davon entfernt, von der mannigfaltigen und sich verändernden Struktur der verwendeten, regelmäßig aufeinanderfolgenden Perspektiven eingeschüchtert zu sein - eine solche Verpackung, um daraus ein korrektes, invariantes Bild zu gewinnen. "Die Intimität eines Kopfes neben dem eigenen gleicht den Lichtern und dem Torweg eines Hauses" (Rodney, 1991). Im Prinzip wären viel mehr Parameter zu untersuchen als jene, die den Standort und die Größe des Beobachters beschreiben. Sofort fällt einem hier die Bewegung des Beobachters ein. Hervorgerufen werden dabei sowohl Phänomene des "visuellen Fließens" wie auch der relativistischen Verzerrungen, die in der Simulation auch tatsächlich reproduziert werden können (Sutherland, 1966, 1970). Sodann denke man wiederholte Bewegungen des Beobachters, etwa an ein Kopfschütteln. Die Auswirkungen auf die Schnittstelle können, vor allem wenn es sich um ein schnelles Schütteln handelt, dramatisch sein. Unter solchen Voraussetzungen kann die Suche nach einer invarianten Darstellung einen nicht wieder gut zu machenden Rückschlag erleiden.

spective or 4-D Minkowskian projection. Could it be that the principle illustrated by the rainbow is of a broader significance?

The Interface between Observer and Rest

An observer who is part of the world cannot see that world from an objective vantage point. The homogeneous matrix algorithm of the flight simulators of virtual reality (cf. Newman, Proull, 1979) shows how nontrivial a task it is to generate the right interface. The observer, far from being intimidated by the rich and changing structure of the sequentially applying perspectives, actually needs this kind of packaging in order to extract from it the correct, invariant representation. "The intimacy of a head near one's own is like the lights and doorway of a house" (Rodney, 1991). In principle there are many more parameters to try out than those of observer location and size. Motion of the observer comes to mind immediately. Both "visual flow" phenomena and relativistic distortions are hereby generated and can indeed be reproduced simulationaly (Sutherland, 1966, 1970). Next, take recurrent motions of the observer, like a shaking of the head. The effect on the interface can be dramatic, especially if the shaking is fast. Indeed, irreparable damage can be done to the goal of finding an invariant representation under such a predicament.

Historically, the interface problem was first seen by Boscovich (1755) who asked what happens when both the observer and the surrounding world were shrinking concomitantly, along with of all involved forces. Obviously, "the same impressions would be generated within the mind." The interface would remain unaffected. Similarly, if the shaking of the observer's head is accompanied by a matching shaking of the rest of the world, nothing is happening for the observer. Therefore, time-dependent features of the interface deserve a closer look.

The Interface Generated by Brownian Motion of the Observer

Brownian motion or "Archimedean motion" is interesting because of the energy and momentum conservation involved. Any observer who is built out of particles that are in random thermal motion stands in an interesting dynamical relationship with the rest of the world. Archimedes first saw that the joint "center of gravity" can never be moved. How, therefore, does the rest of the world appear to such an observer? This question makes sense to ask only to date since the necessary simulation of many particles simultaneously is a fairly recent option (Alder and Wainwright, 1957). Every external object will be found to be

performing a Brownian motion relative to the observer. The strength of this motion will be dependent on the object's mass: The smaller the mass, the larger the apparent thermal agitation. This is because the center of gravity of the observer and the external object are linked by a relative Brownian motion. A very small mass object can therefore never be observed accurately by a thermally trembling observer. The thermal noise of the observer will always "infest" the object in such a way that it is the latter which appears to be thermally agitated by the temperature of the observer, even if the object's actual motional temperature were zero. The effect is the same as if the observer was a Brownian particle himself or herself. How looks the world like to a particle in Brownian motion? The virtual-reality paradigm can in principle be used to find an answer.

A Quaker's World

Finding the right tranquility of mind to try in the right way is not easy. Numerically, the task is also very demanding. What is needed is to design a whole reversible micro world in a computer. The "eye" inside (that is, the internal macroscopic observer) is to be built out of the same micro constituents as the rest. The special thermal (momentum-conserving) relationship between that "eye" and a particular micro object, valid in the computer universe, can then be looked at by a human macro observer outside that world (if he wears the right kind of goggles). It will be rewarding to implement this task in the year 2010 say, but even today it is already possible to glimpse some of the unusual rainbow phenomena that will emanate from this contraption.

False Uncertainty

An irreducible uncertainty is a first implication. The chaos in the observer translates into chaos outside the observer. Apart from the unit thermal noise energy inside the observer (E), which is equal to one half the Boltzmann constant times the temperature of the observer, we have a second intrinsic constant (T). This characteristic time interval is related to the mean collision interval inside the observer. After this time interval has passed, the micro dynamics inside the observer changes course relative to the external object. A precise calculation of T for classical billiard systems is an open problem (Rössler, 1991a). The mean shaking period T needs further clarification from a conceptual point of view as well. If the observer was alone in the universe with the object, the center of gravity of the observer and that of the object would not perform a Brownian motion relative to each

Historisch erstmals erkannt wurde das Schnittstellenproblem von Boscovich (1755), der die Frage aufwarf, was wohl passiert, wenn der Beobachter und seine Umwelt, zusammen mit allen involvierten Kräften, sich gleichzeitig verkleinern. Selbstverständlich würden "im Bewußtsein die selben Eindrücke hervorgerufen". Die Schnittstelle wäre davon nicht tangiert. Ebenso würde sich für den Beobachter nichts ändern, wenn sein Kopfschütteln von einem dementsprechenden Schütteln der übrigen Welt begleitet würde. Die zeitabhängigen Merkmale der Schnittstelle verdienen daher eine eingehendere Betrachtung.

Die durch eine Brownsche Bewegung des Beobachters erzeugte Schnittstelle

Interessant ist die Brown'sche oder "Archimedische Bewegung" wegen der darin beinhalteten Energie- und Impulserhaltung. Jeder Beobachter, dessen Teilchen sich in zufälliger thermischer Bewegung befinden, steht in einer interessanten dynamischen Beziehung zur übrigen Welt. Archimedes erkannte als erster, daß das gemeinsame "Schwerkraftzentrum" niemals bewegt werden kann. Wie erscheint also die übrige Welt einem solchen Beobachter? Sinnvoll kann diese Frage erst heute gestellt werden, da die erforderliche gleichzeitige Simulation vieler Teilchen eine erst vor kurzem eröffnete Option ist (Alder und Wainwright, 1957).

Jedes externe Objekt vollführt in bezug auf den Beobachter eine Brownsche Bewegung. Die Stärke dieser Bewegung wird von der Masse des Objekts abhängen: Je geringer die Masse, desto größer die sichtbare thermische Erregung. Dies deshalb, weil das Schwerkraftzentrum von Beobachter und externem Objekt über eine relative Brown'sche Bewegung verbunden ist. Ein Objekt mit sehr geringfügiger Masse kann daher von einem thermisch bewegten Beobachter niemals fehlerfrei beobachtet werden. Der thermische Lärm des Beobachters wird das Objekt immer "beunruhigen" und zwar so, daß es durch die Temperatur des Beobachters thermisch erregt erscheint, auch wenn die tatsächliche Bewegungstemperatur des Objekts null wäre. Der Effekt ist der gleiche wie wenn der Beobachter selbst ein Brownsches Teilchen wäre. Wie erscheint die Welt einem Partikel in Brownscher Bewegung? Das Virtual-reality-Paradigma kann grundsätzlich dazu verwendet werden, hierauf eine Antwort zu finden.

Die Welt eines Quäkers

Es ist nicht leicht, jenen ruhigen Bewußtseinszustand zu erreichen, der den richtigen Weg weist. Auch numerisch ist die Aufgabe sehr anspruchsvoll. Sie besteht im Entwerfen einer vollständigen, reversiblen Mikrowelt in einem Computer. Das innere "Auge" (d.h. der interne makroskopische Beobachter) muß aus eben den Mikrokonstituenten gebildet werden, aus denen auch der Rest besteht. Die in diesem Computeruniversum geltende besondere (impulskonservierende) Beziehung zwischen diesem "Auge" und einem speziellen Mikroobjekt kann dann von einem menschlichen Makrobeobachter außerhalb dieser Welt betrachtet werden (falls er die richtigen Spezialbrillen trägt). Eine lohnende Aufgabe, die, nehmen wir einmal an, im Jahr 2010 bewerkstelligt werden kann, - ein flüchtiger Blick auf das ungewöhnliche Regenbogenphänomen, das von dieser technischen Neuheit ausstrahlen wird, ist aber heute schon möglich.

Falsche Unberechenbarkeit

Eine erste Implikation besteht in einer nicht reduzierbaren Unberechenbarkeit. Das Chaos im Beobachter übersetzt sich in ein Chaos außerhalb des Beobachters. Zusätzlich zu der Einheit thermischer Lärmenergie im Beobachter (E), die der Hälfte der Boltzmannkonstante mal der Temperatur des Beobachters entspricht, haben wir eine zweite echte Konstante (T). Dieses charakteristische Zeitintervall steht in einer Beziehung zum mittleren Kollisionsintervall im Beobachter: Nachdem dieses Zeitintervall verstrichen ist, ändern die Mikrodynamiken im Beobachter ihren Verlauf in Relation zum externen Objekt. Die präzise Berechnung von T für klassische Billiardssysteme stellt ein offenes Problem dar (Rössler, 1991a). Die mittlere Schüttelperiode T erfordert auch aus konzeptioneller Sicht eine weitergehende Klärung. Wäre der Beobachter mit dem Objekt allein im Universum, so würden das Schwerkraftzentrum des Beobachters und jenes des Objekts keine relative Brownsche Bewegung vollführen. Sobald jedoch irgend ein drittes Objekt (zum Beispiel ein vermittelndes Teilchen) mit dem Beobachter verbunden wird, bleibt das externe Objekt nur in bezug auf diese kombinierte Anordnung in einem Zustand konstanter Bewegung. Im allgemeinen revidiert der aus vielen Teilchen bestehende Beobachter nun tatsächlich mit jeder Einheit des Zeitintervalles T relativ

other. However, as soon as any third object (for example, a mediating particle) is coupled to the observer, it is only toward this combined set that the external object remains in a state of constant motion. The multi-particle observer now indeed in general reverses course, every unit time internal T, relative to the external object.

The resulting "relative diffusion" between external object and observer is governed by the product of E and T, divided by the object's mass (M). This result holds true when the external object is "directly" (that is, without a measuring chain) coupled to the observer (Rössler, 1987). Unexpectedly, the more general case of "indirect" coupling (via a measuring chain) is still governed by the same law since the measuring chain is unable to undo the objectively existing mutual relationship between observer and object.

The resulting "uncertainty" mimics quantum mechanics. This is because the presence of a diffusion law of the same qualitative type as described above (an action - like E times T - divided by the object's mass) is sufficient to generate the Schrödinger equation (Fényes, 1952; Nelson, 1966).

False Certainty

We still need to know what happens when the observer forces a micro object into a certain definite observational state. For example, the measurement situation may be chosen such that the micro object must reveal its position in a yes-or-no decision. The problem on hand is analogous to the problem of the formation of an "eigen state" in quantum mechanics. Such a restricting type of measurement can certainly also be performed in our simulated world.

Here a new phenomenon arises. While the previous finding (uncertainty) did not yet qualify as a rainbow phenomenon in the strict sense since mere blurring does not bring in a new phenomenological quality, in the present case a new quality emerges. It is the quality of a well-defined localization in position space (or momentum space, respectively) appearing for the observer which is at variance with the correct location. For if the observed location of the object were identical with the correct location, the relative Brownian motion of the observer would have been eliminated in effect even though this cannot happen. Therefore, the apparent location of the object, valid in the interface, is different from the objectively applying location. This prediction can be verified in the proposed simulation of the interface. Since everything that happens in the simulation is known explicitly, it is possible to compare the content of the interface with what really happens to the particle in question. This comparison is, of course, a privilege confined to the external operator since the

internal observer is stuck with the interface. The yes-or-no decision which appears on the interface depends on the internal dynamics of the observer as much as on the object's. According to Nelson's (1966) stochastic mechanics, that is, diffusion theory, the probability of a certain decision occurring depends on the square of the amplitude of the diffusion-generated Schrödinger equation. This diffusion-theoretical result can be expected to be confirmed once the first simulation of the interface becomes available. However, there is a "complication" to be expected in that case which is absent in the standard formalism of stochastic mechanics. In the latter, the occurring decisions ("eigenstates") are assumed to be permanent. Here, the distortion of the objective world is such that the recorded state, as it appears in the interface, depends on the momentary state of motion of all particles inside the observer. In other words, the interface is a momentary state of affairs. All measurements, no matter how long the measuring chain in terms of space and time, are determined by the momentarily valid relationship between the internal dynamics of the observer and the dynamics of the rest of the world.

An external super-observer who watches the momentary interface as a function of time will therefore record a "superposition" (that is, a temporal integration) over all the momentarily valid "quantum decisions". The momentarily valid "eigen worlds", while mutually different, all fall within the probability distribution prescribed by the wave function of stochastic mechanics.

In quantum mechanics a similar problem is known under the name of "the measurement problem". For example, in the language of Everett's (1957) "relative state" formulation, the different eigen worlds that apply at every moment are said to be "shielded" from each other. There exists one version of Everett's formalism (due to Bell, 1981) in which the different eigen worlds are assumed to exist, not simultaneously as in the usual Everett picture but sequentially - each confined to a very small time window. Bell only wanted to show the mathematical equivalence of this view with the standard, multiple-worlds interpretation. Both interpretations of quantum mechanics are usually considered rather outlandish. Here, the second interpretation unexpectedly arises again in a quite different context.

Bell's insight that the observer would "not notice" being in a different quantum world from one moment to the next (since worlds by definition are complete, that is, contain no trace of another world) is applicable here as well. It follows that the "integration" which an outside observer of the simulated interface experiences is an artifact.

zum externen Objekt den Kurs.

Die daraus resultierende "relative Diffusion" zwischen externem Objekt und Beobachter bestimmt sich aus dem Produkt von E und T, dividiert durch die Objektmasse (M). Dieses Ergebnis stimmt auch, wenn das externe Objekt mit dem Beobachter "direkt" (d.h. ohne Meßkette) verbunden ist (Rössler, 1987). Unerwarteterweise gilt auch für den allgemeineren Fall einer "indirekten" Verbindung (über ein Meßkette) noch das gleiche Gesetz, da die Meßkette die objektiv bestehende wechselseitige Beziehung zwischen Beobachter und Objekt nicht ungeschehen machen kann. Die daraus hervorgehende "Unberechenbarkeit" weist Ähnlichkeiten mit der Quantenmechanik auf. Dies deshalb, weil das Vorhandensein eines Diffusionsgesetzes vom oben beschriebenen qualitativen Typus (eine Operation wie E mal T, dividiert durch die Masse des Objekts) ausreicht, um die Schrödinger-Gleichung hervorzubringen (Fényes, 1952; Nelson, 1966).

Falsche Gewißheit

Wir müssen erst noch untersuchen was geschieht, wenn der Beobachter ein Mikroobjekt in einen bestimmten, festgelegten Beobachtungszustand zwingt. Die Meßanordnung könnte beispielsweise so gewählt werden, daß das Mikroobjekt seine Position mittels einer Ja-oder-Nein-Entscheidung verraten muß. Das hierbei auftretende Problem verhält sich analog zum Problem der Bildung eines "Eigenzustands" in der Quantenmechanik. Dieser restriktive Meßtypus kann sicherlich auch in unsere simulierte Welt eingeführt werden.

Hier tritt ein neues Phänomen auf. Während die vorherige Entdeckung (Unberechenbarkeit) sich noch nicht im strikten Sinne als Regenbogenphänomen qualifizieren läßt, da die bloße Trübung noch keine neue phänomenologische Qualität darstellt, kommt es im vorliegenden Fall zu einer neuen Qualität. Es handelt sich um die Qualität einer für den Beobachter auftretenden wohldefinierten Standortbestimmung im Positionsraum (bzw. im Impulsraum), die im Widerspruch zum korrekten Standort steht. Denn wenn der beobachtete Standort des Objekts identisch wäre mit der korrekten Position, wäre die relative Brownsche Bewegung des Beobachters - obwohl dies nicht geschehen kann - im wesentlichen eliminiert worden. Die sichtbare, in der Schnittstelle geltende Position des Objekts, ist daher verschieden vom objektiv zutreffenden Standort.

Diese Vorhersage läßt sich in der vorgeschlagenen Simulation der Schnittstelle verifizieren. Da alles was in der Simulation geschieht, explizit bekannt ist, kann der Inhalt der Schnittstelle mit dem tatsächlichen Geschehen, dem das betreffende Teilchen unterliegt, verglichen werden. Dieser Vergleich ist natürlich ein Privileg, das dem externen Beobachter vorbehalten ist, da der interne Beobachter ja in der Schnittstelle sitzt.

Die an der Schnittstelle aufscheinende Ja-oder-Nein-Entscheidung hängt von der internen Dynamik des Beobachters ebenso wie von der des Objekts ab. Gemäß Nelsons (1966) stochastischer Mechanik bzw. Diffusionstheorie, hängt die Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Entscheidung vom Quadrat der Amplitude der diffusionsgenerierten Schrödinger-Gleichung ab. Es ist zu erwarten, daß dieses diffusionstheoretische Resultat mit dem Vorliegen der ersten Schnittstellensimulation bestätigt wird. Allerdings ist eine "Komplikation" vorhersehbar, nämlich für den Fall, der in der Standardformulierung der stochastischen Mechanik nicht enthalten ist. Bei letzterer werden die auftretenden Entscheidungen ("Eigenzustände") als permanent unterstellt. Hier hingegen ist die Verzerrung der objektiven Welt dergestalt, daß der aufgezeichnete Zustand, wie er an der Schnittstelle erscheint, vom *momentanen* Bewegungszustand aller Teilchen im Beobachter abhängt. Mit anderen Worten: Die Schnittstelle gibt den momentanen Stand der Dinge wieder. Alle Messungen, ungeachtet der Länge der Meßkette in bezug auf Raum und Zeit, werden von der momentan gültigen Beziehung zwischen der internen Dynamik des Beobachters und der Dynamik der übrigen Welt bestimmt.

Ein externer Super-Beobachter, der die momentane Schnittstelle als Funktion der Zeit betrachtet, wird daher eine "Superposition" (d.h. ein Zeitintegral) aller momentan gültigen "Quantenentscheidungen" zeichnen. Die momentan gültigen "Eigenwelten" fallen, obgleich wechselseitig verschieden, alle in den Bereich der von der Wellenfunktion der stochastischen Mechanik beschriebenen Wahrscheinlichkeitsverteilung.

Ein ähnliches Problem ist in der Quantenmechanik unter dem Namen "Meßproblem" bekannt. Beispielsweise sind die verschiedenen, jeden Moment auftretenden Eigenwelten - in der Sprache von Everetts (1957) Formulierung des "relativen Zustands" - vor einander "geschützt". Es gibt eine Version von Everetts Formel (nach Bell, 1981), in der die verschiedenen Eigenwelten nicht wie bei Everett

If the outside human observer were a part of the same interface, being unable to escape from it through the use of an outside memory, the phenomenon of integration would disappear and a single consistent "eigen world" would apply at every moment, complete with its own recorded past and anticipated future. Thus, the job of a demiurge - to notice the implications that his own actions (laws and initial conditions) generate for the inhabitants - is surprisingly hard.

A New Type of Rainbow

The distortion of an objective world as it is mirrored in an interface thus can go unexpectedly far. The notion "rainbow world" applies to each distorted representation no matter how short-lived. In the one world, for example, Schrödinger's cat is alive and well while in the other, the same "hellish contraption" (Schrödinger, 1935) has chosen the other course. Moreover, that same branching may have taken place some while ago, so that the one outcome would have produced a cat that is playful and frisky right now while the other entails a cat that has been subjected to organic decomposition for quite a while. It appears very hard to reconcile both rainbow worlds with one and the same exo reality.

Equally hard to accept is the claim that these two different internal refractions of the same objective reality alternate at a rapid pace in an unnoticeable way. This "rainbow movie" (one time slice after the other) accordingly contains many consistent "sub-movies" of which a different one is in charge at every moment.

The counterintuitive notion of a rainbow movie needs further scrutiny. One of its features, however, unexpectedly is very close to everyday experience. It is the fact that each moment has its own world (eigen world). In quantum mechanics, the same 1:1 relationship was noted by Deutsch (1986). Here, the same result arises in a completely transparent context (provided all difficulties have been mastered). The inhabitants of a reversible universe are strangely glued to a single moment in time. They call it their world "as it is real now". While the mutual incompatibility of the different "now worlds" lacks a representation in the interface as mentioned, the interface still gives away the fact that a single instant in time is privileged over all other because it "defines a world".

The latter prediction - existence of a now-world for internal inhabitants - is, when transplanted back to our own world, at variance with traditional science which lacks the notion of a privileged now.

The paradigm of virtual reality has made the topic of the "interface" scientifically acceptable

(cf. Ars electronica, 1986; Weibel, 1990). The momentary position of the camera distorts the world in a way which makes it fully palpable as an invariant new reality. Generating such an interface is not easy and requires a lot of computer processing power. Experimenting with this interface is presently an important technological and conceptual challenge. How, for example, looks a rainbow inside when it is "reduced" by the vertical pupil of a cat rather than by a round one? How about a cat's pupil that is many meters long, either vertically or horizontally?

A second novel question refers to temporally changing realities if the changes occur in both the position of the "eye" and that of the external object in a correlated fashion. Such changes will obviously not show up in the interface (since the "Boscovich difference" is zero; Rössler, 1991b). Third, there is a very special interface, generated between a microscopically described reversible observer and the rest of the same microscopically simulated world. Phenomena only known from the counterintuitive realm of quantum mechanics suddenly arise as implications of a conceptually completely transparent situation. At the same time, "nowness-bound rainbow worlds" become a topic for scientific discussion.

Thus, "playing with cameras" can be a rewarding pastime. Diverse phenomena known from everyday experience can be retrieved. At the same time a new type of suspicion regarding our own world arises: Maybe, our own world is a rainbow world, too?

Once such a suspicion has taken hold, the logical next step is to call for new diagnostic tools that can be used in our own world to demonstrate the existence of the new predicament and to explore and perhaps manipulate it. Nevertheless, the decisive step is getting suspicious in the first place. The present suspicion, which goes back to Kant and Boscovich, and before them to Anaximander, has now found a new medium for its study.

To conclude, the concept of the rainbow has been re-examined from the vantage point of virtual-reality simulations. A rather unusual type of virtual reality is needed for such a simulation. Eventually, reversible simulated worlds will be useful to further the understanding of the human/world interface (a proposal which at first sight is confined to the study of an ice scater who cannot get rid of whole-body angular momentum, or of an Archimedean system of interacting balls and springs like a model drug molecule). The first detailed report about the properties of such a "conservative virtual reality" will come in in about ten years time. Presently, only "informed guesses" are possible. In this way, a new "hopeful suspicion" could be arrived at: The VR paradigm may reveal more about our own world than the ordinary course of science

üblich, als gleichzeitig existierend angenommen werden, sondern als aufeinander folgend - wobei jede auf einen sehr kleinen Zeitausschnitt begrenzt ist. Bell wollte lediglich die mathematische Äquivalenz dieser Sicht mit der Standardinterpretation der multiplen Welten zeigen. Beide Interpretationen der Quantenmechanik werden in der Regel für ziemlich abseitig erachtet. Unerwarteterweise erlangt hier jedoch die zweite Interpretation in einem ganz anderen Kontext Geltung.

Bells Erkenntnis, daß der Beobachter den Übergang in eine andere Quantenwelt von einem Moment zum nächsten nicht "registrieren" würde (da die Welten definitionsgemäß vollständig sind, d.h. es gibt keinen Hinweis auf eine andere Welt) ist hier ebenfalls gültig. Daraus folgt, daß es sich bei der von einem außenstehenden Beobachter der simulierten Schnittstelle erlebten "Integration" um ein Artefakt handelt. Wäre der außenstehende menschliche Beobachter Teil der gleichen Schnittstelle und nicht in der Lage, daraus mit Hilfe eines außerhalb angesiedelten Gedächtnisses zu entkommen, so würde das Phänomen der Integration verschwinden und es würde in jedem Moment eine einzige, konsistente "Eigenwelt" - mit ihrer aufgezeichneten Vergangenheit und antizipierten Zukunft - vorliegen. Die Aufgabe des Demiurgen - die Implikationen, die seine eigenen Handlungen (Gesetze und Ausgangsbedingungen) für die Bewohner nach sich ziehen, zu registrieren - ist daher einigermaßen schwer.

Ein neuer Typus des Regenbogens

Die Verzerrung einer objektiven Welt, wie sie in einer Schnittstelle gespiegelt wird, kann unerwartet weitgehend sein. Der Begriff "Regenbogenwelt" gilt für jede verzerrte Darstellung, ungeachtet ihrer Kurzlebigkeit. Beispielsweise ist Schrödingers Katze in der einen Welt am Leben und wohl auf während der gleiche "höllische Apparat" (Schrödinger, 1935) in der anderen einen anderen Verlauf gewährt hat. Mehr noch, die gleiche Gabelung mag schon vor einiger Zeit stattgefunden haben, sodaß im einen Fall eine gegenwärtig immer noch verspielte und lebhaftige Katze herauskam, im anderen dagegen eine Katze, die schon seit geraumer Zeit dem organischen Zerfall unterliegt. Es scheint sehr schwierig, beide Regenbogenwelten mit ein und derselben Exo-Realität zu versöhnen. Der kontraintuitive Begriff eines Regenbogen-Films bedarf einer genaueren Prüfung. Eines seiner Kennzeichen kommt

der Alltagserfahrung wider Erwarten jedoch sehr nahe. Es handelt sich um die Tatsache, daß jeder Moment über eine eigene Welt verfügt (Eigenwelt). In der Quantenmechanik wurde die gleiche 1:1 Beziehung von Deutsch (1986) registriert. Das selbe Resultat erscheint hier in einem vollkommen transparenten Kontext (vorausgesetzt, alle Schwierigkeiten werden gemeistert). Die Bewohner eines reversiblen Universums sind an einen einzigen Moment in der Zeit gebunden. Sie bezeichnen das als ihre Welt "wie sie wirklich ist". Während die wechselseitige Inkompatibilität der verschiedenen "Jetzt-Welten" an der Schnittstelle, wie erwähnt, nicht dargestellt wird, verrät die Schnittstelle jedoch die Tatsache, daß ein einziger zeitlicher Moment vor allen anderen privilegiert ist, denn er "definiert eine Welt". Die letzte Vorhersage - die Existenz einer Jetzt-Welt für die internen Bewohner - steht, wenn sie in unsere eigene Welt übertragen wird, im Widerspruch zur traditionellen Wissenschaft, der der Begriff eines privilegierten Jetzt fehlt.

Das Paradigma der virtuellen Realität hat dem Thema "Schnittstelle" wissenschaftliche Akzeptanz eingebracht (cf. *Ars electronica*, 1986; Weibel, 1990). Die momentane Position der Kamera verzerrt die Welt in einer Art und Weise, die sie als invariante, neue Realität vollkommen greifbar macht. Die Erzeugung einer solchen Schnittstelle ist nicht einfach und erfordert eine Menge Computerverarbeitungskapazität. Experimente mit dieser Schnittstelle sind gegenwärtig eine bedeutende technologische und konzeptuelle Herausforderung. Wie schaut beispielsweise ein Regenbogen im Inneren aus, wenn er durch die vertikale Pupille einer Katze anstatt durch eine runde "reduziert" wird? Wie verhält sich die Sache im Falle einer mehrere Meter langen, horizontalen oder vertikalen Katzenpupille?

Eine zweite ungewöhnliche Frage gilt den sich zeitlich ändernden Realitäten, wenn die Veränderungen sowohl bei der Position des "Auges" wie auch des externen Objekts in Korrelation zueinander erfolgen. An der Schnittstelle scheinen solche Veränderungen natürlich nicht auf (da die "Boscovich-Differenz" null ist; Rössler, 1991 b). Drittens gibt es eine sehr spezielle Schnittstelle, die zwischen einem als mikroskopisch beschriebenem reversiblen Beobachter und der übrigen, ebenfalls mikroskopisch simulierten Welt entsteht. Phänomene, die nur aus dem kontraintuitiven Feld der Quantenmechanik bekannt sind, treten

has prepared us to believe. For example, the walls of the prison of the now become palpable. Further distortions of the invariant (exo) reality may exist which can likewise be unmasked by the new Hermetian paradigm of computer-generated worlds.

Bibliography

- ALDER, B. J., WAINWRIGHT, T. E., "Phase transitions for a hardsphere system", *Journal of Chemical Physics*, 27, 1957, p. 1208.
- ARS ELECTRONICA 1988, *Philosophies of the New Technology/Philosophien der neuen Technologie*, Berlin 1986.
- BELL, J. S., "Quantum mechanics for cosmologists", in C. J. Isham, R. Penrose, D. Sciama, eds., Oxford, Clarendon Press 1981, p. 611-637.
- BOSCOVICH, R. J., "De spatio et tempore, ut a nobis cognoscuntur (On space and time, as they are recognized by us)", in J. M. Child, ed., *Boscovich, R. J., Theory of Natural Philosophy, Latin-English Edition*, Open Court, Chicago 1992, p. 404-409. Reprint of the English translation: MIT Press, Cambridge, Mass. 1966, p. 203-205. English re-translation in Rössler (1991b). Compare also: Fischer (1991).
- DEUTSCH, D., "Three connections between Everett's interpretation and experiment", in R. Penrose, C. J. Isham, eds., *Quantum Concepts in Space and Time*, Clarendon Press, Oxford 1986, p. 215-225.
- EVERETT, H., III, "Relative state formulation of quantum mechanics", *Review of Modern Physics*, 29, 1957, p. 454-462.
- FÉNYÉS, I., "A probability-theoretical foundation and interpretation of quantum mechanics" (in German), *Zeitschrift für Physik*, 132, 1952, p. 81-106.
- FISCHER, R., "Aneurobiological re-interpretation and verification of Boscovich covariance, postulated in 1758", *Cybernetica*, 34, 1991, 95-101.
- NELSON, E., "Derivation of the Schrödinger equation from Newtonian mechanics", *Physics Review*, 150, 1966, p. 1079-1085.
- NEWMAN, W. M., SPROULL, R. F., *Principles of Interactive Computer Graphics*, 2nd ed., McGraw-Hill, New York 1979.
- RODNEY, T., *The Runaway Soul*, Farrar, Straus and Giroux, New York 1991.
- RÖSSLER, O. E., "Endophysics", in J. L. Casti, A. Karlqvist, eds., *Real Brains, Artificial Minds*, North-Holland, New York 1987, p. 25-46.
- RÖSSLER, O. E., "Four open problems in four dimensions", in G. Baier, M. Klein, eds., *A Chaotic Hierarchy*, World Scientific, Singapore 1991a, p. 365-369.

- RÖSSLER, O. E., "Boscovich covariance", in J. L. Casti, A. Karlqvist, eds., *Beyond Belief: Randomness, Prediction and Explanation in Science*, CRC Press, Boca Raton 1991b, p. 69-87.
- WEIBEL, P., "The two levels of reality, exo and endo", in Y. Shikata, ed., *Art Lab 1st Symposium, The Current Condition and the Future of Digital Art*, Canon, Tokyo 1991, p. 16.
- SCHRÖDINGER, E., "The present situation in quantum mechanics" (in German), *Naturwissenschaften*, 23, 1935, p. 807-812; 823-828; 844-849. English translation: *Proceedings of the American Philosophical Society*, 124, 1980, p. 323-338.
- SUTHERLAND, I. E., "Computer inputs and outputs", *Scientific American*, 1966, September issue; "Computer displays", *Scientific American*, 1970, June issue.
- WEIBEL, P., "Virtual worlds: The emperors new bodies", in G. Hattinger, M. Russel, C. Schöpf, P. Weibel, eds., *Ars electronica 1990*, vol 2, Veritas-Verlag Linz, Linz 1990, p. 9-38.
- WEIBEL, P., B. O'KANE, "Das tangible Bild - Endoapproach to electronics", in M. Waffender, ed., *Cyberspace*, Rowohlt, Reinbek 1991, p. 154.

plötzlich als Implikationen einer konzeptuell vollkommen transparenten Situation in Erscheinung. Gleichzeitig werden "Jetzt-gebundene Regenbogenwelten" Thema wissenschaftlicher Diskussionen.

Das "Spiel mit den Kameras" kann also ein lohnender Zeitvertreib sein. Verschiedene Phänomene der Alltagserfahrung lassen sich wieder auffinden. Gleichzeitig tritt ein neuer Argwohn in bezug auf unsere eigene Welt in Erscheinung: Vielleicht ist auch unsere Welt eine Regenbogenwelt? Wenn dieses Mißtrauen erst Fuß gefaßt hat, besteht der logisch nächste Schritt in der Forderung nach neuen Diagnoseinstrumenten, mit denen sich in unserer eigenen Welt die Existenz der neuen Kategorie demonstrieren, erforschen und eventuell manipulieren ließe. Dessenungeachtet besteht der erste Schritt darin, mißtrauisch zu werden. Das gegenwärtige Mißtrauen, welches auf Kant und Boscovich und vor diesen auf Anaximander zurückgeht, hat nun ein neues Medium für seine Untersuchungen gefunden.

Abschließend sei gesagt, daß das Konzept des Regenbogens vom Blickpunkt der Virtual-Reality-Simulationen einer neuerlichen Prüfung unterzogen worden ist. Für eine solche Simulation ist ein eher ungewöhnlicher Virtual-Reality-Typus erforderlich. *Reversible* simulierte Welten sind geeignet, das Verständnis der Mensch-Welt-Schnittstelle zu fördern (ein Vorschlag, der auf den ersten Blick sich auf die Untersuchung eines Eisläufers beschränkt scheint, der das Ganzkörper-Winkelmoment nicht überwinden kann oder eines Archimedischen Systems interagierender Kugeln und Federn wie in einem Molekülmodell). Der erste detaillierte Bericht über die Eigenschaften solch einer "konservativen virtuellen Realität" wird in etwa zehn Jahren vorliegen. Gegenwärtig ist nur ein "informiertes Rätselraten" möglich. Auf diese Weise könnte man zu einem neuen "hoffnungsvollen Verdacht" gelangen: Das VR-Paradigma könnte mehr über unsere eigene Welt enthüllen als der übliche Gang der Wissenschaft uns bisher glauben machte. Zum Beispiel werden die Gefängniswände die das Jetzt umgeben, fühlbar. Es können weitere Verzerrungen der invarianten (Exo-)Realität existieren, die durch das neue Hermetianische Paradigma der computergenerierten Welten desmaskiert werden. Für J.O.R.