

Siegfried Genreith

BEWUSSTSEIN, ZEIT UND SYMMETRIEN

Eine Reise durch Klimazonen menschlichen Wissens
auf der Suche nach den Ursprüngen
von Intelligenz und Bewusstsein

Siegfried Genreith ist Jahrgang 1956, verheiratet und hat drei erwachsene Kinder. Nach Gymnasium, Wehrdienst und Studium der Mathematik an der Universität Köln begann er seine berufliche Laufbahn bei einem großen IT-Konzern. Seither ist er in technisch orientierten Funktionen für Kunden aktiv. Expertensysteme, Kundenselbstbedienung bei Banken, IT-Architekturen und -Strategie gehören zu seinen Aufgabenbereichen. Derzeit ist der Autor im Vertrieb verantwortlich für die technischen Beziehungen zu Großkunden. Neben Buchbeiträgen hat er diverse Artikel in Fachzeitschriften veröffentlicht.

2. überarbeitete Auflage

© 2010, 2011 Siegfried Genreith

Herstellung und Verlag: Books on Demand GmbH, Norderstedt

ISBN 978-3-8391-5137-2

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über dnb.d-nb.de abrufbar.

VORWORT

Es war der erste Hype, an den ich mich erinnere und der mein Berufsleben an seinem Anfang geprägt hat. Er entstand mit dem Aufkommen der Personal Computer in den achtziger Jahren rund um die künftigen Möglichkeiten immer höherer Rechnerleistungen. Auch diese Blase wurde genährt durch Erwartungen von Kaufleuten und Investoren, die keinen wirklichen Bezug zu dem Thema hatten, in das sie investierten. Basierend auf Vermutungen und Fehleinschätzungen schaukelten sie sich gegenseitig in ihren Träumen um exorbitante Gewinne hinauf in schwindelnde Höhen. Jeder wollte, jeder musste dabei sein. Wer sich als Manager oder Investor dem Sog widersetzte, lief Gefahr, als rückständiger Spinner betrachtet zu werden. Im Vergleich zu den Blasen, deren Platzen seither immer einmal wieder Wirtschaft und Finanzmärkte erschüttern, war dies allenfalls eine unauffällige Ausbeulung in den Erwartungen vieler Menschen weltweit. Zunächst ein Thema für Wissenschaftler, Entwickler, Programmierer, flossen vor allem in der zweiten Hälfte des Jahrzehnts erhebliche Investitionen der Wirtschaft in dieses Segment. Die "Artificial Intelligence" – "Künstliche Intelligenz" (KI) in der deutschen Übersetzung – erhob den Anspruch, menschliches, intelligentes Entscheidungsverhalten auf Automaten zu übertragen.

Als die Blase Anfang der neunziger Jahre platzte – mit Firmenpleiten und abgeschriebenen Investitionen in erheblichem Umfang – war klar, dass dieses selbst gesteckte Ziel in weiter Ferne lag. Offenbar lag die wahre Natur echter intelligenter Informationsverarbeitung noch im Dunkel. Was nach dem Hype blieb war ein Fundament aus Methoden und IT-Architekturen, das bis heute die Entwicklung moderner Software prägt: Objektorientierung, Regelbasierte Systeme, Integration verteilter Komponenten über Ereignisse und Nachrichten sind nur einige Elemente daraus, die immer noch Kennzeichen guten Programmdesigns sind.

Bis heute – über zwanzig Jahre danach – wurden keine fundamentalen Fortschritte erzielt im grundsätzlichen Verständnis natürlich intelligenten Handelns. Zwar sind die Rechner um Zehnerpotenzen schneller als damals und ermöglichen den Betrieb immer komplexerer KI-Modelle. Die Robotik hat mit der schnell voranschreitenden Miniaturisierung immense Fortschritte gemacht. Die Linguistik ist Welten vom damaligen Zustand entfernt. Heute ist man in der Lage, die Komplexität eines Katzenhirns in einem IT-System zu simulieren, das menschliche Gehirn ist in Reichweite. Der ursprüngliche Anspruch aber, damit echte Intelligenz oder eigenständiges Bewusstsein zu schaffen, wurde leise fallen gelassen und ist heute eher ein Unthema, mit dem ernsthafte Wissenschaftler sich nicht befassen sollten. Bewusstsein als zentrales Thema zu diskutieren ist heute nur in Philosophie, Psychologie oder Theologie möglich.

Der Versuch einer fundamentalen Auseinandersetzung mit dem Phänomen Intelligenz wurde auch von den Naturwissenschaften gemacht mit ähnlich frustrierenden Ergebnissen wie in der Informatik. Wie entsteht Intelligenz? Ist dies ein Ergebnis bloßer Komplexität oder fehlt noch Grundsätzliches im Modell? Gibt es im naturwissenschaftlichen Sinne überhaupt so etwas wie Bewusstsein? Weltbekannte Wissenschaftler wie Werner Heisenberg, Wolfgang Pauli, Niels Bohr, Erwin Schrödinger und Albert Einstein pflegten noch bis in die fünfziger Jahre des letzten Jahrhunderts hinein einen regen Austausch in solch fundamentalen Fragen unserer Existenz.

Um im Verständnis intelligenten Handelns substantiell voranzukommen reicht es offenbar nicht, vorhandene Modelle weiterzuführen. In allen hierbei relevanten Wissenschaften sind Vorstellungen und Verfahren zu hinterfragen – und dies in sehr grundsätzlicher Weise.

Ich nehme sie mit auf eine Reise durch verschiedene Disziplinen menschlichen Wissens, stelle offene Fragen heraus, weise auf Widersprüche hin, und füge die Puzzle-Steine aus vorliegendem Wissen in ein neues, erstaunliches Bild von Intelligenz, Bewusstsein und der Realität um uns herum.

Leider lässt es sich nicht vermeiden, dass der Weg dorthin an einigen Stellen steinig und steil wird und dem Leser einiges abverlangt. Überall dort, wo die Zumutbarkeitsgrenze überschritten zu werden droht, weise ich sie auf Abkürzungen hin, die sie nehmen können, ohne zu viel an Verständnis dadurch einzubüßen. In jedem Fall sollten die Dialoge zwischen S. und W. allgemein verständlich sein, die in den meisten Kapiteln auf anschauliche Weise an die jeweilige Fragestellung heranführen. Das Thema insgesamt ist sehr komplex und Vereinfachungen stoßen manchmal an Grenzen, jenseits derer die dort vermittelten Bilder irreführend und letztendlich sogar falsch wären.

Deshalb bitte ich sie schon jetzt um Nachsicht für alle Zumutungen, mit denen ich sie möglicherweise auf dem Weg konfrontiere.

Nideggen, im Januar 2011

Siegfried Genreith

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	V
Künstliche Intelligenz.....	I
Der Hype.....	I
Intelligenz und Bewusstsein.....	2
KI-Erfolge.....	4
Agenten.....	6
Bankagenten.....	8
Beste Lösungen durch Fehler.....	10
Selbstbezüglichkeit.....	11
Neuronale Netze.....	13
Selbsterkenntnis.....	14
Die Reiseroute.....	17
Biologie.....	19
Dialog S/ W.....	20
Schwärme.....	21
Symmetrie der Lebensfreude.....	23
Schwarmverhalten.....	24
Evolution und Zufall.....	27
Emergenz oder Absicht.....	28
Medizin.....	31
Dialog S/ W.....	31
Hirn oder Herz.....	32
Bewusstsein.....	33
Intelligenz.....	34
Erlebnisse.....	35
Philosophie und Psychologie.....	37
Dialog S/ W.....	37
Bewusstsein.....	38
Verhalten.....	40
Zeit und Symmetrien.....	42
Physik.....	47
Dialog S/ W.....	47
Die Physik des Unphysikalischen.....	50
Das relativistische Weltbild.....	52
Die Welt der Quanten.....	56
Realität.....	61
Symmetrien.....	62

Die Supertheorie.....	64
Zusammenhänge.....	65
Das Modell.....	67
Dialog S/ W.....	67
Würfel-Algebra.....	68
Das Vereinfachungsprinzip.....	72
Würfelmechanik.....	73
Realität.....	75
Duale Realität.....	76
Perspektivenwechsel.....	79
Ein Bild der Welt.....	83
Definitionen und Folgerungen.....	86
Physikalische Interpretationen.....	89
Philosophische Interpretationen.....	91
Biologische Interpretationen.....	94
Künstliche Intelligenz.....	95
Dialog S/ W – Eindrücke.....	97
Glossar.....	A
Literaturverzeichnis.....	E

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Reaktiver Agent und Schwarzes Brett.....	7
Abbildung 2: A+E-Kundengruppenmatrix.....	9
Abbildung 3: Kundeneinteilung in Gruppen.....	10
Abbildung 4: Netz in Schichtentopologie.....	12
Abbildung 5: Kognitiver Agent und Schwarzes Brett.....	13
Abbildung 6: Fischschwarm.....	25
Abbildung 7: Skizze Sensorischer Homunculus.....	33
Abbildung 8: Interferenzen am Doppelspalt.....	60
Abbildung 9: Symmetrien.....	68
Abbildung 10: Nummerierung.....	69
Abbildung 11: Würfeloperator i	70
Abbildung 12: Zustandswürfel.....	72
Abbildung 13: Kollaps Wahrscheinlichkeiten.....	75
Abbildung 14: Simulation.....	78
Abbildung 15: Weg-Zeit-Diagramm.....	82

Künstliche Intelligenz

Der Hype

Es war ein spannender Aufbruch. Mitte der achtziger Jahre war die Zeit der Commodore 64, Amiga und Atari Konsolen, Bastler schraubten und löteten rund um den SC/MP Mikroprozessor im Ein-MHz-Takt, Sinclairs ZX80 war noch präsent und Elektronikzeitschriften veröffentlichten Schaltpläne für den Selbstbau. Personal Computer begannen sich gerade zu etablieren – obwohl vergleichsweise noch extrem teuer¹ – und läuteten das Ende der Vorherrschaft für Großrechner und hochpreisige Workstations ein.

Viele kreative Köpfe befeuerten mit neuen Ideen die Ausweitung der Einsatzmöglichkeiten für diese Rechner. Eine dieser Einsatzszenarien waren KI²-Anwendungen. Nach ersten publikumswirksamen Erfolgen in der zweiten Hälfte des Jahrzehnts witterten auch etablierte Firmen wie IBM oder Hewlett Packard (HP) Geschäftschancen und investierten erhebliche Mittel in den Aufbau entsprechender Entwicklungs- und Vertriebsteams.

Ende der Achtziger war ich als junger Mitarbeiter im technischen Vertrieb mit dem Thema „Regelbasierte Systeme“ bei Banken und Sparkassen im Nordwesten Deutschlands unterwegs. Ich hatte die Entwicklung in anderer Funktion schon längere Zeit verfolgt und dann nachdrücklich eine entsprechende Stelle im eigenen Unternehmen gesucht. Als Mathematiker faszinierte mich die Thematik so sehr, dass ich dafür zunächst auch finanzielle Einbußen akzeptierte. Zu diesem Zeitpunkt hatte ich die Prinzipien Neuronaler Netze und regelbasierter Expertensysteme schon weitgehend verinnerlicht. In meiner freien Zeit hatte ich mich mit der hauseigenen Software vertraut gemacht.

Jetzt faszinierte mich die Umsetzung in Projekten mit unseren Großrechner-Kunden – Banken, Sparkassen, Volksbanken und deren Rechenzentren. Projekte gab es genug und eine Menge Arbeit. KI war ein echtes Hype-Thema, mit dem sich auch Bankvorstände gerne schmückten. Jeder wollte irgendwie dabei sein und die KI-Fahne als Inbegriff für Innovationsfähigkeit hoch halten. Eine meiner ersten Aufgaben war die Konzeption und Erstellung eines regelbasierten Expertensystems zur Anlageberatung von Privatkunden einer großen Sparkasse im Ruhrgebiet. Andere Themen betrafen die Händlerunterstützung durch automatisierte regelbasierte Kauf- und Verkaufsentscheidungen im Eigenhandel der Bank, oder die Beratung für Firmenkunden einer Banken-

1 Ein typischer IBM PC mit 512 KB RAM und 10 MB Festplatte kostete je nach Ausstattung zwischen 10.000,- und 30.000,- DM

2 KI = Künstliche Intelligenz

gruppe zur optimalen Nutzung regionaler und überregionaler Fördermittel. Manchmal spannender noch als die Umsetzung daran waren für mich die vielen Kontakte und Interviews mit Mitarbeitern der Beratungsbereiche. Obwohl diese Anwendungen angesichts des Anspruchs von KI vergleichsweise trivial ausfielen, war das Interesse riesig. Ich selbst war auf Messen wie der ORGATEC in Köln und der Bankensonderschau der CeBIT in Hannover mit meinem Ausstellungspunkt rege gefragt und zeigte dort jeweils tagelang Anlageberatung mit Expertensystemen. Resultate waren neben neuen Projektansätzen diverse Fachartikel und Vorträge über Erfahrungen in der Wirtschaft auf Universitäten[8].

Keines dieser Projekte kam auch nur in die Nähe von etwas, dass man als intelligentes System bezeichnen könnte. Es ging um die Automatisierung mehr oder weniger komplexer Entscheidungen in einem eng begrenzten Sachgebiet. Das war machbar, wenn auch die Abrechnungsmodelle der durch kaufmännische Anwendungen geprägten Großrechner zu extrem hohen Nutzungsgebühren für diese eher untypischen Arbeitslasten führte. Letztendlich waren diese Ansätze aus Kostengründen dann auch kaum wirtschaftlich betreibbar.

Intelligenz und Bewusstsein

Der internationalen KI-Gemeinschaft ging es allerdings tatsächlich um nicht weniger als die Erschaffung selbständig intelligenten Verhaltens in Computersystemen. Frühe Erfolge seit 1960 schienen diese Erwartung zu rechtfertigen[32]. Zu der Zeit durften noch Wissenschaftler aller Fachrichtungen offen über Bedingungen sprechen, unter denen Intelligenz und Bewusstsein in künstlichen Systemen entstehen können, ohne ihren Ruf zu gefährden und sich der Lächerlichkeit preis zu geben. Der Begriff „Bewusstsein“ wurde und wird je nach persönlichem Hintergrund und Absichten sehr unterschiedlich gedeutet. Eine belastbare, allgemein akzeptierte Definition für Bewusstsein gibt es bis heute nicht, was nicht verwundert. Dazu müsste ein umfassendes Modell einen geeigneten Bezugsrahmen herstellen. Von so etwas sind wir in den exakten Wissenschaften, und nur die können heute als breit akzeptiert angesehen werden, weit entfernt. Solche Modelle finden wir nur – dafür aber in reichlicher Zahl und oft einander widersprechend – in Religion, Philosophie oder Psychologie[33].

Ob eine Maschine intelligent ist, lässt sich nur an ihrem Verhalten ablesen. Der Turing Test[30] beschreibt eine Dialogsituation, in der ein menschlicher Fragesteller zwei Dialogpartner nur über Bildschirm und Tastatur erlebt. Jeder dieser Partner – der eine ein Mensch und der andere eine Maschine – verfolgt dabei das Ziel, den Frager über die eigene Identität zu täuschen. Kann der Fragesteller nachher nicht entscheiden, wer von beiden Partnern die Maschine ist, dann muss die Maschine als intelligent angenom-

Physik

Für normal veranlagte Menschen ist das alles schwer zu begreifen. Und das liegt nicht nur an den vielen Formeln und der schwierigen Mathematik. Physik scheint etwas zu sein, das im Weltraum und im Labor stattfindet. Physiker sind mit ihrer merkwürdigen Sprache und geheimnisvollen Begriffen ungemein respekt einflößend.

Dialog S/W

Lauschen wir einmal einem Dialog beim zufälligen Treffen im Café zwischen der gestandenen Physikerin Waltraud und dem Sozialpädagogen Stefan.

S: „Hallo W., lange nicht gesehen, was machst du so?“

W: „Ich habe Physik studiert und arbeite gerade an meiner Promotion.“

S: „Oh, du warst ja schon immer gut in Mathe. Leider habe ich keine Ahnung von all dem Zeug. Physik findet doch nur im Labor und im Weltraum statt.“

W: „Das stimmt so sicher nicht. Alles um dich herum hat mit Physik zu tun. Du stehst also mitten drin, ob du willst oder nicht.“

S: „Stimmt, ich habe mal von einem Apfel gehört, der nicht weit vom Stamm fiel und ein Physiker hat daraus die Planetenbahnen berechnet.“

W (lacht): „Du meinst sicher die Anekdote über Isaac Newton, einen britischen Physiker im 17. Jahrhundert. Der hat der Legende nach brillant kombiniert, dass ein fallender Apfel den gleichen Gesetzen gehorcht, die auch die Planeten auf ihren Bahnen halten. Genau das ist Physik: Sehr genau beobachten, Zusammenhänge aufdecken, Berechnungen anstellen und so etwas wie den fallenden Apfel und die genauen Bahnen von Planeten vorherzusagen. Die richtig großen Wissenschaftler haben dazu immer vorgefasste Meinungen in Frage gestellt und grundlegende Sichtweisen auf die Natur verändert.“

S: „Können Physiker denn alles berechnen und vorhersagen?“

W: „Im Prinzip ist das so. Meistens ist es in der Praxis aber zu kompliziert. Wenn ich die Ausgangslage genau kenne und beschreiben kann, dann kann ich im Prinzip auch das Wetter exakt vorhersagen. Dazu müsste ich aber wissen, wo jedes einzelne Atom in unserer Atmosphäre oder sogar im Universum sich befindet und wie es sich bewegt. Das geht natürlich nicht.“

S: „Ist dann die Zukunft aber im Prinzip vollständig vorherbestimmt? Das wäre doch

schrecklich. Dann wäre es egal, was ich mache. Ich könnte die Zukunft nicht ändern. Das leuchtet mir nicht ein. Damit kann die Physik nicht richtig liegen. Da stimmt doch etwas mit euren Theorien nicht!?"

W: „Hm – ja. Das ist tatsächlich nicht ganz klar und wird rege diskutiert. Tatsächlich gibt es zwei fundamentale Theorien in der Physik. Für alles was du sehen und anfassen kannst, bis hin zu Sternen und Galaxien ist die Allgemeine Relativitätstheorie von Albert Einstein zuständig. Von dem hast du sicher schon gehört. Solange du auf der Erde bleibst und dich nicht zu schnell bewegst, kommst du aber auch mit der viel einfacheren Theorie von Isaac Newton sehr gut zurecht. Das ist das, was du vielleicht noch vage aus der Schule in Erinnerung hast. In den Modellen spielt tatsächlich der Zufall keine Rolle. Alles ist genau voraus berechenbar. Einstein hat einmal gesagt „Gott würfeln nicht“ und diese Einschätzung damit noch einmal bekräftigt.“

S: „Interessant, und was ist die andere Theorie? Behauptet die dann das Gegenteil von all dem? Dann könnt ihr euch ja jeweils aussuchen, was ihr rechnet. Wenn das eine Ergebnis nicht passt, nehmt ihr halt das andere, oder mischt die geschickt zusammen, bis das Resultat stimmt.“

W: „Da wirst du jetzt aber unsachlich. Nein, die Modelle sind klar abgegrenzt – meistens jedenfalls für alle praktischen Belange. Für alles Große ist die Relativitätstheorie zuständig, für alles Kleine in der Größe von Atomen und darunter ist die Quantenmechanik verantwortlich. Das ist die Faustregel.“

S: „Na ja, das nenne ich nicht unbedingt klar. Kennst du das Lied von dieser Kölner Band – heißt was mit 'Relativ' im Titel – und geht etwa so: '... ich bin relativ groß verglichen mit 'nem Kieselstein, aber neben einem Fels bin ich relativ klein ...' .“

W: „Ja du hast sicher Recht. Es gibt natürlich Situationen, in denen man irgendwie die beiden zusammenbringen muss.“

S: „Aber was sagt denn diese andere Theorie nun aus?“

W: „Die Quantenmechanik ist ziemlich abstrakt und beschreibt das Verhalten kleiner Teilchen. Die benehmen sich nämlich im Experiment meistens völlig zufällig und sprunghaft. Das lässt sich mit der Relativitätstheorie nicht erklären.“

S: „Aha, könnte man vielleicht auch sagen, für alles Zufällige und Sprunghafte ist die Quantenmechanik zuständig? Das wäre eine Abgrenzung, die ich als Laie besser verstehen könnte als die Größe.“

W (fühlt sich jetzt ein wenig unwohl bei der Antwort): „Ja, ich denke das wäre vielleicht möglich. Aber es gibt Zufall und Zufall. Der eine ist echter Zufall. Den gibt es nur in der Quantenmechanik. Der andere ist Zufall aus Unwissenheit. Nur weil ich nicht

weiß, dass sich über mir ein Schneebrett gelöst hat, überrascht mich die Lawine. Das ist subjektiver Zufall, weil ich es ja im Prinzip wissen könnte.“

S: „Ja, das verstehe ich. Ich möchte noch einmal zurückkommen auf unseren Ausgangspunkt. Ich hatte gesagt, Physik ist etwas für's Labor. Wenn ich einen Apfel fallen sehe, dann fällt der zickzack durch's Geäst, oder wird von einer Windbö erfasst, oder ich fange ihn auf. Was ich damit sagen will ist, in meiner täglichen Erfahrung verläuft so was immer unregelmäßig, plötzlich und zufällig und nicht so schön berechenbar wie in der Schule im Physiklabor. Deswegen kam ich darauf.“

W: „Ja aber mit den bekannten Gesetzen der Physik kann ich im Prinzip auch den Zickzack-Kurs und die Windbö ziemlich genau erfassen und den Weg berechnen. Allerdings werde ich das bei den ganzen Störungen nie ganz genau hinkriegen. Dass die Modelle sehr gut funktionieren siehst du in animierten Filmen. Die Bewegungen dort werden oft nach physikalischen Gesetzen im Computer berechnet und die Simulation ist praktisch nicht von einem realen Vorgang zu unterscheiden.“

S: „Nun sieh doch einmal die Tasse hier vor mir auf dem Tisch. Kannst Du vorhersagen, wo sich die in den nächsten 5 Sekunden befindet?“

W: (ahnt was S. vorhat): „Wenn du hier nicht eingreifst, steht die natürlich weiterhin an ihrem Platz. Als Physikerin würde ich sagen die Tischplatte steht senkrecht zur Schwerkraft, folgt damit einer Äquipotentialebene, so dass die Kraft nichts zur horizontalen Bewegung der Tasse beitragen kann. Eine vertikale Bewegung verhindert die Tischplatte, die genau die Schwerkraft durch eine Gegenkraft auf die Tasse ausgleicht – Actio und Reactio. Andere Kräfte sind nicht vorhanden.“

S: „Hm – Stehe ich denn außerhalb der Physik wenn ich die Tasse jetzt vom Tisch stoße?“

W: „Nein – natürlich nicht. Aber das wäre dann eher eine Frage an einen Psychologen. Als Physikerin habe ich keine Möglichkeit, deine Motive und Absichten vorherzusagen. Das entzieht sich vollkommen meiner Einsicht.“

S: „Das wäre dann aus deiner Sicht also echter Zufall und etwas Abruptes, Plötzliches, Sprunghaftes. Nachdem, was ich eben aus deinen Ausführungen verstanden habe, wäre das doch dann Gegenstand für die zweite Theorie, die Quantenmechanik.“

W (denkt 'Oh Gott') : „Jetzt wird's aber unphysikalisch. So darfst du das nicht sehen. All das – Bewusstsein, Intelligenz, Verhalten – ist nicht Gegenstand der Physik.“

S (denkt Hm, na gut. Aber vielleicht ist ja doch meine Ansicht nicht ganz falsch. Ich hatte anfangs verstanden, dass Wissenschaftler manchmal auch Sichtweisen ändern müssen.)

Die folgenden Ausführungen dürften für viele, die sich bisher noch nicht mit moderner Physik beschäftigt haben, nur schwer nachvollziehbar sein. In diesem Fall überfliegen sie die folgenden Zeilen bis zum Ende des Kapitels nur kurz und fahren sie dann mit dem nächsten Kapitel fort, in dem das Modell beschrieben wird.

Die Physik des Unphysikalischen

Was um alles in der Welt hat Bewusstsein und Intelligenz mit Physik zu tun? Vielleicht nichts oder nicht viel. Die meisten Physiker jedenfalls würden sofort den ersten der Begriffe als Gegenstand ihrer Wissenschaft ablehnen. Es gibt keinerlei objektiv messbares Kriterium, mit dem ich von außen direkt auf Bewusstsein schließen könnte. Und damit gibt es nicht einmal eine Definition, die physikalischen Anforderungen standhält. Mit Intelligenz tut man sich schon leichter, denn die zielt auf Verhalten ab und das kann beobachtet und gemessen werden. Aber eine echte Definition im naturwissenschaftlichen Sinne fehlt auch hier. Von objektiver Messbarkeit ist man konsequenterweise auch hier weit entfernt. Intelligenz gilt ebenso nicht als Gegenstand der Physik.

Es ist nicht etwa so, dass Physiker meinen, all dies habe nichts mit physikalischen Gesetzmäßigkeiten zu tun hätte. Das Gegenteil ist der Fall: Alle Erscheinungen des Universums lassen sich auf die Gesetze der Physik zurückführen. Und dazu zählen auch die genannten Phänomene [24]. Nur ist die intellektuelle Strecke vom Verhalten der Elementarteilchen und der Bewegung von Galaxien bis hin in die Hirne von Organismen sehr lang. Da ist eine enorme Komplexität zu bewältigen. Die Modelle der Physik sind schlichtweg unzureichend zur Beschreibung solcher Systeme. Da sind Chemie, Biologie, Medizin und Psychologie einfach näher dran und deren Modelle und Vokabular sind besser geeignet, Verhalten in ihrer jeweiligen Domäne zu beschreiben und verwertbare Schlüsse zu ziehen. In dieser langen Kette fehlt naturgemäß die direkte Durchgängigkeit der Begriffe und Inhalte. Die meisten Physiker würden schlichtweg bestreiten, dass so etwas wie eine Idee oder ein Erlebnis direkt physikalische Vorgänge beeinflussen oder gar Kräfte bewirken kann. Nur in umgekehrter Richtung sollen sich solche Konzepte aus dem Wirken der physikalischen Kräfte ergeben. Eine Idee ist danach immer die Wirkung, niemals eine Ursache. Unser gesunder Menschenverstand hebt da wieder zaghaft den Finger, unsicher, ob er einen Einwand wagen darf.

Zwischen Chemie und Physik gibt es große Überlappungen, in denen Chemiker auf physikalische Modelle zurückgreifen um etwa Fluoreszenz oder elektrische Eigenschaften chemischer Verbindungen zu erklären. Andererseits lassen sich schon kleinere Moleküle, mit denen die Chemie befasst ist, nicht mehr exakt und umfassend mit physikalischen Basismodellen beschreiben. Ein einfaches Wassermolekül wirft enorme mathe-

Perspektivenwechsel

An dieser Stelle können sie durchatmen. Die Ausführungen zum Modellansatz im letzten Kapitel waren für viele Leser sicher eine Zumutung, noch mehr als das vorangegangene Kapitel über die physikalischen Aspekte, die vordergründig in keiner naheliegenden Beziehung zu Bewusstsein und Intelligenz stehen. Dafür möchte ich mich in aller Form entschuldigen. Es war mir wichtig, auf diese Ebene hinabzusteigen um zu zeigen, dass es sich hier nicht um einen beliebig weichen Diskussionsstand zu einem philosophischen Thema handelt. Genauso wichtig war es nachzuweisen, dass das Modell für bewusstes Handeln bis hinein in die Physik anwendbar ist, weil ich es nur dort stichhaltig überprüfen kann. Es in seiner vollen Tiefe zu verstehen, ist dazu nicht notwendig. Es genügt, wenn sie sich durch Lektüre selbst nur weniger Zeilen daraus einen oberflächlichen Eindruck verschafft haben.

Viel wichtiger ist es, die Konsequenzen daraus zu erfassen. Das, was ich ihnen im Folgenden vermitteln möchte, abstrahiert vom vorgestellten Modell in all seinen mathematischen Details und setzt diese nicht voraus. Wichtig ist nur der Wechsel der Perspektive, die neue Sicht auf die Rollen von Bewusstsein und Realität, auf den Schwarm und seine Individuen, auf unsere innere Welt der Gedanken und die äußere Welt der Dinge, auf Quantenmechanik und Relativitätstheorie. Das ist die eigentliche Essenz aus all den mathematiklastigen Erörterungen. Das ist es, was dieses und später vielleicht einmal ähnliche Modelle zulassen und sogar zwingend voraussetzen. Daneben werde ich nur einige wenige Eigenschaften annehmen, die aber auch durch andere Untersuchungen und Erkenntnisse gestützt werden. Allein diese veränderte Sichtweise auf unsere Realität, von deren Richtigkeit ich zutiefst überzeugt bin, hat atemberaubende Konsequenzen.

Bisher habe ich mich darauf beschränkt, Fakten vorzustellen, offene Fragen zu formulieren, Zweifel zu nähren. Schließlich habe ich ein Modell vorgestellt, dass – wie bei einem Puzzle, dessen zunächst ungeordnete Teile plötzlich ein Bild ergeben – all die aufgeworfenen Punkte aufnimmt und zusammenfügt. Das Modell in sich ist schlüssig und funktioniert. Bis hierhin haben wir uns auf vergleichsweise sicherem Grund bewegt. Nun wird das Eis dünner.

Auf den Physiker und Nobelpreisträger von 1933, Erwin Schrödinger, geht ein Zitat zurück:

"...Wenn wir unser wahres Ziel nicht für immer aufgeben wollen, dann dürfte es nur den einen Ausweg aus dem Dilemma geben: dass einige von uns sich an die Zusammenschau von Tatsachen und Theorien wagen, auch wenn ihr Wissen teilweise aus zweiter Hand stammt und unvollständig ist – und sie Gefahr

laufen, sich lächerlich zu machen.

Soviel zu meiner Entschuldigung.

Dublin, 1944

Erwin Schrödinger“ [4]

Dies auch zu meiner Entlastung, verbunden mit der Bitte um Verständnis für einen Narren, der sich anmaßt, etwas zum wissenschaftlichen Verständnis der tiefen Zusammenhänge des Universums beitragen zu können.

Bevor ich die Folgen für unser Verständnis von Intelligenz und Bewusstsein und damit – wie wir gesehen haben – der Welt insgesamt schildere, fasse ich zunächst noch einmal zusammen, was wir im Laufe der Reise durch die verschiedenen Disziplinen gelernt haben und wo unser Modell hier Eigenschaften aufweist, die heute verfügbare Ansätze dort jeweils nicht bieten.

Von zentraler Bedeutung sind die beiden Sichtweisen, die im Grunde gleichwertig sind und den gleichen Sachverhalt beschreiben, einmal aus einer äußeren Perspektive und einmal aus Sicht einer im inneren verborgenen Welt. Das Modell ist fundamental selbstbezüglich. Schon die einfachsten Bausteine kennen diese beiden Sichten auf sich selbst. Selbstbezug ist hier etwas, das nicht erst durch Komplexität plötzlich entsteht. Beides sind Schlüssel zum tieferen Verständnis von Intelligenz und Bewusstsein.

Bei aller Verschiedenartigkeit gibt es Kriterien, die in allen hier besprochenen Wissenschaftsbereichen von Bedeutung sind. Diese lassen sich an wenigen Fragen festmachen:

- Spielt der Zufall eine zentrale Rolle oder darf das System Fehler machen?
- Kann das Modell mit Selbstbezug umgehen?
- Spielen Symmetrien eine zentrale Rolle?
- Ist strenge Logik die zentrale Basis für Vorhersagen?
- Ist der Beobachter Teil des Systems?
- Gibt es nur eine Richtung der Zeit?
- Ist das Modell durch Experiment streng im naturwissenschaftlichen Sinne überprüfbar?

Legende	Zufall	Selbstbezug	Symmetrien	Logik	Beobachter	Gerichtete Zeit	Überprüfbarkeit
Ja							
Nein							
Kaum							
KI : Agenten	■	■	■	■		■	■
Biologie : Schwärme	■		■	■		■	■
Medizin :Neurowissenschaft		■	■	■	■		■
Philosophie / Psychologie : Bewusstsein	■	■	■	■	■	■	■
Physik Allgemeine Relativitätstheorie	■	■	■	■	■	■	■
Physik Quantenmechanik	■	■	■	■	■		■
Modell	■	■	■	■	■	■	■

In diesem Sinne baut das vorgestellte Modell nun tatsächlich eine Brücke. Es weist alle diese Eigenschaften auf, die eine Rolle zu spielen scheinen als Voraussetzung für bewusstes Handeln. Zudem erfüllt es die wichtigste Anforderung an ein exaktes Modell: Es ist es sehr nahe an den grundlegenden physikalischen Theorien und damit prinzipiell beweisbar.

Alle Schlussfolgerungen fußen auf nur zwei Hypothesen, die an die Wurzeln unseres naturwissenschaftlichen Weltverständnisses greifen:

1. Unser Universum, so wie wir es erleben, befindet sich in einem Prozess, der dem Treffen einer Entscheidung entspricht. Im physikalischen Sinne ist damit der Messprozess der Quantenmechanik gemeint.

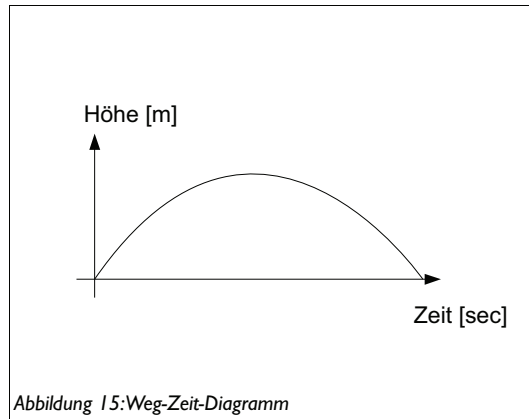
2. Der Entscheidungsprozess ist ein Zufallsprozess innerhalb eines Schwarms von Individuen. Im physikalischen Kontext werden wichtige Eigenschaften dieses Prozesses näherungsweise durch die Relativitätstheorie beschrieben.

Für den Laien klingt die erste Feststellung banal und wenig aufregend. Selbst Experimentalphysiker werden hierbei noch die Achseln zucken und sich fragen „Na und?“. Jeder theoretische Physiker aber, der sich intensiv mit den Fragen beschäftigt, die hier zur Debatte stehen, wird sich reflexartig abwenden, weil er von einer grundlegend anderen, wenn auch nicht ausdrücklich begründeten Vorstellung ausgeht, zu der die Wissenschaft schlicht keine Alternative sieht.

Die zweite Feststellung ist vor allem durch das Modell belegt. Es zeigt, dass es so sein kann und das Konzept tatsächlich exakt funktioniert. Manche Physiker werden

einwenden, das sei pure Spekulation und kein physikalisches Experiment würde dies belegen. Das aber ist so nicht richtig und wieder einmal eine Frage der Sichtweise auf vorliegende Fakten. Schon aufgrund der Unschärferelation führen einfache Elementarteilchen genau solche Sprünge aus, wenn ihr Aufenthaltsort unter sorgfältig abgeschirmten Laborbedingungen gemessen wird. Man muss also nur vorliegende Tatsachen unvoreingenommen akzeptieren, um einzuräumen, dass tatsächlich die Vorstellung eines sprunghaften Zufallsprozesses durch Experimente gestützt wird. Die allgemein beobachteten glatten Flugbahnen, wie etwa die der Planeten oder eines Geschosses, kommen erst im statistischen Mittel zustande. Nur diese Mittelwerte, die sehr viele sprunghafte Änderungen nivellieren, und der lenkende Einfluss des Schwarms werden durch die Gesetzmäßigkeiten der klassischen Physik beschrieben.

Noch viel folgenschwerer ist die Konsequenz für unser physikalisches Verständnis von Zeit. Im Modell ist Zeit eine Abfolge von Ereignissen, keinesfalls eine stetige Größe. All die gewohnten Darstellungen, in denen die Zeit einfach als geometrische Achse dargestellt wird, sind damit im Grunde falsch, weil sie suggerieren, dass ich mich in der Zeit genauso bewegen kann wie im Raum. Auch diese Feststellung ist natürlich durch Experimente belegt und sogar für jedermann offensichtlich:



Zeitreisen sind bis heute nur in Sciencefiction-Filmen möglich.⁴⁸ Zu behaupten, die Physiker hätten seit Jahrhunderten schon hier einen fundamentalen Fehler begangen, hätten ihre überragenden Erfolge mit mehr oder weniger genauen Näherungen erreicht, ist der zweite große Tabubruch, den es zu akzeptieren gilt⁴⁹.

Entscheiden sie selbst, ob sie in Kenntnis der Fakten die Hypothesen akzeptieren, oder zumindest deren Gültigkeit in Betracht ziehen wollen. Wenn sie zu dem Schluss kommen, dass die vorgetragenen Argumente jeder Grundlage entbehren, beenden sie die Lektüre am besten spätestens hier.

Die Folgerungen aus der vorgestellten Sichtweise klingen extrem und sind auf den ersten Blick sicher eine Zumutung für jeden naturwissenschaftlich vorgebildeten Leser und genauso für jeden Christen oder Muslimen mit religiösen Überzeugungen. Insbe-

48 Im Weg-Zeit-Diagramm etwa kann ich die Höhe der Kugel tatsächlich frei in beide Richtungen der senkrechten Achse verändern. Soweit ist die Realität korrekt dargestellt. Die Zeit darf aber in Wirklichkeit nur von links nach rechts laufen. Das lässt sich aus dem Diagramm nicht ablesen, das auch in umgekehrter Richtung funktioniert. Insofern ist diese Darstellung irreführend.

49 Vergleiche dazu auch [1]

sondere steht das Konzept von Bewusstsein hier im klaren Widerspruch zum Begriff der Seele in den beiden genannten Glaubensbekenntnissen. Ich möchte hier anmerken, dass es durchaus Religionen gibt, die zu der Vorstellung eines einzigen Bewusstseins, wie es hier postuliert wird, passen. Etwa spricht die Advaita-Vedanta-Philosophie im Hinduismus von Brahman, der Weltenseele, die eins ist mit Atman, der individuellen Seele und erklärt zum höchsten Ziel eines Menschen, diese Einheit zu verstehen und vollständig zu akzeptieren. Ich habe lange über Formulierungen nachgedacht, die näher am Vertrauten liegen, um unnötige Konflikte und Ablehnung beim Leser zu vermeiden. Letztendlich halte ich es aber für besser, die Folgerungen aus der geschilderten Sichtweise unmissverständlich zu vermitteln und konsequent zu Ende zu denken.

Ein Bild der Welt

Zunächst will ich holzschnittartig das Bild einer Welt zeichnen, das im Einklang mit meinem Modell steht. Es muss nicht das einzig mögliche sein, aber es ist eines, das zusätzlich durch Erkenntnisse und Einschätzungen in benachbarten Wissenschaften gestützt wird. Genauso, und das gerade macht es zu einem vielversprechenden Kandidaten, steht das Modell im Einklang mit den physikalischen Teildisziplinen. Nicht im Einklang damit stehen die in der westlichen Welt gängigen Bilder von Bewusstsein, Intelligenz, Individualität, Seele, Universum, Realität, die von der Physik bis hin in die großen Religionen verbreitet werden. Es mag unglaublich erscheinen, dass etwas so Banales wie „Drehende Würfel“, die anscheinend nur wenige Erscheinungen in extrem kleinen Dimensionen betreffen, und zudem eigentlich eine Software-Architektur beschreiben, solch immense Auswirkungen auf unser Verständnis der Welt haben können. Darauf werde ich später noch eingehen.

Die Welt um uns herum, wie unsere Sinne sie aufnehmen, zeigt nur die Wirkungen von Vorgängen im Universum, die ihrerseits keinen bestimmten Ort darin haben. Im platonischen Sinne sind dies in der Tat nur die Schatten einer anderen Realität. Nur diese Abbilder haben manchmal einen mehr oder weniger genau bestimmbareren Ort, nicht dagegen deren Ursachen. Wie das zu verstehen ist, lässt sich recht einfach vermitteln: Jedes Kind weiß, dass die Figuren auf einem Fernsehschirm nur Bilder sind. Die Ursachen dafür, dass sich dort etwas bewegt, sich eine Geschichte abspielt, liegen nicht auf dem Schirm, nicht innerhalb des Gerätes, möglicherweise nicht einmal in einem einzelnen Land. Im muss sehr weit ausholen, um alle Ursachen dafür zu bezeichnen. Dazu zählen unter vielen anderen etwa Drehbuchautor, Regisseur, Schauspieler, Techniker und die Technik an sich, Funkwellen, Wissenschaftler, die die Technik erst möglich gemacht haben und so fort. All diese Ursachen sind vermutlich über die ganze Welt verstreut. Ich habe also eine räumlich genau begrenzte Wirkung, deren Ursache alles

andere als eng eingrenzbar ist.⁵⁰

Ursache für jede Veränderung, jede Entscheidung, jedes Ereignis ist grundsätzlich immer der Zustand des gesamten Universum. Trotzdem kann ich darin Strukturen aufdecken, die in gewissem Sinne eigenständig agieren. So wie ich einem Wellenmuster am Strand keinen bestimmten Ort zuordnen kann, sind diese Strukturen über den gesamten Raum quasi verschmiert. Nur das, was sie bewirken, ihre Schatten also, nehme ich manchmal an einem bestimmten Ort innerhalb meiner Realität wahr. Das, was wir gemeinhin mit Bewusstsein meinen, entspringt solchen Strukturen, Mustern oder Symmetrien. Nur das, was bewusstes Handeln bewirkt, nehmen wir über unsere Sinne wahr. Auch unser menschlicher Körper und das, was wir tun, sind nur Schatten einer oder mehrerer solcher Symmetrien, solcher Muster.

Jede dieser Strukturen handelt und verändert grundsätzlich zufällig ihren Zustand, besitzt damit so etwas wie einen freien Willen. Das Universum manipuliert „nur“ den Würfel, beeinflusst also die Wahrscheinlichkeit, mit der bestimmte Entscheidungen getroffen oder eben nicht getroffen werden. Gleichzeitig sorgt es dafür, dass überhaupt etwas passiert. Dieser Einfluss und Antrieb ist es vielleicht, den wir als Seele bezeichnen, und der im Kern unser „Ich“ auszumachen scheint, der uns unauffällig lenkt und nicht ruhen lässt.

Alles hängt mit Allem eng zusammen. Jede Entscheidung einer solchen Struktur ändert den Zustand des Universums insgesamt, dessen Teil sie ja ist. Und dieser Zustand wiederum verändert im Folgenden die wahrscheinlichen Entscheidungen aller solcher Strukturen. Das Universum strebt dabei einem Gleichgewicht zu. Wie letzteres aussieht, ist wiederum abhängig von seinem eigenen Zustand, so dass sich das Ziel der Reise ständig verändert.

Der Tod bedeutet schlicht die Auflösung einer Struktur. Das Muster schwindet dahin, der Schatten seiner Wirkung verschwindet vielleicht schneller oder langsamer als es selbst. Eine individuelle Seele kann es nicht geben. Dagegen spricht auch, dass Strukturen und damit Bewusstsein nicht klar umrissen sind. Ein bestimmtes Muster kann innerhalb eines oder sogar mehrerer größerer Muster existieren. Individuen können ein Muster durchfließen, so wie Moleküle eine Flamme durchströmen, die trotz ständigem Austausch eine feste Gestalt behält.

Dass die Bahn eines geworfenen Steins keine Überraschungen bietet, legt den Schluss nahe, dass hier eine ungeheure Vielzahl von Einflüssen den Zufall im Ergebnis ausmerzen. Umgekehrt bedeutet dies, dass die freien, sprunghaften Entscheidungen eines intelligenten Wesens offenbar nur vergleichsweise wenigen Einflüssen solcher

50 Der Vergleich mit räumlichen Mustern ist wieder nur grob und kann im Detail irreführend sein, weil ein Raumbegriff sich im Modell nur sehr indirekt und nicht eindeutig ergibt.

Strukturen unterliegen.

Welche Realität wahrgenommen wird, hängt von einer inneren Welt ab. Im einfachsten Fall bedeutet dies, dass eine Biene die Welt anders wahrnimmt als ein Vogel, und dieser wiederum eine andere Vorstellung von Realität hat als wir Menschen. Die innere Welt ist immer ein Spiegel der äußeren Einflüsse, denen ein Individuum unterworfen ist, und diese wiederum werden durch die Sinne übermittelt. Diese Eigenschaft, die im Modell angelegt ist, ist nicht überraschend und auch aus anderen Blickwinkeln leicht nachvollziehbar.

Das Modell bietet aber noch eine viel fundamentalere Handhabe. Es gibt darin diese merkwürdige Perspektive, die in der klassischen Theorie nicht vorkommt und die ich brauche, um das klassische Modell der Quantenmechanik abzuleiten. Ich hatte diese ursprünglich als zwar beliebig angesehen, aber sobald zum Beginn des Messprozesses eine Wahl getroffen war, hatte sie danach als unveränderlich betrachtet. Das muss aber nicht so sein, denn es gibt keine sachliche Begründung dafür, dass dies über die Messung eines einzelnen Partikel hinaus gilt. Wenn auch die Perspektive, wie der Name vielleicht dem einen oder anderen schon suggeriert hat, abhängig vom Beobachter unterschiedliche Werte annehmen kann, dann gibt es möglicherweise noch andere Realitäten, die so grundverschieden sind, dass Wesen, die in der einen davon leben, fast keine Möglichkeit haben, Ereignisse wahrzunehmen, die in der anderen von Bedeutung sind. Hier greift das Vereinfachungsprinzip im Modell, das nur sagt, dass die Welt zu vereinfachen ist, um Wahrnehmung zu ermöglichen, aber nicht, wie genau das zu geschehen hat. Es gibt vier dieser Perspektiven, die mathematisch herausgehoben sind. Aber auch viele andere sind grundsätzlich denkbar, wenn auch diese den Raum sozusagen „ausdünnen“ würden.

Das Folgende erinnert noch mehr als in den vorhergehenden Abschnitten dieses Kapitels eher an Sciencefiction als an Wissenschaft. Ich will trotzdem diesen spekulativen Weg beschreiten um zu zeigen, welche Türen ein solches Modell öffnet, welche Fragen sich damit stellen und vielleicht einmal beantworten lassen. Gehen wir der Einfachheit halber von vier möglichen Realitäten aus, die durch diese vier exponierten Perspektiven gegeben sind. Selbst so fundamental scheinende Sachverhalte wie räumliche Nähe können nun völlig verschiedene Bedeutungen haben. Und die Unterschiede gehen weit über das hinaus, was die Relativitätstheorie über Längen- und Zeitverschiebung aussagt. Dabei ist das Prinzip dahinter wieder einfach zu verstehen. Wenn ich etwa meinen Daumen bei ausgestrecktem Arm und einem geschlossenen Auge über den Vollmond am Himmel lege, dann nehmen Daumen und Mond für mich den selben Ort ein. Wenn nun jemand anderes die Szene von der Seite, also aus einer anderen Perspektive, beobachtet, stellt sich für ihn natürlich die Situation so dar, dass Daumen und Mond ungeheuer weit voneinander entfernt sind. Der Vergleich ist nur grob und

im Detail vielleicht irreführend, wenn man den Gedanken zu weit spinnt, gibt aber einen Eindruck des dahinter liegenden mathematischen Prinzips.

Nehmen wir einmal an, zwei Wesen A und B leben in zwei unterschiedlichen Realitäten dieser Art. Trotzdem teilen sie natürlich das gleiche Universum im Sinne des Modells. Jede dieser Welten wird in sich nach den gleichen Regeln funktionieren, die gleichen Kräfte und Naturgesetze kennen und damit vermutlich ähnlich aussehen. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die vollständige Sicht auf das Universum 8 Dimensionen umfasst und wir nur durch Vereinfachung auf 4 und schließlich auf 3 herunterkommen, die dann eine Realität oder Welt ausmachen. Vermutlich würden sich derart fundamental unterschiedliche Wesen nicht einmal gegenseitig wahrnehmen können. Wenn A an einem bestimmten Ort eine Wirkung entfaltet, etwa einen Nagel in eine Wand schlägt, dann ist dieser Ort für B über dessen gesamte Realität „verschmiert“. Seine Welt hätte sich damit insgesamt in dem gleichen Maße verändert wie die von A, nur könnte B selbst durch eine noch so genaue Messung wohl den Unterschied nicht ausmachen. Selbst wenn etwa in der Welt von A ein Stern explodiert, dann würde dieses katastrophale Ereignis bei B fast keine lokal bedeutenden Vorgänge hervorrufen. Möglicherweise würde B an vielen Stellen seiner Welt merkwürdige Veränderungen nachweisen können, dessen Ursachen er sich kaum erklären kann, die bei näherer Betrachtung jedes einzelnen Vorfalls aber sehr wohl mit seinen Naturgesetzen in Einklang stehen würden. Der Begriff „Realität“ ist damit an Beliebigkeit kaum zu übertreffen.

Definitionen und Folgerungen

Wie versprochen, gehe ich nun einige Schritte zurück und vermittele ihnen einige der Gründe, die zu dem vorangegangenen Bild führen. Im Sinne des Modells kann Bewusstsein keine herausragende Eigenschaft sein. Es ist nicht Ergebnis einer Evolution, sondern im gesamten Universum allgegenwärtig. Das macht eine allgemeine Definition nicht leichter. Der folgende Ansatz klingt daher auch auf den ersten Blick unbefriedigend und irgendwie unfertig:

Bewusstsein ist eine Erscheinung, die durch das vorgestellte Modell beschrieben wird.

Auf den zweiten Blick ist diese Beschreibung dann doch nicht so überraschend. Die Tabelle oben zeigt ja anhand einiger Kriterien auf, dass das Modell an sich Eigenschaften besitzt, die ich auch dem Wirken von Bewusstsein unterstelle. Die Definition klingt vielleicht zunächst belanglos, hat aber weitreichende Konsequenzen.

Die logische Kette sieht nun wohl so aus: Aus meinem Modell ergibt sich das Standardmodell der Quantenmechanik. Genauso scheint evident, dass sich die Allgemeine

Glossar

Abbildung – ist in der Mathematik ein Begriff für die Zuordnung von Elementen einer Menge zu Elementen einer anderen Menge. Wenn ich beispielsweise meine Bücher durchnummeriere, dann ist das eine Abbildung aus der Menge der Natürlichen Zahlen in die Menge meiner Bücher. Aus der Schule kennen viele noch den Begriff der Funktion: Das ist eine solche Abbildung – meist zwischen reellen Zahlen.

Agent – Speziell Software Agenten sind eigenständige Programme, die unabhängig voneinander an einem gemeinsamen Ziel arbeiten. Vergleichbar ist das mit der Situation, dass viele Autoren von zu Hause aus unabhängig Beiträge zu einem gemeinsamen Buch schreiben. Dazu müssen natürlich die Ziele klar vorgegeben sein. Etwa „Es soll ein spannender Krimi im Raum Nordeifel werden“ und eine grob umrissene Geschichte. Alle Autoren müssen dann ständig die Ergebnisse der anderen einsehen können, damit daraus ein homogenes Werk entstehen kann. Der Ort, an dem jeder seine Ergebnisse laufend bekannt macht, und den jeder jederzeit einsehen kann, ist dann das **Schwarze Brett**. Man unterscheidet **kognitive und reaktive Agenten**. Nur erstere verfügen über ein eigenes Gedächtnis, in dem sie Fakten oder Teilergeb-

nisse für den eigenen Gebrauch abspeichern können. Reaktive Agenten können nur extern schreiben und lesen.

Algebra – ist in der Mathematik eine Menge, deren Elemente ich addieren und multiplizieren kann. Die ganzen Zahlen sind zum Beispiel eine solche Algebra. Allgemein sind aber komplexere Gebilde gemeint, deren Elemente keine herkömmlichen Zahlen sind.

Allgemeine Relativitätstheorie- abgekürzt **ART** wurde 1916 von Albert Einstein veröffentlicht und beschreibt Vorgänge im Universum unter Einwirkung der Schwerkraft.

Auslese – bezeichnet einen Vorgang bei der Evolution, der dafür sorgt, dass erfolgreiche Varianten von Tieren oder Pflanzen an die Nachkommen weitergegeben werden und negative Veränderungen aussterben.

Bewusstsein – Eine von vielen Definitionen ist diese aus Sicht der KI: Ein System verfügt über Bewusstsein, wenn es selbstständig aufgrund von Informationen aus dem Umfeld fähig ist, sich zwischen verschiedenen Verhaltensmöglichkeiten zu entscheiden, bevor eine davon umgesetzt wird. Voraussetzung für den Entscheidungsprozess ist, dass das System einen Ausschnitt aus der Wirklichkeit über seine Sinne wahrnimmt und sich daraus ein Bild dieser Welt konstruiert, das das System selbst enthält. Umgangssprachlich schlägt

sich das in der Formulierung „sich seiner selbst bewusst sein“ nieder (Hofstadter, Dennet). In diesem Modell wird die Auswahl getroffen, das heißt eine der möglichen Verhaltensweisen wird bestimmt, bevor diese dann realiter umgesetzt wird. Bewusstsein ermöglicht damit vorausschauendes Denken.

Byte – ist vergleichbar mit einem Buchstaben und bezeichnet in der Informatik eine Informationseinheit. Ein Byte kann 256 verschiedene Symbole ausdrücken oder die Zahlen von 0 bis 255. Ein Byte besteht aus **8 Bit**. Ein Bit ist die kleinste Informationseinheit, die nur zwei Zustände kennt, nämlich 0 und 1 .

Effektor – nennt man ein Teilsystem, das es einem Agenten ermöglicht, seine Umgebung zu verändern. Bei Menschen kann man dazu die gesamte Motorik zählen: Körper, Arme, Beine, auch Sprechen.

Emergenz – beschreibt die Herausbildung von Strukturen im Großen aus Eigenschaften der kleinen Bestandteile eines Systems. Zum Beispiel ergibt sich die Form eines Kristalls aus Symmetrien der Moleküle, aus denen er besteht.

Evolution – bezeichnet die Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung des Lebens auf der Erde. Maßgebliche Einflüsse werden dem Zufall und der Auslese zugeschrieben.

Hardware – abgekürzt **HW** – be-

zeichnet an einem Computer all das, was anfassbar ist, also die harte Substanz. Etwa Gehäuse, Lüfter, Prozessor, Speichermodule, DVD-Laufwerk gehören zur Hardware. Im Gegensatz dazu bezeichnet Software die weiche Ware – die Logik.

Hexadezimal – In der Informatik ist unser normales Dezimalsystem unpraktisch, da es nicht zu den hier üblichen Bits und Bytes passt. Statt der üblichen 10 Ziffern 0 – 9 kennt das hexadezimale System 16 Ziffern 0 – 9, A, B, C, D, E, F . Jede Ziffer kann durch 4 Bit, also ein halbes Byte ausgedrückt werden. Hier steht dann etwa B für eine „Ziffer“ 11 und E für die 14. Eine hexadezimale Zahl „EB“ zum Beispiel steht dann für ein Byte und bezeichnet die dezimale Zahl $14 * 16 + 11 = 235$.

Intelligenz – ist die Fähigkeit, Aufgaben zu lösen, neue Situationen zu meistern. Intelligenz meint Problemlösungsverhalten, Kreativität. Intelligenz ist Voraussetzung für Bewusstsein, beschreibt Bewusstsein aber eher aus Sicht der messbaren Verhaltensweisen.

Künstliche Intelligenz – abgekürzt **KI** – ist der Teilbereich der Informatik, der sich mit der Simulation intelligenten Verhaltens in Computersystemen befasst.

Linguistik – ist die Wissenschaft von Sprache. Sie befasst sich unter anderem mit dem automatisierten Sprachverständnis, Sprachausgabe,

Übersetzung.

Lorentz-Transformation – ist eine **Transformation** in der 4-dimensionalen Raumzeit, grob vergleichbar mit einer Drehung im 3-dimensionalen Raum.

Mainframe – Großrechner, die heute nur noch in einer von IBM entwickelten Bauart existieren.

Morphogenese – Die Gestaltbildung beschreibt die Entwicklung der Formen in der Evolution unter dem Einfluss von Umweltbedingungen.

Neuron – Damit ist eine Nervenzelle gemeint.

Quantenmechanik – abgekürzt **QM** – beschreibt die physikalischen Vorgänge auf kleinsten Maßstäben.

Realität – meint die Art, wie wir unsere Umgebung über unsere Sinnesorgane wahrnehmen. In der Physik wird diese Art der erlebten Realität durch die Relativitätstheorie beschrieben.

Robotik – ist die Wissenschaft von automatisierten Systemen, die selbständig ohne menschliche Steuerung Aufgaben erfüllen können.

Sensor – nennt man ein Teilsystem, das Signale aus der Umgebung aufnimmt und nutzbar macht. Beim Menschen sind das Riechen, Hören, Sehen, Tasten, Schmecken.

Selbstbezug – bezeichnet die Eigenschaft eines Systems, ein Modell sei-

ner selbst zu besitzen und seine Aktionen nicht nur auf seine Umgebung, sondern auch auf sich selbst anwenden zu können. Selbstbezug gilt als unabdingbare Voraussetzung für Planung und für Bewusstsein.

Schwarm – ist eine Menge von Individuen, die gemeinsam mehr oder weniger koordiniert handeln.

Schwarzes Brett – bezeichnet in der KI das Gedächtnis für einen Schwarm von Software-Agenten.

Software – **abgekürzt SW** – bezeichnet ein Dokument, das Anweisungen an einen Rechner enthält, die dieser auszuführen hat. Ein solches elektronisches Dokument bezeichnet man als **Programm**. Software enthält die Logik – in gewissem Sinne die weichen, nicht anfassbaren Teile eines Computers.

Symmetrie – ist die Eigenschaft eines Objekts, sein Erscheinungsbild bei einer bestimmten Transformation zu behalten. Typische Transformationen sind Spiegelung und Drehung. Eine Kugel beispielsweise bleibt unter diesen beiden Abbildungen eine Kugel. Als sehr allgemeine Eigenschaft wird der Begriff hier oft als Synonym für irgendeine erkennbare Struktur gebraucht.

Torus – ist eine geometrische Form vergleichbar mit einem Schwimmreifen.

Transformation – meint hier eine Umrechnungsvorschrift, die etwa

Punkte und Objekte im Raum um eine Achse und einen bestimmten Winkel drehen oder an einer vorgegebenen Ebene spiegeln. Damit können auch komplexere Vorschriften gemeint sein, die Raum- und Zeitkoordinaten gemeinsam einer Drehung unterziehen.

Überlagerungszustand – oder **Superposition** bezeichnet eine spezielle Eigenschaft in der Quantenmechanik, die bei den kleinsten Teilchen im Laborversuch nachweisbar ist. Solche quantenhaften Teilchen können mehrere sich eigentlich widersprechende Eigenschaften gleichzeitig haben. So kann ein Elektron etwa an mehreren Orten gleichzeitig sein, oder gleichzeitig sowohl links herum also auch rechts herum rotieren. Erst eine Messung beendet diese Überlagerung und führt zu einem eindeutigen Ergebnis.

Universum – meint die Gesamtheit aller Dinge. Meistens ist damit der Weltraum gemeint, aus physikalischer Sicht das Konstrukt der Raumzeit.

Zufall – unterliegt Experimenten, deren Ergebnis nicht vorhersagbar ist. Zufall kann durch Wahrscheinlichkeiten beschrieben werden, die oft als Prozentwerte angegeben sind. Der Prozentwert gibt für jedes mögliche Ergebnis an, in wie vielen Fällen bei wiederholter Ausführung genau dieses Ereignis im Durchschnitt auftritt.

Literaturverzeichnis

- 1: Cahill, Reginald Thomas, Process Physics: Self-Referential Information and Experiential Reality, October 2005
- 2: Caticha, Ariel, Towards a Statistical Geometroynamics, arXiv 16 Jan 2003
- 3: Couzin, ID; Krause, J; James, R; Ruxton, GD; Franks, NR, Collective memory and spatial sorting in animal groups, Journal of Theoretical Biology 2002
- 4: Ernst Peter Fischer, Erwin Schrödinger – Was ist Leben?, Piper Verlag GmbH, München 1987
- 5: Fredkin, E., An Introduction to Digital Philosophy, Int. J. Theor. Phys. 2003
- 6: Fredkin, E., Finite Nature, Proceedings of the XXVIIth Rencontre de Moriond 1992
- 7: Fredkin, E., Five big questions with pretty simple answers, IBM J. Res. & Dev. January 2004
- 8: Genreith, Siegfried, Expertensysteme - Entscheidungsgrundlage für das Management, Gabler, Wiesbaden 1991
- 9: Genreith, Siegfried, Dual Reality, Mai 2009, <http://bzus.de/DualReality.pdf>
- 10: Genreith, Siegfried, Operational Patterns in Quantum States, November 2008, http://bzus.de/Genl_Algebra.pdf
- 11: Gödel, Kurt, Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme, I. Monatshefte für Mathematik und Physik 1931
- 12: Greene, Brian, The Fabric of the Cosmos, , 2004
- 13: Hameroff, S.R., Quantum Choerence in Microtubules: a neural basis for emergent consciousness?, Journal of Consciousness Studies 1994
- 14: Hameroff, Stuart and Penrose, Roger, Conscious Events as Orchestrated Space-Time Selections, Journal of Consciousness Studies 1996
- 15: Hameroff, Stuart M.D., Overview: Could Life And Consciousness Be Related To The Fundamental Quantum Nature Of The Universe?, Dezember 2008, <http://www.quantumconsciousness.org/overview.html>
- 16: Heisenberg, Werner, Der Teil und das Ganze - Gespräche im Umkreis der Atomphysik, dtv-Verlag, München 1976
- 17: Hofstadter, Douglas R. , Gödel, Escher, Bach. Ein Endloses Geflochtenes Band, Klett Cotta Verlag, 1985
- 18: Joos, E. / Zeh, H.D. / Kiefer, C. / Giulini, D. / Kupsch, J. / Stamatescu, I.-O., Decoherence and the Appearance of a Classical World in Quantum Theory, Springer, Berlin Heidelberg New York 2003
- 19: Penrose R., Hameroff S. et al, What gaps? Reply to Grush an Churchland., Journal of Consciousness Studies 1995
- 20: Penrose, Roger, The Road to Reality, Vintage Random House, London 2005
- 21: Penrose, Roger, shadows of the mind, Vintage Books, London 1994
- 22: Penrose, Roger, The Emperor's New Mind, Oxford University Press, 1989
- 23: Platon; Timaios, Platon, Werke VII, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1972
- 24: Popp, Fritz-Albert, Bewusstsein als Eigenschaft kohärenter Zustände, Grenzgebiete der Wissenschaft 2002
- 25: Reiner, Irving, Maximal Orders, Oxford University Press, London New York San Francisco

1975

26: Schröder, Ulrich E., Gravitation, Verlag Harry Deutsch, Grärfstraße 47, D60486 Frankfurt am Main 2006

27: Schweizer, Frank; Zimmermann, Jörg, Communication and Self-Organization in Complex Systems: A Basic Approach, Advances in Spatial Sciences 2001

28: Sheldrake, Rupert, Der siebte Sinn der Tiere, Scherz Verlag, 1999

29: Sowa, John F., Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine, Systems Programming Series Juli 1983

30: Turing, Alan, Computing Machinery and Intelligence, Mind October 1950

31: van der Waerden, B.L., Algebra II, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 1967

32: Wikimedia Deutschland, Künstliche Intelligenz, 2011,

http://de.wikipedia.org/wiki/Künstliche_Intelligenz

33: Wikimedia Deutschland, Bewusstsein, 2011,

http://de.wikipedia.org/wiki/Künstliche_Intelligenz

34: , ibm_katzensprung_in_richtung_gehirn_computer, 2011,

http://www.tecchannel.de/pc_mobile/news/2023887/ibm_katzensprung_in_richtung_gehirn_computer/

Stichwortverzeichnis

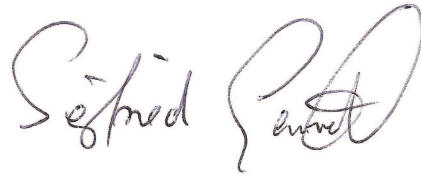
Absicht.....	2f., 27ff., 35, 38, 49, 51, 66, 88, 90, 95
Agent.....	Aff., Vff., 29, 43, 75f., 81, 89, 95
Aktor.....	23ff., 37, 68, 77f.
Algebra.....	A, IVff., 68, 72
Architektur.....	I, 4, 14, 83, 95f.
Bewusstsein.....	Aff., I I, I 6f., 26, 30, 32ff., 37ff., 49ff., 65ff., 73, 79ff., 83f., 86f., 89ff., 96ff.
Biologie.....	III f., 8, 17, 19, 22, 29, 50f., 81, 92, 94
Chemie.....	8, 22, 39, 50f.
Computer.....	I ff., 6, 21, 49, 75, 95f.
Einstein.....	Af., 48, 52ff., 60, 62
Emergenz.....	Bf., 5, 22, 26, 28f.
Entscheidung.....	Af., E, 7, 9f., I 3f., 17, 24, 27, 29, 40f., 59, 76, 81, 84, 90f., 95, 97
Erlebnis.....	III, 35, 44, 50, 98
Erscheinung.....	II f., 30, 35, 38ff., 50, 52, 55f., 64, 73, 83, 86f.
Evolution.....	Aff., 26ff., 5 I f., 86, 94
Expertensystem.....	I ff.
Gedächtnis.....	A, C, 6ff., I 0f., I 4, 26f., 33f., 42f., 92, 95
Gehirn.....	I, 5, 8, 27, 29, 32ff., 39ff., 52, 66f.
Gravitation.....	F, 28, 54f., 58, 6 I ff., 88ff.
Intelligenz.....	I ff., I I, I 6f., 33ff., 39f., 42f., 49ff., 65, 67, 79f., 83, 89, 95ff.
Komplexität.....	Af., Df., I 4, 20, 22f., 26, 29, 43, 45, 50f., 57f., 66, 69, 72ff., 80, 88, 9 I f., 94, 96
Künstliche Intelligenz.....	Aff., I 0, 29, 42, 75, 81
Linguistik.....	I f.
Logik.....	Bf., I I, I 5, 42f., 45, 66, 68, 72, 80f., 88, 93, 95
Mathematik.....	A, 3ff., I 5, I 8, 42f., 45, 47, 5 I, 68, 72, 97
Matrix.....	V, 69ff., 73f.
Medizin.....	III, 3 I ff., 50, 67f., 81
Methode.....	I, 4f., 32, 40, 5 I, 58, 77
Modell.....	Aff., I 0, I 7f., 2 I, 26, 28ff., 34, 42f., 45, 48ff., 60ff., 72ff., 85ff., 98
Morphogenese.....	C
Naturwissenschaft.....	II f., I 5, I 7, 32, 35, 38ff., 43, 50f., 80ff., 96f.
Netz.....	I, 3ff., I 3f., 39, 42, 96
Neuron.....	I, C, 8, I 3f., 27, 29, 35, 42, 66f.
Optimierung.....	2, 6, 8ff., 22f., 29, 76f.
Penrose.....	3, E, 52, 64, 95
Philosophie.....	I ff., 37, 39, 43, 57, 67f., 79, 81, 9 I f., 97
Physik.....	Cff., 8, I 8, 22, 24, 28f., 38, 43f., 47ff., 55, 57, 59, 6 I, 65ff., 73f., 79, 8 I ff., 87ff., 96ff.

Platon.....	E, 38f., 91
Programm.....	A, Cf., F, 10ff., 21, 43, 68, 95
Prozess.....	Bf., 12, 24, 29, 40f., 51, 57f., 61f., 64, 75ff., 81, 89ff., 95, 98
Psychologie.....	Iff., 35, 37, 40, 50f., 81, 91
Quantenmechanik.....	Cf., 42f., 48f., 52, 55ff., 68f., 71ff., 79, 81, 85f., 88ff., 92ff., 96f.
Realität.....	IIff., 38, 43f., 56f., 61f., 64, 75f., 79, 83ff., 90, 92f., 97
Regel.....	I, 3f., 7f., 13, 22, 24f., 37, 43, 48f., 51, 61, 63f., 69, 71, 73, 86, 89, 93f., 97
Relativität.....	A, C, 38, 48, 52ff., 60, 62, 65f., 68, 77ff., 81, 85, 87, 89f., 93
Relativitätstheorie.....	A, 52ff., 60, 62ff.
Roboter.....	I, Cf., 6f.
Schwarm.....	III, Vff., 21f., 24ff., 29f., 51, 65ff., 71f., 75ff., 79, 81f., 87ff., 94f.
Schwarzes Brett.....	C, Vf.
Schwerkraft.....	A, 24, 49, 53ff., 90
Selbstbezug.....	III, 5, 11, 14f., 26, 34f., 39, 43, 66, 68, 80f., 87, 89, 96
Sensor.....	C, V, 35
Simulation.....	B, 4ff., 13, 22, 25, 29, 35, 49, 68, 75f., 89, 95
Staat.....	22f., 25ff., 66
Symmetrie.....	Iff., V, 22ff., 42ff., 53, 62ff., 66, 68ff., 73f., 80f., 84, 88, 93
System.....	Aff., 8, 10f., 14, 17, 19, 29, 35, 42, 50, 56ff., 63, 72, 74f., 80, 87ff., 94ff.
Überlagerung.....	D, 59ff., 71, 77, 88, 96
Umgebung.....	Bf., 6ff., 13f., 22ff., 28, 33, 40, 42, 55, 61, 66, 90, 94
Umwelt.....	C, 23f., 27f., 38f., 94
Universum.....	A, D, 17, 23, 28, 38, 47, 50, 52ff., 61f., 64, 80f., 83f., 86ff., 92ff., 98
Vereinfachungsprinzip.....	II, IV, 72ff., 85ff.
Verfahren.....	II, 4, 42, 76
Wahrnehmung.....	6f., 22, 25, 32ff., 38, 40, 42, 85, 92f.
Weltbild.....	IIIff., 38, 52, 83
Widerspruch.....	Iff., 15, 62, 64f., 83, 98
Wissenschaft.....	Iff., E, 8, 15, 17, 21, 32f., 35, 38ff., 43, 47, 49ff., 65, 67, 80ff., 85, 96f.
Wohlfühlpotential.....	23f., 28
Würfel.....	IVf., 43, 68ff., 83f.
Zahl.....	Af., 9, 12, 14f., 38, 43, 45, 57f., 66ff., 72, 74f., 91, 93
Zeit.....	Iff., 7, 19, 21ff., 27, 32ff., 37f., 41ff., 52ff., 60ff., 65ff., 74, 76f., 80ff., 85, 88, 93ff.
Ziel.....	Af., 5, 7, 10, 19, 67, 79, 83f., 95
Zufall.....	Bff., 7, 9f., 12, 17, 19, 25ff., 40f., 47ff., 52, 54, 57ff., 65f., 70, 75ff., 80ff., 84, 90f., 93, 95
Zusammenhang.....	IV, 16f., 19, 22, 28, 32, 34f., 47, 52f., 61, 63, 65, 73, 77f., 80, 88f., 92, 97

Notizen

Wenn ihnen das Buch gefallen hat, empfehlen sie es bitte Anderen. Sollte es ihnen nicht gefallen haben, sagen sie es bitte mir.

Ich bin interessiert an Anregungen und jeder konstruktiven Kritik.

A handwritten signature in black ink, consisting of the name 'Siegfried' followed by a large, stylized 'P' and the name 'Peter' written in a cursive script.

E-Mail info@bzus.de

Internet <http://www.bzus.de>

Bewusstsein, Zeit und Symmetrien sind Faktoren, die intelligentes Handeln prägen. Das Phänomen des Bewusstseins zählt zu den größten ungelösten Fragen von Philosophie und Naturwissenschaft überhaupt. Keine der heutigen Wissenschaften wird alleine für sich in der Lage sein, ein umfassendes Modell zur Erklärung zu entwickeln. Ich nehme Sie mit auf eine interdisziplinäre Reise, erkläre Fakten, den heutigen Stand der Erkenntnis zu intelligentem Handeln und Bewusstsein, weise auf offene Fragen hin. Und ich führe Sie an ein Modell für bewusstes Handeln heran, das eine verblüffende Lösung bietet für ein fundamentales Rätsel der Physik.

"...Wenn wir unser wahres Ziel nicht für immer aufgeben wollen, dann dürfte es nur den einen Ausweg aus dem Dilemma geben: dass einige von uns sich an die Zusammenschau von Tatsachen und Theorien wagen, auch wenn ihr Wissen teilweise aus zweiter Hand stammt und unvollständig ist - und sie Gefahr laufen, sich lächerlich zu machen.

Soviel zu meiner Entschuldigung.

Dublin, 1944

Erwin Schrödinger“