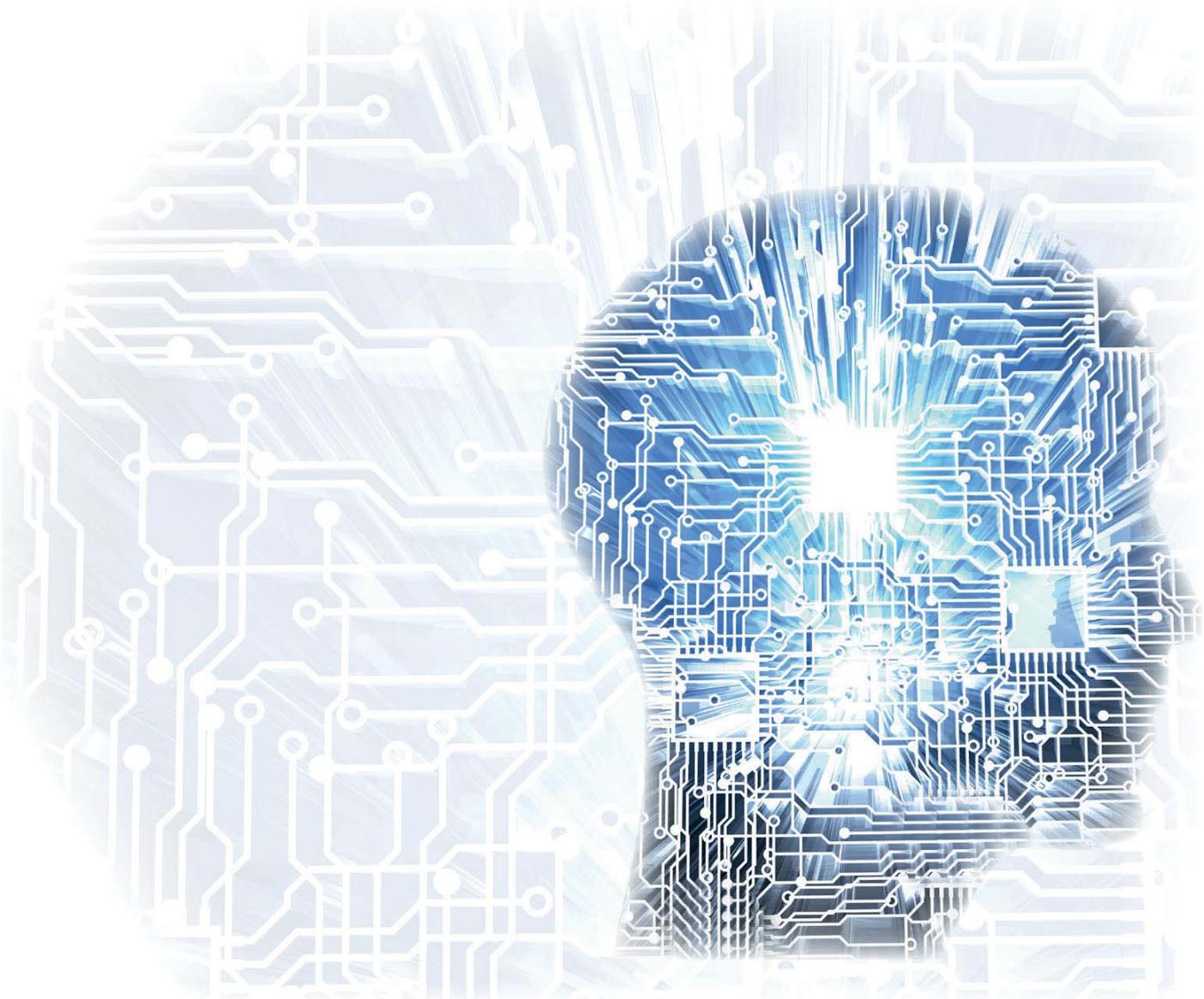


Imre Koncsik

Quantum Mind

Dem Geheimnis „Geist“ auf der Spur



Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag



Quantum Mind

Dem Geheimnis „Geist“ auf der Spur





Quantum Mind

Dem Geheimnis „Geist“ auf der Spur

[deutsch-english]

von Imre Koncsik



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

1. Aufl. - Göttingen: Cuvillier, 2017

Trotz sorgfältiger Recherche konnten nicht alle Abbildungsquellen ausfindig gemacht werden. Sollten unberücksichtigte Rechtsansprüche bestehen, so sind diese beim Verlag geltend zu machen.

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2017

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2017

Gedruckt auf umweltfreundlichem, säurefreiem Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft.

ISBN 978-3-7369-9541-3

eISBN 978-3-7369-8541-4



INHALT

GRUNDIDEE: WAS IST DER GEIST? 9

Mathematische Grundüberlegungen	9
Biophysikalische Grundüberlegungen	15
Zusammenfassung der Grundidee	22

QUANTENBIOLOGIE ALS BASIS EINER "THEORY OF MIND"

WAS IST QUANTENBIOLOGIE? 29

Quanteneigenschaften	33
Die technische Nutzung von Quanteneffekten	41
Status Quo der Quantenbiologie.....	45
Geschichte der Quantenbiologie.....	45
Hypothesen und aktuelle Forschung.....	49

WAS IST DER MENSCH? 50

Quantentheorie des Geistes? Die Wirklichkeit und das Wirken des menschlichen Geistes.....	50
Quantentheoretische Erkenntnislehre?	55
Willensfreiheit	55
Anima separata?.....	57
Transzendente Gotteserfahrung?.....	58
Ausblick.....	59

QUANTUM INTELLIGENCE. EINE THEORIE INTELLIGENTEN LEBENS

VORBEMERKUNG 61

Intelligente Quantensysteme	61
Der Status Quo der Künstlichen Intelligenz (KI) Forschung.....	64
Quantensysteme „in vivo“ (quantum life).....	67



WER STEUERT WEN? DAS NOVUM VON „QUANTUM INTELLIGENCE“	70
Was bedeutet Steuerung? Transputation vs. Computation.....	72
Womit wird gesteuert? Steuerung durch kontrollierte Emergenz.....	75
DAS THEORIEGERÜST DER „QUANTUM INTELLIGENCE“	77
SKIZZE DER „QUANTUM INTELLIGENCE“	81
Die Schnittstelle zwischen Geist und Gehirn	82
Fraktale Codierung komplexer Information	84
Erzeugung eines komplexen Quantensystems.....	84
Fraktales Wachstum eines Quantensystems.....	85
Der scheinbare Zufall hat System	86
Die komplexe Gehirnsprache	87
Geist und Gehirn als holografische Quantensoftware?	89
TECHNOLOGIE: KOMPLEXE INFORMATIONSVERARBEITUNG	92
<i>Software</i> : Entwicklung einer fraktalen Programmierung (Transputation).....	93
<i>Hardware</i> : Erzeugung komplex verschränkter Quantensysteme	94
Quantensteuerung klassischer Systeme.....	95
DIE KÜNSTLICHE ERZEUGUNG EINES KOMPLEXEN QUANTENSYSTEMS	
HINFÜHRUNG	97
PROBLEMSTELLUNG: WAS SOLL NATURWISSENSCHAFTLICH ERKLÄRT WERDEN?	100
THEORIEN DES GEISTES	102
KRITIK	107
KÜNSTLICHE INTELLIGENZ	110
Ansätze der Künstlichen Intelligenz.....	110
Grenzen der gegenwärtigen KI-Forschung	112



DER GEIST ALS KOMPLEXES QUANTENSYSTEM?.....113

Nichtlineare Quantensoftware..... 113

Selektion zwischen fraktal kodierten Möglichkeiten 114

Die Resonanz des komplexen Quantensystems speichert und verarbeitet Energie und fraktale Information 115

Zunahme der Komplexität durch Emergenz 115

Eigenschaften des Geistes 118

TECHNOLOGISCHE ANWENDUNG: KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

UND DIE ERZEUGUNG EINER GEISTSEELE?122

Wozu überhaupt eine Quantensteuerung? 125

Theorie: Komplexe Informationsverarbeitung und Adaptation 126

Adaptation 127

Komplexe Information..... 128

Die Entschlüsselung der Wirklichkeit durch (Quanten-)Fraktale? 129

Praxis: Erzeugung eines mehrschichtigen komplexen Quantensystems 136

English

QUANTUM INTELLIGENCE. "TRANSPUTATION" AS A TRANS-ALGORITHMIC COMPUTATION

ABSTRACT140

INTRODUCTION.....143

ELEMENTARY OBSERVATIONS145

THEORY OF COMPLEX SYSTEM DYNAMICS AS A META THEORY?146

UNIFYING OF EVOLUTIONARY, QUANTUM AND INFORMATION THEORY147

SEARCHING FOR INTELLIGENCE: THE *STATUS QUO* OF AI RESEARCH149

INTELLIGENT STEERING.....151

THE ROLE OF QUANTUM THEORY151



NON LINEAR INTERACTIONS AND DECOHERENCE	152
PRINCIPLES OF TRANSPUTATION	153
FRACTAL STRUCTURES AND DYNAMICS AS STEERING INTERFACE?.....	154
GOALS OF QI RESEARCH.....	156
APPENDIX: SET UP OF A FUTURE RESEARCH.....	158
CITATIONS.....	159
THEORY OF INTELLIGENCE. ADAPTIVE SELF-STEERING BY EMERGING PATTERN CONSTRUCTION	
PATTERN CONSTRUCTION	162
CONTROLLED EMERGENCE OF DYNAMIC ORDER	165
SELF-ORGANIZATION OF EMERGING COMPLEX INFORMATION	171
REVERSE FEEDBACK AS ADAPTIVE STEERING	175
MACROSCOPIC COMPLEX QUANTUM SYSTEMS (MCQS). CONSTRUCTION OF AN ARTIFICIAL NEURON AND OF A NEUROMORPH NETWORK STEERED AND ORDERED BY A QUANTUM SYSTEM	
TECHNOLOGICAL GOALS	177
BACKGROUND IN GENERAL	177
TO 1: PREPARATION OF A DECOHERENCE-FREE COMPLEX QUANTUM SYSTEM (EM) BY CONTROLLED EMERGENCE	178
TO 2: CORRELATION OF THE QUANTUM SYSTEM WITH THE CLASSICAL SYSTEM	179
TO 3: ENABLING A NON ALGORITHMIC COMPUTATION BASED ON PRINCIPLES OF “SYNTHESIS”	179
TO 4: REVERSE QUANTUM STEERING OF CLASSICAL STRUCTURES.....	180



Grundidee: was ist der Geist?

Wie könnte eine Theorie des Geistes aussehen? Bis dato fehlt eine halbwegs konsistente Theorie des Geistes. Meistens verbleiben naturphilosophische Überlegungen in vagen, unbestimmten und allgemeinen Äußerungen. Diese wiederum sind für Naturwissenschaftler – Hirnforscher, Biophysiker, Informatiker u.a. – nicht verwertbar, da sie keine hinreichende empirische Relevanz besitzen. So bewirtschaften Geistes- und Naturwissenschaften quasi ihren je eigenen Bereich, ohne spezifisch (!) an der Tätigkeit der Anderen interessiert zu sein. Das gilt insbesondere für Naturwissenschaftler, die aufgrund der relativ willkürhaften Annahmen von Geisteswissenschaftlern recht wenig mit deren Äußerungen anfangen können.

Daher war und ist es an der Zeit, den Stier an den Hörnern zu packen und endlich die triviale Ebene allgemeiner Äußerungen zu verlassen und zumindest so konkret zu werden, dass sich aus einer Theorie des Geistes sogar technologische Applikationen ableiten lassen. Nicht mehr und nicht weniger ist der Anspruch vorliegender Skizze einer Theorie des Geistes. Sie ist erwachsen aus einem intensiven und konkreten interdisziplinären Dialog. Um den naturphilosophischen Charakter der Theorie zu bewahren, wird auf Formeln ebenso verzichtet wie auf eine technologische Ausarbeitung. Letztere wird v.a. im englischen Teil, der sich gezielt an ein angelsächsisches Publikum wendet, skizziert. Dort ist jeder Stichpunkt relevant und wird in einem Folgeprojekt auch im Detail ausgearbeitet. Ebenso findet sich gleich zu Beginn des englischen Teils eine summarische *Tabelle* zwecks eines Overviews.

Spätestens nach der methodischen Trennung der „res cogitans“ und der „res extensa“ durch René Descartes traten die Naturwissenschaften ihren endgültigen Siegeszug an. Ihre formale Methode besteht in der Quantifizierung von Qualia, soweit das eben möglich ist. Der Geist bzw. genauer: die Geistseele nun spiegelt primär eine Qualität wider – Stichworte wie Subjektivität, Irreduzibilität der Qualia, Freiheit, „Existenz“ i.S. einer letzten autarken Selbstbestimmung, aber auch Information und das Reich der Formen kennzeichnen die Problematik. Wie soll auch der Geist hinreichend und naturwissenschaftlich genau beschrieben werden? Was sind beispielsweise Gedanken? Und „wo“ soll bitte der ontologische, nicht-raumzeitliche „Ort“ des Geistes sein?

Mathematische Grundüberlegungen

Hier nun kommt unverhofft die Quanten- und Systemtheorie zur Hilfe. Sie stellt interessante mathematische Hilfsmittel zur Verfügung: so kann etwa ein „unendlicher“ Zustand vollständig auf einen Unterraum projiziert werden – das wäre eine mathematische Darstellung der *Reflexion* als ein Zurückbeugen auf sich selbst.

In der Mathematik der Quantentheorie gilt: „Das Ganze ist mehr als die Summe der Teile“ – denn das Ganze ist das Produkt der Teile. So ist der Geist mehr als die Summe basaler Elemente, die miteinander wechselwirken und in einer spezifischen Relation zueinander stehen. Im neuen Produktzustand gehen die alten Komponenten des Quantensystems, d.h. die Faktoren, unter bzw.



verlieren ihre Identität. Das, was noch existiert, existiert auf einer anderen „Skala“: der Produktzustand wird meist (nicht immer) im verschränkten Zustand repräsentiert. Und dieser Produktzustand erlaubt es, etwas „völlig Neues“ darzustellen. Damit kann also *Emergenz*, d.h. das Auftauchen von neuen Skalen und Eigenschaften inkl. neuer basaler Wirkungseinheiten und „Gesetze“ für Wechsel-Wirkungen, beschrieben werden.

Worauf bezieht sich nun diese Emergenz, die etwa durch sog. fraktales Wachstum in die Tat umgesetzt werden kann? Fraktales Wachstum kennt man etwa vom Wachstum eines Eiskristalls oder von der zunehmenden Differenzierung eines Küstenverlaufs am Meer oder biologisch vom Wachstum eines Blumenkohls. Doch könnte fraktales Wachstum auch der Schlüssel zum Verständnis des embryonalen Wachstums sein, oder etwa verständlich machen, wie gezielt einzelne Organe als „organisierte Gebilde und komplexe Muster“ neg-entropisch, also durch makroskopische Minimierung mikroskopisch ungeordneter Information, geklont werden könnten.

Werden nun fraktales Wachstum und Emergenz von neuer Ordnung bzw. von neuen Skalen und Systemebenen höherwertiger Komplexität auch innerhalb eines Quantensystems angenommen, so kann man das etwas formaler und informationstheoretischer beschreiben: Information ist in den *Relationen* gespeichert – im Fall eines Quantensystems in Form von Verschränkungs-Bits (V-Bits). Verschiedene Relationen wiederum können unter einer höheren Relation zusammen gefasst werden: es entsteht eine Meta-Information über die integrierten Informationen.

Nun hängen die Relationen von verschiedenen Parametern ab, bes. von der Intensität und Stärke der Kopplung, die quantenphysikalisch die räumliche Distanz und die unterschiedliche Leitungsgeschwindigkeiten von Verbindungen abbildet. Das Ziel der „gleichzeitig“ bzw. instantan aktivierten Relationen ist es, ein *Netzwerk* bzw. ein *komplexes Muster* zu verwirklichen. Durch diese Verwirklichung wird die kodierte komplexe Information „*lebendig*“. Das Resultat sind fraktale und sich selbst ähnliche Muster, die wiederum als System-Attraktoren das Ergebnis von Anpassungsprozessen sind und das äußere Perzept bzw. eine Morphologie, ein Phänotyp abstrakt kodieren und repräsentieren.

D.h. fraktales Wachstum von einzelnen basalen *Modulen* oder komplexen Basis-Programmen führt zur Herausbildung neuer Stufen der *Komplexität*. Das Wachstum ist jedoch nicht beliebig fortsetzbar, bis eine fast schon „göttliche“ mentale Komplexität auf der obersten Systemskala emergieren kann. Die Begrenzung des Wachstums erfolgt primär durch die klassische Raumzeit und durch die vier bzw. fünf bis dato bekannten physikalischen Grundwechselwirkungen (Gravitations-, schwache und starke Kernkraft, elektromagnetische Wechselwirkung und evtl. die dunkle Energie). Was in einem komplexen Quantensystem realisierbar wäre, kann in der Raumzeit nur *analog*, d.h. begrenzt im Rahmen der Möglichkeiten eben dieser Raumzeit realisiert werden. Alles, was „hier und jetzt“ existiert, hat zwei Seiten: *eine klassische und eine quantische Seite*. Und beide Seiten hängen konstitutiv miteinander zusammen, wenn auch die quantische Seite grundsätzlich „isoliert“ und relativ „abgetrennt“ gedacht werden kann. Dabei muss die Anbindung des Quantensystems an das klassische System vor der allgemeinen Wechselwirkung mit der „Umwelt“ (also der Raumzeit) aus-

gezeichnet werden – die sog. Dekohärenz des Quantensystems (Max Tegmark, Anton Zeh) kann etwa durch ein gezieltes Wechselspiel mit der Delokalisation (also der Präparation eines kohärenten Quantenzustandes) kraft der Eigenresonanz der klassischen Korrelate ebenso in Schach gehalten werden wie durch die Bereitstellung ausreichender Möglichkeiten zur Superposition bzw. durch ausreichende Freiheitsgrade für einen Quantenzustand (Elisabeth Behrmann).

Daraus folgt auch, dass die Begrenzung des fraktalen Wachstums durch die klassische Raumzeit, durch die in ihr geltenden Wechselwirkungsmodi sowie durch die direkte Anbindung an klassische Korrelate auf der atomaren und molekularen Skala eine „*Bewertung*“ bzw. Evaluation bis herauf zur Skala des Phänotyps impliziert: das heran wachsende komplexe quantisch-klassische System bewertet sein Wachstum, bis sogar ein komplexes Bewertungssystem entsteht – das limbische System bei höheren Säugern. Durch den sensorischen Ausgriff auf raumzeitlich-klassische Strukturen, Formen und Entitäten erfolgt ein physisches Feedback, das entsprechend bewertet und somit internalisiert wird. Durch *fraktales Wachstum*, bei dem selbstähnliche komplexe Muster durch sukzessive Iteration ihre Selbstbezüglichkeit verwirklichen, emergiert also eine Vielzahl unterschiedlicher Systeme – man denke hier an die sog. Hyperzyklen (Manfred Eigen), die durchaus als reduktionistische Beschreibung sich selbst gestaltender Systeme verstanden werden können.

Diese Systeme können u.U. besser verstanden werden, wenn sie als *analoge Verwirklichung* mehr oder weniger komplexer Quantensysteme gedacht werden. Die Quantentheorie hat mathematische Ähnlichkeiten mit der Systemtheorie: so wird zurzeit auch an der Ausarbeitung einer nichtlinearen Quantentheorie gearbeitet, um die Emergenz neuer Zustände, die sich physikalisch etwa als neue Zustände der Materie manifestieren können, mathematisch zu erfassen. Und Emergenz wiederum weist deutliche Parallelen auf zum Prozess des Denkens: es könnte die Entstehung neuer Gedanken beschreiben.

Ein integraler Bestandteil der Theorie nichtlinearer (klassischer) Systeme ist die sog. fraktale Geometrie von Benoit Mandelbrot. Er selbst war sich seinerzeit gar nicht bewusst, dass er eine neue Art von Geometrie entwickelt hat, während er sich mit der sog. Renormierungstheorie beschäftigt hat (eine lineare, metrische, stetige Theorie). Wie dem auch sei: er definiert „gebrochene“ Dimensionen mathematisch exakt. Der Verlauf einer Küste etwa wäre ein Fraktal mit einer gebrochenen Dimension, ebenso ein Blumenkohl u.a.m.

Ohne hier weiter ins Detail zu gehen – Stichworte wie Selbstähnlichkeit, Iteration, Komplexität, Diffusion und Skaleninvarianz mögen genügen –, kann der heuristische Wert von *Fraktalen* konstatiert werden: sie beschreiben die Entwicklung eines komplexen Systems, sprich: die scheinbar chaotische Dynamik eines nichtlinearen Systems fern vom Gleichgewicht folgt einer fraktalen Struktur. Damit sind Fraktale eine mathematische Darstellung einer bestimmten Komplexitätsklasse. Hier nun kann die Vermutung geäußert werden, dass Fraktale *komplexe Information* kodieren, um das in der Sprache der Informations- und Kodierungstheorie auszudrücken.

Fraktale könnten also so etwas sein wie „formalisierte *Gedanken*“, insofern sie deutlich mehr enthalten als primitive „Ja-Nein“-Alternativen (etwa die „Ur-e“ von Carl Friedrich von Weizsäcker)



oder sonstige binäre Informationen. Fraktale können auch unmittelbar (auf derselben Skala!) ineinander transformiert werden, was an ähnlichen Strukturen – den sog. „Adinkras“ – von James Gattes eindrucksvoll demonstriert wurde. Und in dieser Transformation, die eine geometrische ist und erst in einem zweiten Schritt in Algebra „zurück übersetzt“ werden muss, manifestieren sich wiederum „verborgene“ Strukturen – eine Art „Hyper-Struktur“. Wenn also Gedanken formalisierbar wären als Fraktale, die ineinander transformiert werden, dann könnte die sich dahinter verbergende Struktur ein höherdimensionales Fraktal sein. So entspricht einem vierdimensionalen Fraktal eine Sequenz möglicher dreidimensionaler Projektionen – inkl. der Definition des Übergangs zwischen einem Fraktal zu einem anderen Fraktal. Damit wäre etwa so etwas wie ein „subsistierende Geistseele“ darstellbar.

Denkt man nun weiter, so erkennt man leicht, dass Fraktale als sog. komplexe Information eine *ordnende Macht* i.S. einer komplexen Steuerung besitzen. Das Produkt der Transformation von Fraktalen und besonders die Dynamik komplexer Systeme, die dadurch beschrieben wird, ist ja nicht chaotisch oder zufällig. Es handelt sich also nicht um einen statistischen oder zufälligen Prozess, sondern um einen *geordneten* Ablauf bzw. auf einer spezifischen Skala kontrollierte Dynamik.

Diese Ordnung ermöglicht ja auch allererst so etwas wie die sinnvolle, geordnete Verarbeitung (Dynamik) von geordneter Information: wir stehen somit vor einem Modus von Informationsverarbeitung, die definitiv nicht binär noch deterministisch und somit auch nicht algorithmisch ist. Dafür kann auch eine Wortneuschöpfung angegeben werden: es handelt sich um eine transalgorithmische Computation, d.h. um *Transputation*. Gemeint ist also die geordnete ineinander Überführung von Fraktalen bzw. anderer geometrischer Modi komplexer Information.

Noch immer ist die Rede von mathematischen Modellen der *System- und Quantentheorie*, die eine Beschreibung des Geistes zumindest in mancher Hinsicht zu ermöglichen scheinen. Eine Beschreibung geschieht also durch eine spezifische *Geometrie*, womit im Grunde zu den Anfängen der Mathematik ein Bogen geschlagen wird: am Anfang stand die Geometrie, was als Ausdruck einer Fokussierung auf die Form, Morphologie und Gestalt gelesen werden kann. Sie kann als formale „Essenz“ gelesen werden: sie enthält also nicht nur den aktuellen Status Quo einer Entität, eines Ereignisses o.ä., sondern die inhärenten Möglichkeiten dieser Entität. Das ist nun auch entscheidend: die genannten mathematischen Instrumente helfen zu verstehen, welche Möglichkeiten, etwa welche möglichen Wege oder welcher Pfad oder welche potentiellen Zustände gegeben sind. Das Begreifen von *Möglichkeiten* ist identisch mit dem Begreifen der sog. *Essenz* einer Entität. Und je mehr Möglichkeiten einer Entität begriffen und repräsentiert werden, desto mehr von seiner *Essenz* wurde „verstanden“.

Eine weitere wesentliche Theorie ist im strengen Sinn keine Theorie, sondern eher ein bewährtes Konzept: die *Evolutions- bzw. Selektionstheorie*. Sie beschreibt (passive) Anpassung und (aktive) initiale Eigenaktivität bis zur autarken Selbstbestimmung als ein Entwicklungsprozess mit den Schlüsseltermini von Mutation und Selektion. Konzentriert man sich auf die Selektion und nicht auf dessen Ermöglichungsgrund noch auf das jeweilige Objekt und Subjekt der Selektion (also



nicht auf die Frage, wo genau die Selektion ansetzt), so erfolgt die Selektion erneut unter verschiedenen Möglichkeiten.

Also ist eine *Theorie der Möglichkeiten* gefordert. Interessanterweise ist die Quantentheorie eine ebensolche Theorie der Möglichkeiten, insofern sie als Quantenstatistik aufgefasst wird und Wahrscheinlichkeiten für gemessene Systemzustände anzugeben in der Lage ist. Möglichkeiten sind nun nicht „beliebig“ – das ist einer der Hauptschwierigkeiten einer sog. Quantengravitation, die Raum und Zeit digitalisieren bzw. quantisieren will und an den scheinbaren Unendlichkeiten von prinzipiellen Möglichkeiten des Raumes und der Zeit scheitert –, sondern limitiert und vorselektiert. Eine ominöse „Renormierung“ wäre dann nicht mehr erforderlich.

So versklavt nach Hermann Haken, dem „Vater“ der *Synergetik*, zum Beispiel ein komplexer Zustand oder ein komplexes System seine unteren Systemhierarchien bis zur untersten basalen Ebene einzelner System-Elemente. Also *nicht* jeder Zustand, der unter Ausblendung der höheren Systemhierarchien denkbar wäre, ist auch realisierbar. Wird nun die Quantentheorie auch auf komplexere Systeme angewandt, so muss sie diese zunehmende *Begrenzung und Limitierung* von Möglichkeiten mit erfassen – bis dato ist das nicht der Fall, so dass die Quantentheorie lediglich das einfachste atomare System, den Wasserstoff, maximal genau beschreiben kann. Bei komplexeren Atomen sind bereits Schätzungen erforderlich.

Ist nun der Geist komplex bzw. ein komplexes Quantensystem, so würde daraus eine entsprechende Hierarchisierung des Quantensystems ebenso folgen wie die Möglichkeit, dieses Quantensystem nur durch die *oberste* Systemebene zu steuern. Wie bei einer Pyramide würde die Steuerung „von oben nach unten“ erfolgen, so dass zwar die unteren Systemebenen ihre relative Eigenständigkeit und Autonomie behalten, dennoch letztlich durch den „Dirigenten von oben“ geordnet werden.

Wie verhalten sich nun die *komplexe Informationstheorie, Systemtheorie, Quantentheorie und Evolutions- bzw. Selektionstheorie* zueinander? Die Antwort liegt im Begriff der Re-Konstruktion durch die Schaffung von Synergien bzw. durch die Ordnung von Relationen und Wechselwirkungen. Wenn komplexe Information in Wechselwirkungen präsent ist, und diese Inter-Relationen wiederum sich zu immer höheren „Stufen“ als Meta-Relationen über Relationen über Relationen über ... stapeln bzw. immer höhere Modi der *Emergenz* realisieren können, dann wäre Informationsverarbeitung, -erzeugung und -vernichtung mit genannter Re-Konstruktion und Selektion zwischen möglichen Alternativen identisch.

Je *höher* dann die Repräsentationsstufen, desto mehr „untere“ Information wird zusammen gefasst, und desto komplexer ist die kodierende Information und desto informationshaltiger das betreffende Muster bzw. Fraktal. D.h. je intelligenter ein Lebewesen, desto komplexer seine Geistesseele, desto mehr an Information wird in einer Handlung, in einem Verhaltensakt, in einem gesprochenen Wort „kodiert“ bzw. symbolisiert. Intelligente Steuerung eines klassischen Systems setzt ein Mindestmaß an Komplexität voraus, so dass verschiedene Möglichkeiten repräsentiert



werden und vorliegen, zwischen denen dann nicht deterministisch durch einen „Akt der Selbst-Bestimmung“ (und Selbst-Setzung) eine Option positiv selektiert wird.

Die Selektion wiederum erfolgt wohl durch einen autokatalytischen Prozess der Selbstverstärkung bzw. *Selbst-Auswahl* einer Option, die sich im Wettstreit um Aktivierung und Realisierung unter den Mitbewerbern durchsetzt. In dieser *Autokatalyse* übrigens kann auch der Sinn zeitlicher Geschichte abgelesen werden, insofern der Prozess der (nicht völlig identischen) Iteration, sprich: mathematisch das „*Mapping*“ dahinter steht. Wichtig ist naturphilosophisch, dass hier eine relative (keine absolute) *Selbst-Selektion* vorliegt, die sich durch Zunahme der Komplexität schließlich sogar selbst als Prozess – anhand der fraktalen Struktur der Selbstselektion, die u.U. auch als Transformation von Fraktalen beschrieben werden kann – reflektieren und sich selbst „bewusst“ zu werden vermag.

An dieser Stelle der Selbst-Selektion wird es mathematisch spannend: schließlich muss zunächst beschrieben werden, wie überhaupt eine *Emergenz* derart realisiert werden kann, dass die bestehenden basalen bzw. primordialen Möglichkeiten (etwa der Entwicklung, der Mechanik eines Systems) etwas Neues ermöglichen – das kann man, wie erwähnt, durch die sog. Produktzustände abbilden –, dass dieses Neue nicht chaotisch oder ungeordnet ist, und dass es sich selbst stabilisiert: hier wird es bereits schwierig, denn wie kann eine *Selbststabilisierung* mathematisch beschrieben werden? Wie kann der unterliegende Prozess der Emergenz so rigoros formalisiert werden, dass man nicht mehr nur thermodynamische, statistische, zufällige Möglichkeiten hat (wie kann auch durch „reinen Zufall“ eine komplexe Struktur, ein System emergieren?!), sondern dass Möglichkeiten, komplexe Systeme und komplexe Information zu erzeugen, vorliegen? Dann könnten solche Möglichkeiten erstens die kalkulierte Wahrscheinlichkeit maßgeblich bestimmen, insofern die komplexe Struktur und nicht der reine Zufall die wahrscheinlichste Anordnung ist, sprich: insofern Emergenz von Komplexität wahrscheinlich wird. Und zweitens müssen spezifische Bedingungen gegeben sein, um eine solche Komplexität zu erzeugen, etwa ein Übermaß an Energie, ein System fernab vom Gleichgewicht, und drittens sollte dann die Emergenz das Ergebnis einer Akkumulation von primordialer Information sein: d.h. durch die Kumulation von einfacher Information soll komplexe Information entstehen.

Doch – wohin soll sich denn diese Information hinein entwickeln? Mathematisch kann man an dieser Stelle einen *zusätzlichen* Raum an Möglichkeiten annehmen; inwiefern diesem Möglichkeitsraum eine physikalische Realität entspricht, sei mal dahin gestellt. Konkret könnte die basale Information zu einer *fraktalen Gestalt* angeordnet werden, etwa durch ein Prozedere, das einem fraktalen Wachstum ähnelt. Selbstähnliche und selbst replizierende Strukturen würden sich dann quasi in einen höher-dimensionalen Raum hinein entfalten. Dieser Prozess wäre also dadurch ermöglicht, dass der Raum entsprechend vor-selektiert bzw. vor-strukturiert ist und zur Einnahme solcher komplexer Strukturen als Ergebnis ebenso komplexer Dynamiken (!) nahezu drängt, um eben den Überfluss an Information und Energie zu minimieren (also eine *Abfolge* von Struktur-Dynamik-Struktur-Dynamik ... auf immer neuen Skalen).



Und exakt an dieser Stelle kommt die These hoch, ob nicht durch komplexe Information *Energie minimiert* wird: je komplexer ein Zustand, desto geringer seine Energie. Doch was geschieht mit der Energiedifferenz zwischen der Summe der Systemelemente und ihrem Produkt? Kernphysiker kennen den sog. *Massendefekt*, der entsteht, wenn kleine Atomkerne miteinander fusioniert werden. Das ist auch die Grundlage der Energiegewinnung durch Kernfusion. Doch könnte es nicht sein, dass noch eine ganz andere „Energie“ mit am Werke ist, eine Art von „informationeller“ Energie, die durch die Zunahme an Komplexität im Prozess der Emergenz *transformiert* wird? Gibt es zur Beschreibung einer so verstandenen Emergenz entsprechende mathematische Hilfsmittel? Und wie könnte ein System beschrieben werden, das sich durch Zunahme an Komplexität selbst stabilisiert? Bis es schließlich einen Grad erreicht, in dem sogar von einer „relativen resp. relationalen Subsistenz“ oder „subsistenten Relation“ einer dadurch modellierten *Geistseele*, die sogar „teilweise“ getrennt vom klassischen Substrat als „*anima separata*“ existiert, gesprochen werden kann?

Biophysikalische Grundüberlegungen

An dieser Stelle erhebt sich die Frage nach der *physikalischen* Realität mathematischer Modelle. Die These lautet ja „*Der Geist ist ein komplexes Quantensystem*“. Das ist klarerweise eine ontologische und nicht nur mathematisch-formale Aussage. Hier wird also zunächst einmal der ontologische Ort des Geistes gesucht: „wo“ soll denn so etwas wie eine Geistseele ihren Sitz haben?

Erneut kommt die Quantentheorie zur Hilfe: die Geistseele ist holistisch, exakter: *henadisch* i.S. einer definitiven und zirkumskriptiven Gegenwart. In der Quantenoptik ist es etwa möglich, zwei Photonen miteinander zu sog. Diphotonen zu verschränken und das verschränkte Paar durch hunderte Kilometer lange Glasfaserkabel zu schicken. Dann hat das neue Quantensystem die Identität der beiden ursprünglichen Photonen „aufgehoben“: die beiden Photonen sind sich damit „näher“ als sie irgendeinem Molekül der Glasfaser sind. D.h. die Quantenphysik beschreibt eine Realität, die einerseits *jenseits* von Raum und Zeit existiert, woraus eine relative Raum- und Zeitlosigkeit der Quantenmechanik resultiert – als ob das Quantensystem aufgrund seiner instantanen Zustandsänderungen des gesamten Systems und aufgrund seiner henadischen Natur in diesem Sinne „jenseits“ von Raum und Zeit wäre. Auch ist Quanteninformation, also sog. Quanten-Bits, die einer Überlagerung bzw. Superposition zweier Zustände entspricht, relativ von seinem materiellen und raumzeitlichen Träger abtrennbar bzw. isolierbar. Es ist sogar möglich, die Information, die in der Interrelation bzw. Verschränkung zwischen zwei Photonen oder Elektronenspins oder sonstiger Träger der QuBits besteht, als ein sog. Verschränkungs-Bit zu isolieren und auf andere materielle oder energetische Träger zu übertragen: das nennt man auch „Beamen“ der Information (und nicht der Materie oder Energie). Andererseits bleibt eine *relative Bezogenheit* auf das klassische Substrat erforderlich: wenn schon keine Ruhemasse des klassischen Trägers gegeben ist, so muss zumindest eine Energie gegeben sein (etwa bei Photonen als Träger von Quanteninformation) – etwa die elektromagnetische Energie oder auch die Gravitationsenergie der Raumzeit.



Spiegelt sich darin nicht das *Verhältnis von Geistseele und Gehirn* wieder? Ganz i.S. eines mit John Eccles sog. „dualistischen Interaktionismus“?! Also zwei relativ voneinander separierte und dennoch relational aufeinander bezogene Entitäten? Freilich können beide als zwei Seiten einer komplexen Wirklichkeit gedeutet werden, also i.S. eines ontologischen Monismus: ein Sein hätte zwei Seiten: eine geistige und eine materielle resp. energetische. Doch hier denke man an Carl Friedrich v. Weizsäcker, der aus der Information, die er an *erste* Stelle setzt, die Energie ableitet, indem er sie kondensieren lässt, und daraus dann die Materie, die als kondensierte Energie verstanden wird. Dann steht man vor einer relativen ontologischen Hierarchisierung: von der Information über die Energie zur Materie.

Eben diese Hierarchisierung ist auch der Grund dafür, über ein *digitales Universum* als Programm oder als Computer (so Konrad Zuse bereits im Jahr 1948) nachzudenken. Wenn noch dazu das Verhältnis der Dimensionen hinzu genommen wird, inwiefern dreidimensionale Zustände auf zwei- bzw. sogar auf eindimensionale Zustände (Seth Lloyd) mathematisch vollständig abgebildet werden können, so wird das „holografische Prinzip“ in der theoretischen Physik zu einem Dogma und das „*holografische Universum*“ mit Gerard t’Hooft, Brian Green, Leonard Susskind und vielen anderen Physikern die konsequente Schlussfolgerung daraus.

In diesem Szenario wäre der ontologische Ort des Geistes ein „*Reich der komplexen Information*“ *relativ jenseits* der klassischen Raumzeit. Vielleicht ist dieses Reich auch ein integraler Bestandteil des Raumes – dann würde eine neue *Theorie des Raumes* Abhilfe schaffen, die eine Informationstheorie komplexer Systeme sein müsste. Dann könnte der Raum bzw. das Gravitationsfeld auch entsprechend „programmiert“, d.h. mit purer Information (anstelle mit Unmengen an Masse und Energie) beeinflusst und modifiziert werden (Koncsik).

Die *Geistseele* wiederum ist in diesem Modell im komplexen Raum, sie hat ihren eigenen Modus von Zeit und kann etwa komplexe Information instantan repräsentieren, indem sie diese emergieren lässt. Das, was dann konkret emergiert, sind *Synergien*, die eine neue Systemebene und eine neue Skala definieren. Zieht sich nun der Geist in diesem Modell auf sich selbst zurück – wie das etwa in der Meditation geschieht –, dann erlebt der meditierende Mensch die reine *Abstraktheit* seines Gedankenflusses, oder technisch ausgedrückt: im Zustand der Meditation wird die Geistseele maximal vom neuronalen Substrat entkoppelt, so dass er nur noch unmittelbar (!) mit der henadischen Verarbeitung, Transformation, Erzeugung und Vernichtung instantan vorliegender Quanteninformation beschäftigt ist. Reine Gedanken sind unanschaulich, abstrakt, formal – wie die o.g. Fraktale –, und dennoch das Gegenteil von „inhaltsleer“: Gedanken repräsentieren quasi die *fundamentale Struktur* der Raumzeit sowie sämtlicher physikalischer Wechselwirkungen, insofern diese Wechselwirkungen analoge Abbildungen eines komplexen Quanteninformationsverarbeitungsprozesses sind.

Das wird auch der ontologische Grund für die Urerfahrung der Menschheit sein: „*Alles ist Geist*“. Ebenso ist das der philosophische Grund für die *Angemessenheit* menschlicher Kognition ebenso



wie für bestimmte Definitionen der Wahrheit etwa als „Angleichung von Erkennendem und Erkanntem“, oder auch als „Enthüllung der verborgenen Struktur des Seins“ u.a.m.

Man beachte: die Geistseele ist nicht identisch mit einem emergenten Quantensystem, das sich selbst durch die Verarbeitung komplexer Information stabilisiert, die wiederum das Resultat von kreativen Anpassungsprozessen an externe Inputs auf sämtlichen Ebenen (physisch, kognitiv, emotional) ist. Die Geistseele ist also nicht eine Art „intelligenter Lebensmodus“ im Gravitations- und elektromagnetischen Feld der Raumzeit. Denn die Geistseele besitzt eine „sich selbst ordnende Kraft“ und die Macht zur Ausbildung und Konstruktion von Synergien. Und diese *Aktualisierungspotenz* muss quasi in die Raumzeit derart eingesenkt sein, dass sie bei Erreichung von Schwellenwerten oder von spezifischen Graden der Komplexität „automatisch zündet“ und „sich selbst ins Dasein setzt“. Hinter solchen naturphilosophischen Formulierungen verbirgt sich übrigens ein Grundsatzproblem der Bestimmung des Verhältnisses zwischen *Autonomie und Heteronomie*, autarker Selbstbestimmung und heteronomer Grundlegung, oder auch zwischen heteronomer Struktur und autonomer Dynamik, die stets individuell, nicht verobjektivierbar und einzigartig bleibt, da sie ja Ausdruck einer kasuistischen, von der konkreten Situation abhängigen Anpassung ist.

Was bedeutet nun *Intelligenz*? Hier wird eine technische Definition vorgeschlagen, die Intelligenz neben zwei anderen Kerneigenschaften der Geistseele stellt. Die Vorlage für die Definition stammt von Augustinus, der die Triade „esse, velle, intelligere“ für die Geistseele des Menschen vorgeschlagen hat. Dem „esse“ (Sein) entspricht die relativ freie *Selbstbestimmung*, d.h. alles, was mit individueller Anpassung, unableitbaren Synergien, initialer Eigenaktivität und kreativer Ordnung zu tun hat. Dem „velle“ (*Wollen*) korrespondieren Intentionalität, Selektivität u.a. Schließlich bedeutet „intelligere“ (*Intelligenz*) die Fähigkeit zur Problemlösung, zur Anpassung und zur Steuerung verschiedener Systeme auf unterschiedlichen Skalen.

Die „Künstliche *Intelligenz*“ (KI) fokussiert nun diesen letzten Aspekt der Geistseele. Ohne in die Diskussion um schwache oder starke KI tiefer einsteigen zu wollen, soll hier klar gestellt werden, dass eine „echte“ Intelligenz *mehr* ist als die Lösung von Optimierungsproblemen auf einem klassischen oder einen Quantencomputer. Bis dato wird bei bestimmten mathematischen NP-Problemklassen ein Algorithmus, also eine Rechenvorschrift, entwickelt, der meist eine Matrix von Gleichungen lösen soll. Algorithmen können Operatoren sein, die einen Zustand in einen anderen Zustand transformieren. In einem zweiten Schritt wird versucht, einen Algorithmus in eine physikalische Realität bzw. in eine Systemarchitektur zu implementieren. Anders formuliert: der Algorithmus wird im Prozess des „Mappings“ auf einen physikalischen Zustand projiziert.

Bei semi-klassischen Quantennetzwerken (des bekannten kanadischen Unternehmens D-Wave) erfolgt nun die *Quantifizierung von Qualia*: der Algorithmus in seiner mathematischen Formulierung wird quantifiziert, d.h. in einen geordneten oder sich ordnenden Zustand gebracht, der wiederum in der Differenz von Energien (!) realisiert wird. Man spricht auch von sog. Boltzmann-Maschinen, bei denen thermodynamische Fluktuationen geordnete (!) Zustände und deren Dynamik repräsentieren. Sie sind adiabatisch, wenn sie relativ geschlossen sind. Kann nun eine große



Datenmenge von aktuell mehr als einem Tera-Byte (10^{12} Byte) erfolgreich auf einen D-Wave-Netzwerk „gemappt“ werden, so wird anhand eines Problemlösungsalgorithmus, der ebenfalls „gemappt“ wird, die Informationsverarbeitung *gesteuert*. Sie behält im Fall von Quanten-Netzwerken zwar ihre relative Autonomie, doch wird das System zielgerichtet „präpariert“. Der „Read-Out“ nun ist gleichbedeutend mit der Identifikation eines lokalen Minimums oder Maximums – nicht mehr und nicht weniger [s. englische *Tabelle* unten].

Also geht es in der Tat nur um die Suche nach dem energetischen Minimum oder Maximum, wobei nicht bewiesen werden kann, ob es nicht doch ein noch tieferes Minimum oder höheres Maximum geben kann. Dieses nun *repräsentiert* die gesuchte Lösung für spezifische (und nur solche) NP-Optimierungsprobleme. Man macht im Grunde nichts anderes als lineare Algebra wie in der Schule, jedoch mit dem Unterschied, dass Quantennetzwerke und erst recht digitale Quantencomputer in der Lage sind, die *gesamte* Lösungsmenge auf einmal, d.h. *instantan*, zu bearbeiten und die Nadel im Heuhaufen zu finden.

Beim digitalen Quantencomputer nun, bei dem die QuBits *direkt* miteinander verschränkt sind – und nicht durch eine klassische Verbindung, so dass QuBits „nur“ winzig kleine Prozessoren wären und ihre Verschaltung zu aktuell 2000 QuBits im Grunde nichts anderes ist als ein sehr kleiner Parallel-Rechner –, erfolgt auch die Informationsverarbeitung entsprechend *schnell*. Sie ist außerdem noch maximal *komplex*, da QuBits exponentiell wachsende Datenmengen nur *logarithmisch* repräsentieren können. D.h. konkret: 10^{12} Bits können durch gerade mal 40 QuBits repräsentiert werden. Noch drastischer formuliert: die geschätzten 10^{81} Protonen im uns bekannten Universum könnten durch ca. 250 QuBits vollständig (!) repräsentiert werden. Das wäre also eine perfekte Simulation des gesamten Universums! Ebenso leicht können die geschätzten 100 bis 200 Mrd. Neuronen der Großhirnrinde sowie die ca. 400 Mrd. Neuronen des Kleinhirns durch eine „Handvoll“ QuBits repräsentiert werden.

Verschränkt man nun die QuBits miteinander, indem man die Stärke ihrer Relationen einem individuellen Adaptationsprozess überlässt (technisch: die Kopplungsstärke wird durch externe Inputs selbst i.S. eines Quantum-NEATs – Neuro-Evolution of Augmenting Topologies – modifiziert und i.S. eines Wachstums generiert), so sollten die neuronalen Aktivitätsmuster des Gehirns ebenso auf die Quantenebene abbildbar sein wie sämtliche andere biochemischen Aktivitätsmuster (etwa der oft vernachlässigten Glia-Zellen). Die Quantenwirklichkeit würde demnach die klassisch messbare Informationsverarbeitung vollständig (!) abbilden.

Hier taucht nun ein physikalisches „Problem“ auf: je mehr QuBits miteinander verschränkt werden (aktuell sind von IBM 50 QuBits geplant), desto schneller zwar findet das System das gesuchte Optimum für eine Problemlösung, doch erfolgt diese *nicht* mehr *algorithmisch*! D.h. es nützt nichts, für Quantum Digital Computing irgendwelche Algorithmen zu entwerfen. Auch ist klar, dass man damit als Programmierer ein Stück Kontrolle abgeben muss. Je intelligenter also ein System, desto komplexer ist es und desto weniger ist es im Detail (!) kontrollierbar oder programmierbar.



Was nun „genau“ physikalisch auf der Quantenebene passiert, das weiß niemand. Es ist mathematisch nicht determiniert, sondern kann aufgrund nichtlinearer Effekte höchstens *simuliert* oder – nochmals erheblich effektiver – eben durch einen sich selbst simulierenden Quantencomputer *emuliert* werden. Hier wird vorgeschlagen, dass es sich dabei um Phänomene der *Emergenz* von Quantenzuständen handelt: die gesuchte Lösung emergiert als ein Muster, also als eine *Ordnung*, die entsprechend als Lösung identifizierbar ist und klassisch (durch einen Akt der sog. Messung eines Quantenzustands) ausgelesen werden kann. Der Prozess der Emergenz der gesuchten Lösung entspricht nun einem *adaptiven Prozess* der Selektion zwischen simultan und instantan vorliegenden Alternativen bzw. Quantenzuständen.

Diese Quantenzustände *kodieren* komplexe Information, jedoch nicht auf der Ebene singulärer QuBits, sondern auf der Ebene ihrer Verschränkung. D.h. die Sprache der Verarbeitung komplexer Quanteninformation ist nicht mehr binär noch ist es ein Algorithmus, sondern es könnte die o.g. Transformation von Fraktalen bzw. von fraktalen Mustern sein – eben *Transputation* als transalgorithmische Computation. Das wäre dann genau das, was physikalisch passiert!

Nur als Anmerkung sei auf die *topologische Quantenfeldtheorie* hingewiesen, die die Amplituden der Energien, die durch die Hamiltonschen Funktionen beschrieben werden, ausschließlich (!) sog. Knoten zuordnet. Jeder *topologisch äquivalenter* Quantenzustand könnte zwar verschiedene Wellenmuster, harmonische und subharmonische Quantenschwebungen, erzeugen, doch wären sie alle miteinander identisch und würden – um den Faden weiter zu spinnen – denselben „Gedanken“ repräsentieren. Ein weiterer besonders interessanter Aspekt ist die Stabilität topologischer Quantenfelder: da kein lokaler Operator hinreichend ist, die gesamte Topologie zu stören, da diese über-regional ist, sind solche Quantensysteme besonders gegen Störgrößen geschützt (sog. „topological protection“). Man braucht im Klartext *keinen* Fehlerkorrektur-Code! Schade nur, dass so wenig physikalische Materie-Formen inkl. Pseudo-Teilchen (wie Phononen, Excitonen u.a.) bekannt sind, die sich physikalisch so verhalten.

Naturphilosophisch interessant wäre hier die Betonung der *Geometrie* (Topologie, Morphologie), da eine geometrische Struktur die Dynamik der Entwicklung des Quantensystems zu klassifizieren in der Lage ist, freilich ohne sie zu determinieren. D.h. in der Dynamik muss sich noch darüber hinaus etwas ereignen, das essentiell für komplexe Informationsverarbeitung ist: das ist evtl. die durch die Geometrie sowie durch Muster (durch Resonanzen von klassischen Atomen, Molekülen, durch passenden Wellen u.a.) kontrollierte Emergenz komplexer Quantensysteme, die sich wiederum in Form von Mustern realisieren.

Was auch für eine starke Verbindung zwischen Geistseele und Quantenwirklichkeit spricht, ist zunächst die extreme und effiziente *Reduzierung des Energieaufwands* für die Quanteninformationsverarbeitung. Ein Beispiel mag das mal verdeutlichen: wird das Gehirn wie aktuell im *Human Brain Project* [HBP] unter Ausblendung der Quantenwirklichkeit, d.h. klassisch simuliert und nicht quantisch emuliert, so ist der Energieverbrauch um >1.000.000-mal höher als im realen Gehirn. Daraus folgt: Quanteninformationsverarbeitung erfolgt auch *relativ losgelöst* vom klassischen Trä-



ger, d.h. direkt in Form der Modifikation von Verschränkungs-Bits als der Quanteninformation, die nun mal in Verschränkungen zwischen QuBits gespeichert bzw. kodiert ist.

Auch spricht dafür die enorme *Geschwindigkeit* der Quanteninformationsverarbeitung, die instantan erfolgt: hier stehen wir vor einem Faktor 100.000-fach: um so viel schneller ist ein echtes Gehirn als ein nur klassisch simuliertes Gehirn. Ferner beachte man die *instantane* Abstimmung der Aktivität ganzer neuronaler Gruppen: würde die Informationsübertragung im Gehirn nur klassisch oder gar „nur“ mit Lichtgeschwindigkeit erfolgen, so wäre auch das noch viel zu langsam und die erforderliche Synchronizität der Aktivitäten nicht realisierbar. D.h. um die Synergien neuronaler und sonstiger bioelektrischer, biochemischer Aktivitätsmuster zu ermöglichen, bedarf es der *Steuerung* durch ein *makroskopisch* wirksames komplexes Quantensystem.

Ebenso spricht dafür ihre *Selbst-Stabilisierung* i.S. des Widerstands des Quantensystems gegen die thermodynamische Dissipation und auch – und das ist die Antwort auf den zentralen Einwand von Max Tegmark – gegen die sog. Dekohärenz: nach Tegmark ist es unmöglich, bei Zimmertemperatur die Kohärenz verschränkter QuBits aufrecht zu erhalten. Doch scheint das sehr wohl durch die *Zunahme an Komplexität*, d.h. durch die Erzeugung von Verschränkungs-Bits, die unter ihnen liegenden V-Bits zusammen fassen, die wiederum unter ihnen ..., möglich zu sein. Die technische Frage an dieser Stelle wird wohl sein, wie man solche *komplexen V-Bit-Zustände* emergieren lassen kann. Das wäre eine Aufgabe an die künftige KI-Forschung.

Wie könnte nun ein komplexes Quantensystem überhaupt makroskopisch *wirken*? Die Wirkung sollte hinreichend exakt sein: d.h. an bestimmten „entscheidenden“ Punkten des klassischen Systems sollte ein sehr labiles Gleichgewicht vorhanden sein – ähnlich der berühmte Nadel, die senkrecht auf dem Boden steht. Ein kleiner Windhauch reicht aus, um das System zu „kippen“. So wäre ein minimaler energetischer Aufwand ausreichend, um einen *makroskopischen* Effekt zu generieren. Solche Punkte fernab vom Gleichgewicht sind Bifurkationspunkte, da es nicht ausgemacht ist, welche der möglichen Entwicklungspfade des klassischen Systems eingeschlagen wird, sprich: wohin die Nadel genau fallen wird. Das wäre ein „Up-Scaling“ von Quanteneffekten.

Diese Bifurkationspunkte müssen daher eine wichtige Eigenschaft aufweisen: sie sind *durch Quanteneffekte modulierbar*. Exakt hier ist das Feld der sich allmählich etablierenden Wissenschaft der sog. *Quantenbiologie*: sie weist durch verschiedene quantenmechanische Messverfahren wie das „Four-Wave-Mixing“ sog. „(Spin-)Echos“ von Quantenzuständen nach und unterzieht das Messergebnis einer Struktur-Analyse u.a..

Somit wäre es ausreichend, wenn unterhalb des Planckschen Wirkungsquantums eine „*informativ*“ Energie wirkt. Das würde den Energieerhaltungssatz nicht verletzen. Und es hätte noch den Charme, dass durch *geordnete* Modifikation des Produkts „Energie*Zeit“ bzw. „Ort*Impuls“ (=Wirkung) eine *zusätzliche* Steuerung möglich ist: der Anteil der Energie und der Zeit etwa könnte eine unterschiedliche Quanteninformation widerspiegeln. Hier könnte also Ordnung nicht nur dadurch erzeugt werden, dass klassisch gespeicherte Energie „just in time“, d.h. zeitlich-passiv ausge-



löst wird, sondern auch dadurch, dass ihre räumliche Entwicklung disponiert und ihre effektive Energiemenge definiert wird.

„Wo“ wären nun die verschränkten QuBits existent? Da ausgerechnet die V-Bits vom physikalischen Träger isoliert werden können (man denke an die o.g. Diphotonen), wären sie wohl henadisch über das neuronale Netz verteilt – ähnlich nichtlokal wie in einem Glasfaserkabel. Ihr ontologischer Ort könnte nun in der Tat das elektromagnetische sowie das gravitative Feld, also eine bestimmte „Schicht“ der Raumzeit, sein, ganz in Anlehnung an den in der Quantenoptik bekannten Subraum („decoherence-free sub-space“). Der Wirkungs- und Selbstvollzugsort der Geistseele wären also diese beiden physikalischen Felder, die wiederum als *Interface* zum klassischen neuronalen und biochemischen (und aufgrund der Nichtlinearität chemischer Wechselwirkungen) nichtlinearen Netzwerk fungieren.

Was passiert dann etwa in der Narkose oder im Schlaf? Das kann das Verständnis der konkreten Steuerung biophysikalischer und biochemischer Aktivitätsmuster vertiefen. Im Schlaf und in der Narkose sind die Aktivitätsmuster, die die finalen Schritte der sukzessiven Repräsentation bilden bzw. die am Schluss der Kaskade getakteter neuronaler u.a. energetischer Entladungen stehen, dekorreliert: sie verlieren ihre *Synchronizität* und somit ihre Synergie. Ihre *Kohärenz* geht verloren – und das kann doch exakt der Dekohärenz eines Quantensystems entsprechen, wobei freilich nur ein Teil des Quantensystems seine Kohärenz verliert und in einen sog. „gemischten“ Zustand, der durch die Dichtematrix beschrieben wird, übergeht. Folglich schläft die oberste Systemebene der Geistseele quasi mit dem Gehirn mit bzw. ist entsprechend narkotisiert.

Übrigens folgt aus der relativen Isolierbarkeit von V-Bits auch, dass das vollständige Erlischen neuronaler Aktivitätsmuster des Gehirns *nicht* als *Hirntod* gelten kann. Es wäre immer noch der Fall denkbar, dass sich die Geistseele „auf sich selbst“ zurück zieht und eben frei von klassischen Aktivitätsmustern bleibt: *nicht* jedem Gedanken entspricht ein neuronales Korrelat. Umgekehrt wären klassische Aktivitätsmuster kein Garant für ihre Spiegelung bzw. Kopplung mit dem Quantensystem (=der Fall des mentalen „Zombies“, der jedoch *keine* geordneten neuronalen Aktivitätsmuster mehr erzeugen würde; alles hängt also an der Ordnung neuronaler Aktivität).

Abschließend zu dieser Einleitung sei daran erinnert, auf wie vielen *verschiedenen Skalen* des Raumes und der Zeit mit den je eigenen Wirkungs-Einheiten Leben, bes. geistiges Leben realisiert wird: von der Skala des Körpers über die Skala der Zellen bis herunter zur Planck-Skala. Die Theorie des Geistes nun geht davon aus, dass auf der kleinsten Skala – also der Planck-Skala – eine implizite oder verborgene Ordnung sich selbst verwirklicht. Diese Quantenordnung nun zoomt sich quasi hinauf über verschiedene Skalen mit all ihren Billiarden von Billiarden Systemelementen bis zu der Skala, die uns vom Alltag her vertraut ist.

Die relativ stabile *Ordnung* des Körpers, der Zellen u.a. entsteht also aufgrund einer *verborgenen Quantenordnung*. Die Kohärenz eines komplexen Quantensystems ist dafür verantwortlich, dass klassische Systeme eine eigen Form und Kohärenz aufweisen. Energetisch ist das komplexe Quantensystem der Grund dafür, dass Leben klassisch stets fernab vom thermodynamischen Gleichge-



wicht existiert und Entropie „nach außen“ auslagern kann. Das komplexe Quantensystem – die sog. Geistseele, insofern sie eine bestimmte Komplexitätsstufe erreicht – hält den Körper „im Innersten zusammen“ (in Anlehnung an Goethe).

Schließlich vereint dieser Ansatz eine „top-down“- *Netzwerk-Kausalität* mit einer „bottom-up“- *Emergenz* der Geistseele, insofern die kleinste Skala für die „nach beiden Seiten“ hin emergierenden Ordnungen und Muster verantwortlich ist: es erfolgt sowohl eine Emergenz im Quantensystem als auch eine Emergenz klassischer Strukturen und Skalen mit ihren je eigenen „Gesetzlichkeiten“ bzw. Wechsel-Wirkungen und o.g. Wirkungseinheiten.

Die *Möglichkeiten* „zu sein“ werden bei einem lebendigen System durch die Geistseele limitiert; zugleich manifestieren sich in den limitierten Möglichkeiten „neue“ Möglichkeiten: so kann menschliches Verhalten zum Symbol werden für komplexe Information. Ebenso kodiert Sprache komplexe Information, obwohl sie die Möglichkeiten der akustischen Äußerungen stark einschränkt. D.h. durch geistbegabte Lebewesen wird eine *neue Wirklichkeits-Skala* geschaffen, die alle unteren Wirklichkeitsskalen in ihren Dienst nimmt. Daher wird schließlich durch die Beschränkung basaler Möglichkeiten die Möglichkeit „zu sein“ entschärkt: Komplexität und komplexe Strukturen werden in das Gestein primordialer Möglichkeiten „eingemeiselt“.

Zusammenfassung der Grundidee

Zusammenfassend manifestiert sich eine Grundstruktur, die als *roter Faden* einer Quantentheorie des Geistes, wenn man das vorbehaltlich einer detaillierteren Beschreibung bis hin zur mathematischen Präzisierung und biophysikalischen Verifikation so nennen mag. Als wesentliche Eigenschaften des Geistes zählen die emotionale Bewertung und Evaluation von System-Zuständen, die intentional-voluntative Selbstbestimmung, Selbstordnung und Selbststeuerung sowie die kognitiven Fähigkeiten der Assoziation, (Re-)Konstruktion und (Re-)Kombination von jeweils eine Systemebene tiefer liegenden basalen Wirkungs- bzw. Informationseinheiten, die dem mentalen *Screening* von Möglichkeiten und Optionen unterliegen.

- 1) Der zentrale Gedanke ist die **Emergenz einer „Ordnung aus Ordnung“**, näher hin einer makroskopischen Ordnung aus einer verborgenen Quantenordnung. Dabei emergiert in beiden Wirklichkeitsbereichen – der Wirklichkeit, die die Quantentheorie beschreibt, sowie der Wirklichkeit, welche die klassischen Physik beschreibt – spiegelbildlich eine immer komplexere Ordnung. Das zeigt sich darin an, dass kollektives Verhalten zur Herausbildung neuer Systemebenen bzw. Skalen führt. Eben solches kollektive Verhalten besitzt die Eigenschaft, dass es das Verhalten der Einzelelemente integriert, koordiniert und zusammen fasst. Eine Ordnung ist somit stets ein dynamisches Ordnen, das jedoch nicht irgendwie frei schwebt und sich im Prozess selbst konstituiert, sondern dessen komplexe Dynamik die Folge einer komplexen Struktur ist.

Durch diese Ordnung bzw. das dynamische Ordnen wiederum wird in der Sprache der Informationstheorie Information kodiert, indem das kodierende Muster immer komplexer



wird: „etwas in Ordnung (bzw. in eine Form, ein Muster) bringen“ kann auch als neg-entropisches Informieren (Erwin Schrödinger) verstanden werden. Aus der damit implizierten relativen Priorität der Information vor Energie und Materie – als „kondensierte Information“ (Carl Friedrich von Weizsäcker) – kann schließlich Information mit und durch Information verändert werden, d.h. ohne einen immensen Energieaufwand. So kann auch ein komplexes Quantensystem informierend wirken, ohne den Energieerhaltungssatz zu verletzen.

- 2) Die damit beschriebene Ordnung besitzt einen *materialen* und einen *formalen* Aspekt. Der **formale Aspekt** betrifft die eben genannte Herausbildung von komplexen und fraktalen Mustern. Sie scheinen die „Sprache“ des Geistes darzustellen. Sie sind letztlich unanschaulich, wie es höher dimensionale Muster nun mal sind: sobald sie anschaulich werden, degeneriert die ursprüngliche Komplexität bzw. positiv formuliert handelt es sich um eine analoge Abbildung, um einen Schattenwurf des komplexen Musters in eine „anschauliche“, sprich: dreidimensionale Darstellung. Damit ist die Sprache des Geistes bzw. der Seele keine binäre Sprache.

Es darf die Vermutung geäußert werden, dass das auch für die Sprache der Naturwirklichkeit gilt: ist diese „geistig“ i.S. von „geist-analog“, dann wird etwa eine Theorie des Raumes beschreiben müssen, wie fraktale Elemente die vierdimensionale Raumzeit emergieren lassen (vgl. die sog. „emergente Gravitation“ von Andrej Sacharov und die „kausale dynamische Triangulation“ von Renate Loll). Energetische Charakteristika könnten evtl. als „erlaubte Resonanzen“ dargestellt werden, die das Ergebnis einer „Passung“ von Fraktalen bzw. ihrer Transformation interpretiert werden.

- 3) Schließlich betrifft der **materiale Aspekt** der komplexen Ordnung die energetische Kausalität. Wie kann also eine Ordnung unterhalb der Quantenskala überhaupt makroskopische Wirkungen zeitigen und das thermodynamische Rauschen neg-entropisch strukturieren? Wie funktioniert das „Up-Scaling“, das Herauf-Zoomen der Quantenordnung, wie die „vertikale“ Wechselwirkung zwischen den unterschiedlichen Skalen? Wie konstituiert sich also das komplexe System auf verschiedenen raumzeitlichen Ebenen?

Auch gehört zum energetischen Aspekt die sog. „Netzwerk-Kausalität“ essentiell dazu: die Ausformung von Synergien (Stichwort: „Synergetik“) ist die Folge gezielter und koordinierter Freisetzung bzw. Inaktivierung von kurzfristig gespeicherter Energie (sog. Disinhibition und Re-Inhibition energetischer Aktivität). Die zeitliche Strukturierung der Energie bedingt dann auch eine räumliche Formung bzw. Strukturierung, was schließlich zur Herausbildung von Aktivitätsmustern führt. Sie sind durch „just in time“ – Prozesse bedingt und die Folge von Synchronizitäten. Eine Netzwerk-Kausalität wiederum beschreibt im Grunde die kollektive Verursachung und dadurch Konstituierung höherer System-Skalen, d.h. die o.g. Emergenz von Ordnung bzw. Zunahme von Komplexität bis zur Etablierung komplexer Muster voller komplexer Information.

- 4) Bezogen auf die Rolle der Quantentheorie lässt sich ihre *mathematische und biophysikalische Besonderheit* festhalten. Mathematisch lassen sich mentale Phänomene wie z.B. Reflexion, Bewusstsein, Selbstsein als Selbstorganisation und Selektion, aber auch das Denken als Transformation komplexer Muster bzw. als Erzeugung und Verarbeitung von Information modellieren.

Biophysikalisch kann das Interface zwischen der Geistseele und dem Gehirn plausibilisiert werden, etwa durch informationelle Netzwerk-Kausalität eines „holistischen Informationsrasters“, aber auch analog der Steuerung nichtlinearer Systeme durch Quanten-Chaos-Kontrolle (quantum chaos control). Ebenso werden instantane Synchronisierung, raumzeitliche Koordination biochemischer und bioelektrischer Aktivitätsmuster sowie die nicht-lineare Emergenz komplexer Information (controlled emergence) verständlich. Last but not least erklärt die Quantentheorie die enorme Geschwindigkeit und Energieeinsparung lebendiger Systeme bis herauf zum Denken i.S. einer Adaptation kraft des instantanen Screenings von Reaktions- oder Aktionsmöglichkeiten. Auch die Selbst-Stabilisierung durch komplexe Informationsverarbeitung und die relationale Subsistenz eines komplexen Quantensystems relativ different von und relativ identisch mit Ereignissen in der klassischen Raumzeit gehören zu den Vorteilen einer Beschreibung durch die Quantentheorie.

- 5) Dabei werden jedoch auch die *Grenzen* einer Quantentheorie des Geistes manifest: eine konventionelle Quantentheorie reicht nicht aus, um mentale Prozesse und Systeme zu erfassen. Hinzu treten eine *Quanten-Informationstheorie* sowie eine *nichtlineare Quanten-Systemtheorie der flexiblen Adaptation*. Die *Quantentheorie und Evolutions-, Selektions- und Adaptationstheorie* konvergieren zu einer umfassenden Meta-Theorie.

Damit wird es auch naheliegend, die Quantentheorie nicht mehr auf eine binäre „nullte“ Quantisierung (Carl Friedrich von Weizsäcker) zurück zu führen, da eine lineare Superposition bzw. „Digitalisierung“ von einfachen „Ja-Nein“-Alternativen ebenso wenig ausreicht wie die Suche nach einem binären oder fraktalen Algorithmus, der Prozesse letztlich im physikalischen und (!) mathematischen Sinn determiniert und berechnet. Lebendige und intelligente (mentale) Systeme berechnen nichts, sondern (re-)agieren kreativ und adaptiv auf einer „umfassenden“ (henadischen, globalen, oberen, vertikalen) Skala eines komplexen Systems – hier sind ein neuer Informationsbegriff (komplexe Information) sowie eine neue „kleinste Wirkungseinheit“ gefragt. Ferner bedarf es einer Begrenzung mathematischer Unendlichkeiten i.S. einer nichtlinearen (!) Quantentheorie, etwa durch eine fraktale Vor-Struktur des Raumes, die die erlaubten und möglichen Resonanzen von Energie und somit Teilchen als resonante (selbstähnliche, symmetrische, geordnete) Wellen definiert.

Die konventionelle Quantenmechanik als eine „*Theorie der Möglichkeiten*“ verweist zumindest in die richtige Richtung, wenn sie nicht summativ, sondern in sog. Produktzuständen denkt: die Möglichkeiten können als mögliche *Relationen* zwischen basalen Wirkungseinheiten aufgefasst werden. Damit wäre nur solche Information seins-möglich, die in Relationen und Wechselwirkungen realisiert ist. Auch das Denken kann im Grunde als systematische *Assoziation*, d.h. als Verknüpfung, (Re-)Kombination, (Re-)Konstruktion verstanden



werden: das, was assoziiert und miteinander durch Relationen verbunden wird, sind einzelne basale Systemelemente. Die Assoziation hat den Zweck der sinnvollen Herstellung von Inter-Relationen zwischen ihnen, so dass in diesen Inter-Relationen komplexe Information über basale Informationen emergiert: es erfolgt die Transformation von ungeordneten Wirkungen in geordnete Wirkungen.

So wird die konventionelle Quantentheorie weder ausreichen, Leben oder Intelligenz, noch komplexere Systeme als ein primitives Wasserstoffatom genau zu beschreiben. Auch wird es aufgrund der geist-affinen Struktur von Raum und Zeit nicht möglich sein, diese zu „quantisieren“ (Quantengravitation), wenn nicht binäre Ur-Einheiten, elementare Ereignisse o.ä. etwa durch fraktal strukturierte Ur-Wirkungen ersetzt werden. Daher sollte eine umfassende Theorie auch die *Dynamik* evolutiver Prozesse nichtlinearer Systeme erfassen, indem sie die Abfolge von Struktur-Dynamik-Struktur-Dynamik ... auf verschiedenen Skalen beschreibt.

All das jedoch erfordert einen *Verzicht* auf die mathematische Wunschvorstellung einer *umfassenden* Berechenbarkeit auf Basis platonischer eherner Gesetze, die jedwede Dynamik auf einer bestimmten Ebene vollständig determinieren. Vielmehr ist die adäquate Simulation und im best case sogar die Emulation komplexer Dynamik als Resultat komplexer Muster und Strukturen erforderlich. Im Fall der erfolgreichen Emulation entsprechend komplexer Systeme wäre es berechtigt, von einer künstlichen Intelligenz im originären Sinne zu sprechen.



Geist und Gehirn.

Die essentielle Rolle einer Quanten-Systemtheorie

Beobachtung Gehirn	Gegenwärtige Erklärung	Quanten-Systemtheorie
<i>Synchronizität im msec-Bereich präzise</i>	Passende Weglängen zwischen Neuronen sind allmählich durch Selektionsprozesse evolviert	Instantane Koordination durch ein makroskopisches Quantensystem erforderlich
<i>Informationsverarbeitung durch Iteration von neuronalen Aktivierungsmustern</i>	Das „Binding-Problem“ i.S. der nicht-chaotischen Ordnung einzelner Inputs und Aktivitätsmuster bleibt unerklärt, da Selbstorganisation nicht hinreichend verstanden ist (=Integration von Inputs mit unterschiedlicher Transduktionszeit zu einem sinnvollen Muster?!)	Quantische Informationsverarbeitung geschieht <i>zwischen</i> zwei Aktivierungszuständen und sorgt für eine geordnete, nicht-chaotische Erzeugung von Aktivierungsmustern durch die raumzeitlich geordnete Aktivierung von Neuronengruppen
<i>Sequenzielle Repräsentation der Perzepte</i>	Iteration der neuronalen Aktivierungen bzw. iterative Selektion neuronaler Gruppen (Singer, Edelman)	Zwischen zwei Aktivierungszuständen geschieht „pure“ Quanteninformationsverarbeitung
<i>Zeitliche Taktung bzw. Quantisierung der Perzepte (=3 sec- Fenster für die fünf Sinne gesamt)</i>	Durch klassische Oszillationen (Pröpper)	Durch Pufferzonen, in denen reine Quanten-Informationsverarbeitung geschieht: die 3 sec-Taktung ist primär das Resultat der erforderlichen Koordination durch Quanteninformationsverarbeitung
<i>Geschwindigkeit der Signaltransduktion</i>	Evtl. quantische Wellen- und Teilcheneffekte bei Ionenkanälen (Bernroider)	Teilweise ausschließlich quantische Informationsverarbeitung „jenseits“ der klassischen Raumzeit (Görnitz)
<i>Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung</i>	Ontogenetische Evolutionsprozesse bestimmen die neuronale Architektur: es steht immer eine passende Leitungsgeschwindigkeit zur Verfügung	Instantane Koordination der makroskopischen Entladungsaktivität und Signaltransduktion „jenseits“ der klassischen Raumzeit
<i>Energieeffizienz der Informationsverarbeitung</i>	Klassische Emulation statt Simulation spart Energie (keine Pufferzonen!)	Pure Quanten-Informationsverarbeitung kostet fast keine Energie
<i>Selektion zwischen neuronalen Verbindungen in der Entwicklung und aufgrund von Erfahrung</i>	Theorie neuronaler Gruppenselektion (TNGS): Konkurrenz zwischen Neuronen-Ensembles und Kohärenz von Aktivierungszuständen	Instantanes Screening sämtlicher superponierten Möglichkeiten auf der Ebene der Quantentheorie sowie Selektion durch (konstruktive und destruktive) Interferenz
<i>Evaluation von aktivierten Mustern (=Selbst-Selektion durch das Bewertungssystem)</i>	Selbstorganisationsprozesse des hochdifferenzierten Bewertungssystems bleiben unerklärt	Möglichkeiten der klassischen Selbstorganisation resultieren aus der Quanten-Selbstorganisation

<i>Informationsverarbeitung</i>	Nur klassisch i.S. zufällig nicht-chaotischer Aktivitätsmuster	Primär quantische Informationsverarbeitung, deren teilweiser (!) Read-Out (<i>und</i> zugleich klassischer Input) das klassische Aktivierungsmuster ist
<i>Komplexität der Informationsverarbeitung</i>	Nur binär bzw. streng deterministisch-algorithmisch	Erzeugung <i>und</i> unmittelbare (nicht binäre und nicht algorithmische!) Verarbeitung komplexer Information auf Quantenebene (=erhöhte Repräsentations-, Projektions- und Transformationsmöglichkeit)
<i>Worin besteht die „Lösung“ bzw. das Ergebnis eines Rechenganges?</i>	Lineare Algebra: Lokale Minima oder Maxima der <i>Energie</i> . <i>Amplituden</i> repräsentieren binäre oder superponierte (quantische) Zustände	Nichtlineare Emergenz: verschiedene geometrische <i>Muster</i> konkurrieren miteinander, bis sich ein <i>Aktivitäts-Muster</i> als „Lösung“ durchsetzt
<i>Emergenz von nicht-chaotischer Ordnung</i>	Der unterliegende Prozess der Emergenz von nicht chaotischen Mustern und der einher gehenden thermodynamischen Minimierung (!) der Entropie bleibt unbekannt: das „Wunder“ der geordneten Selbstorganisation	Nur bestimmte Kombinationen von Quanten-Zuständen und Verschränkungen sind möglich: nichtlineare Quanten-Emergenz führt zu nicht-chaotischer Ordnung. Externe Kontrolle der Quanten-Emergenz durch spezifische komplexe klassische Strukturen und Resonanzen (klassisch „kontrollierte Emergenz“)
<i>Evolution des Gehirns: Selektion während der Dynamik der Evolution aufgrund von genetischen u.a. Strukturen</i>	Die Dynamik geordneter Evolution bzw. der Evolution komplexer Ordnung wird genetisch und epigenetisch reguliert (auf der molekularen Skala etwa durch Gewebepolarisationsmoleküle)	Fraktales Wachstum real (!) komplexer Ordnung wird durch eine „Quantensoftware“ bzw. ein „lebendiges Programm“ gesteuert: permanente informationelle (!) Wechsel-Wirkung zwischen quantischer und klassischer Wirklichkeit
<i>Geordnete (!) Zunahme der Komplexität</i>	?	Die Quanten-Wirklichkeit ist die Basis der Selektion zwischen verschiedenen Ordnungen, die instantan vorliegen und miteinander konkurrieren (<i>Selektion im Quanten-Reich der Möglichkeiten</i>)
<i>Emergenz von Bewusstsein</i>	?	Bewusstsein entspricht einem qualitativ neuen emergenten Quantenzustand, der <i>sich selbst</i> stabilisiert (durch geordnete und sich ordnende Quanten-Dynamik)
<i>Mentale Reflexionsfähigkeit</i>	?	Projektion von „unendlichen“ Quantenzuständen ermöglicht die „Reflexion“ und iterative Selbst-Bezüglichkeit



Was kann also im Folgenden die **Quantenbiologie** zum Verständnis des Geistes bzw. einer geistigen Seele beitragen? Die sich allmählich etablierende Wissenschaft der Quantenbiologie befasst sich mit *Quanteneffekten im Organischen* – und das bei Zimmertemperatur, d.h. ohne dass es zur sog. Dekohärenz kommt (Dieter Zeh, Max Tegmark), bei dem ein Quantensystem zerfällt bzw. seine Kohärenz verliert! Sie postuliert, dass „Teilchen“ auf der Mikroskala sich auch als „Wellen“ verhalten und ihre eigene *Quanten-Dynamik* entfalten: irgendwo „jenseits“ der klassischen Raumzeit finden somit dynamische Prozesse statt, die nicht im thermodynamischen Rauschen, in chaotischen Fluktuationen oder in der Quanten-Turbulenz auf- und untergehen. Nein, sie laufen *geordnet* ab!

Quanteneffekte sollen dabei *instabile* Systeme betreffen – so ähnlich wie eine senkrecht stehende Nadel. Sie fällt auch beim kleinsten Windhauch um, d.h. man braucht einen minimalen Energieaufwand, um einen makroskopisch sichtbaren Effekt zu erzeugen. Den Windhauch würde ein Vorgang verursachen, der von der Quantenebene her die Nadel „informiert“ (informationelle bzw. ordnende Kausalität): die Nadel fällt dann genau dann dahin, wie es das Quantensystem veranlasst bzw. bestimmt. Die zuvor gespeicherte Energie wird im geordneten Fallen der Nadel freigesetzt (*passive* Disinhibition der gespeicherten Energie). Somit hätten Quanteneffekte *makroskopische* Auswirkungen und könnten das thermodynamische Rauschen überwinden (Up-Scaling Effekte an sog. Bifurkationspunkten bes. bei nichtlinearen Systemen). Solche instabilen Systeme gibt es scheinbar an verschiedensten Stellen: so bei *Enzymen*, die durch einen Quanteneffekt aktiviert oder inaktiviert werden können, oder bei der elektrischen *Signaltransduktion* an den von Quanteneffekten abhängigen Ionen-Kanälen von Nervenzellen, oder bei der sinnlichen Wahrnehmung von einzelnen Photonen durch die *Retina* der Netzhaut, oder bei der *Geruchswahrnehmung*, oder bei der fast 100% effizienten Weiterleitung von Photonen in Form von sog. Exzytonen bei der *Photosynthese*, bei der Veränderung der Wasserstoffbrückenbindung zwischen zwei Strängen der *DNS* (die Quanteninformation bestimmt, welches Basenpaar vorliegt, d.h. die genetische Information ist Ausdruck von QuBits!) etc.. Je *genauer* gemessen wird, desto mehr erkennt man die Notwendigkeit von Quanteneffekten, damit beobachtbare makroskopische Effekte zustande kommen können.

Werden lebendige Systeme als ein *Netzwerk* von Elementen gesehen, die miteinander auf eine nicht zufällige und nicht chaotische Weise komplexe Synergien durch fein abgestimmte synchrone Wechselwirkungen ausbilden (komplexe Dynamik), so erfolgt vielleicht die Steuerung dieser Elemente durch sog. *Quantenschalter*. Und das steuernde System wäre ein unsichtbares Quantensystem, das *sich selbst* ordnet und ständig im Dialog mit dem klassischen System steht: beide Systeme würden sich permanent *gegenseitig beeinflussen*, bis ab einem bestimmten Schwellenwert sogar *Bewusstsein* und Selbstbewusstsein als vollständige Integration und Projekten komplexer Zustände innerhalb des Quantensystems emergieren würde. Das Quantensystem würde dabei *kontrolliert* in ein EM-Feld und/oder in das Gravitationsfeld (in die Raumzeit) hinein *emergieren* und immer komplexere Zustände in Form von *Meta-Hierarchien* verwirklichen. Das klassische System würde umgekehrt zu immer komplexeren Zuständen, die immer komplexere Dynamiken emergieren lassen, in die Lage versetzt, sprich: *Selbstorganisation*, die nicht chaotisch, sondern geordnet verläuft, bedarf ab eines bestimmten Grades von Komplexität eines verborgenen „*zentralen Ordners*“ (in Anlehnung an Werner Heisenberg), der Ordnung in das Reich der gegebenen *Möglichkeiten* bringt. So kann aus Quantenordnung eine klassische Ordnung auf unterschiedlichen Skalen emergieren (Erwin Schrödinger). Lebendige Systeme wären also eine *Wetware* – und keine Hardware –, die durch komplexe Muster und Formen, d.h. durch eine *komplexe Quantensoftware* – und nicht durch eine binäre Software – gesteuert wäre bzw. sich selbst (!) steuern.

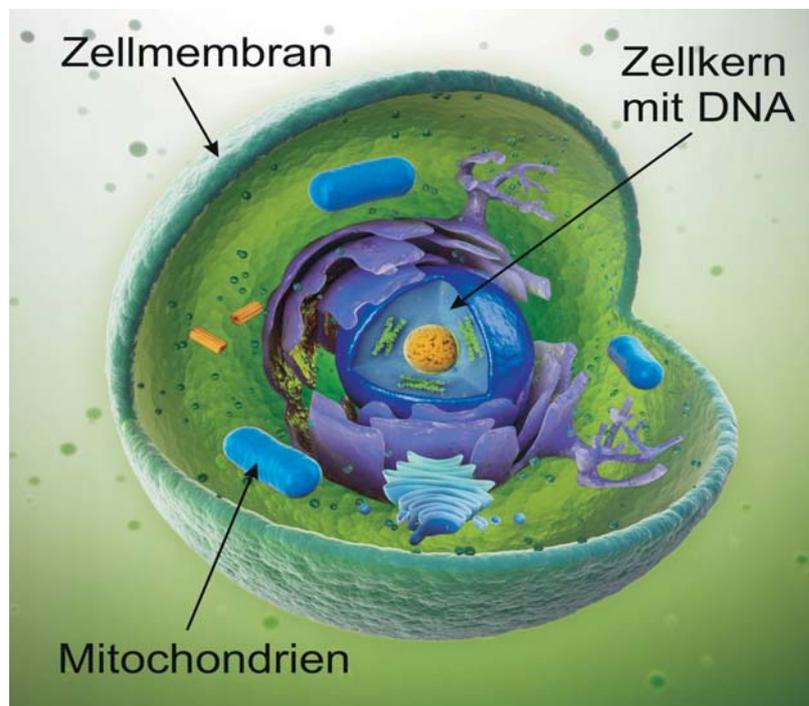
Quantenbiologie als Basis einer „Theory of Mind“

Was ist Quantenbiologie?

Bevor die Relevanz von Quanteneffekten in der Biologie – das ist das zentrale Thema der sog. Quantenbiologie¹ – beschrieben wird, die zumindest in komplexeren Systemen als Manifestation eines sich darin auswirkenden Quantensystems verstanden werden, kann kurz auf einige Besonderheiten des „Lebens“, exakter: lebender Systeme hingewiesen werden.

Man betrachte ad hoc, d.h. ohne ins Detail zu gehen, eine beliebige lebende biologische Zelle. Was fällt dabei einem unvoreingenommenen Betrachter auf?

Als erstes erkennt man eine Vielzahl unterschiedlicher komplexer Gebilde und Strukturen. Sie scheinen ein Wirrwarr und Chaos zu bilden – doch bei näherem Hinsehen erkennt der Beobachter, wie sich zwischen den eigenartig, fast schon fraktal strukturierten Gebilden ein Zusammenwirken, d.h. eine Synergie, herrscht. Diese Synergie ist auf verschiedenen Skalen zu erkennen: schreitet man von oben nach unten, so gibt es eine Synergie auf der Ebene der Zellverbände, der einzelnen Zellen, der Molekül-Komplexe sowie Molekü-



le, bis herab – so die These der Quantenbiologie – zur Skala, die unterhalb der sog. Planck-Größe beginnt (10^{-33} cm, 10^{-42} sec). So kann eine immer subtilere *verborgene Ordnung* auf unterschiedlichen Skalen dekuviert werden.

Diese Ordnung ist ferner nicht statisch, sondern kommt durch eine *geordnete Dynamik* zustande: die Ordnung ist das Resultat eines ständigen dynamischen Ordners. Bricht diese Dynamik je ab, so hat das den „Tod“ der Ordnung zur Folge: ein totes System tendiert stets dazu, seine Ordnung aufzulösen und folgt dem thermodynamischen Zeitpfeil in Richtung totaler Zersetzung und System-

¹ Einführend lese man: Jim Al-Khalili; Johnjoe McFadden: Der Quantenbeat des Lebens. Wie Quantenbiologie die Welt neu erklärt, Berlin ²2015

zerfall. Das, was die Ordnung erschafft und das System zusammen hält, ist demnach „lebendig“ und „dynamisch“.

Vergleicht man ein lebendes System mit einem künstlichen Artefakt, so springt der essentielle Unterschied beider sofort ins Auge. Ein lebendes System stabilisiert sich selbst, es ordnet und organisiert sich selbst. Es gibt im lebenden System kein Exekutiv-Programm, das Prozesse algorithmisch ordnen und strukturieren müsste. Auch passt sich ein lebendes System adaptiv an neue externe Gegebenheiten an: es ist in der Lage, solche Möglichkeiten des Sich-Verhaltens zu verwirklichen, die mitnichten durch einen deterministischen Algorithmus antizipiert werden könnten.



Ein künstliches System jedoch wird bis dato durch den externen Schöpfer bzw. Designer strukturiert und geordnet. Ein externes Programm, das sich nicht selbst schreiben kann, ist die Ursache einer Ordnung, die keine „Innen-seite“ kennt. Der Konstrukteur und Schöpfer fungiert eher wie ein extern agierender Marionettenspieler. Das künstliche Artefakt wiederum kann mit einer

Aufziehuppe verglichen werden: sobald ein Verhaltens- bzw. Strukturierungsprogramm aktiviert wird, folgt sein Verhalten den deterministischen Bahnen, die das algorithmische Programm vorgibt. Es gibt demnach nichts, was ein künstliches System „im Innersten zusammen hält“ (J.W. v. GOETHE).

Auf einen wesentlichen Unterschied in der Künstlichen Intelligenz sollte an dieser Stelle hingewiesen werden: auf digitaler Basis arbeitende Quantencomputer benutzen den exponentiellen Geschwindigkeitszuwachs gegenüber klassisch arbeitenden Computern, weil sie in der Lage sind, komplexe Zustände „auf einmal“ mit Hilfe der Quantentheorie zu repräsentieren: klassische Zustände und klassische Relationen werden durch Quantenzustände und Quanten-Relationen ersetzt bzw. auf sie abgebildet. Daneben gibt es jedoch die u.g. neuronalen und neuromorphen Netze: bis dato arbeiten diese klassisch, da es hier wenig Sinn macht, die Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung durch einen digitalisierten Quantencomputer zu erhöhen.

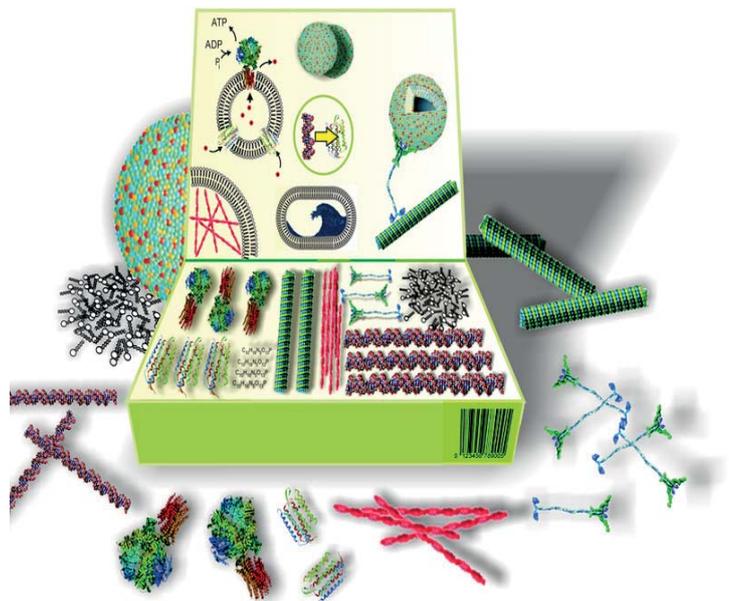
Das ist verblüffend: denn in lebenden Systemen beobachtet man, sofern die systemische Wechselwirkung auf verschiedenen Skalen in der Sprache der Informationsverarbeitung beschrieben wird, erneut eine Parallelverarbeitung, ein Netzwerk interagierender Systemelemente. Sie sind dennoch äußerst schnell – wie geht das? Auch sind sie äußerst geordnet, obwohl nicht ein klassisches Ausprobieren durch „Versuch & Irrtum“ stattfinden kann: das Zustandekommen der Ordnung einer biologischen Zelle erfordert *keine zufälligen Blindversuche*, sondern geschieht „zielge-

richtet“, fast schon mit ARISTOTELES „teleologisch“ i.S. einer Entelechie. Folglich müssen die Möglichkeiten, die Ordnung bzw. das System von geordneten Wechselwirkungen zu gestalten, irgendwie „anders“ ausprobiert worden sein.

Hier, genau an dieser Stelle, kann u.U. die **Quantentheorie** zu Hilfe kommen: sie erlaubt es, dass Möglichkeiten *ausprobiert* werden, ohne dazu ein klassisches Korrelat haben zu müssen. Das Ausprobieren von Möglichkeiten bzw. das Screening von Optionen erfolgt nicht klassisch, sondern instantan und quasi „auf einmal“. Das widerspricht eklatant der Thermodynamik, wo das „Gesetz der großen Zahl“ und der „zentrale Grenzwertsatz“ vorherrscht: man braucht eine hinreichend große Anzahl von Versuchen, und das Ergebnis tendiert deterministisch in Richtung eines Grenzwertes. Ganz anders jedoch lebende Systeme, wo oft nur wenige oder gar ein einzelnes Molekül „von sich aus“ eine geordnete Bewegung bzw. eine systemische Wechselwirkung mit anderen Molekülen realisiert.

Doch kehren wir zurück zu den bestehenden Ansätzen, ein künstliches lebendes System zu erschaffen: zur sog. Systembiologie und zur synthetischen Biologie. Die Systembiologie betrachtet das Leben primär als System, d.h. von ihrer formalen Seite aus. Daher verspricht sie sich wenig davon, dass ein Lebewesen zunächst einmal getötet und seziiert wird, um es „besser“ verstehen zu können.

Abb.: Für die synthetische Biologie ist eine Zelle wie ein Baukasten, der mit Einzelkomponenten eines Systems gefüllt ist. Das Problem: wer initiiert bzw. startet das System ... ?! Und zwar so, dass es sich selbst ordnen und gestalten kann?!



Vielmehr wäre das aus der Perspektive der Systembiologie ein gewisses Einfrieren eines Zustandes und eine Momentaufnahme von Wechselwirkungen eines Systems. Die Systembiologie richtet ihren Blick auf die Dynamik des Wechselwirkungsprozesses.

Die synthetische Biologie wiederum versteht sich in der Tradition des Ingenieurhandwerks: wie ein Ingenieur eine neue Maschine entwirft, so designt ein synthetischer Biologe eine künstliche Proto-

zelle. Das Problem bis dato ist jedoch, dass ausnahmslos jeder Versuch, eine künstliche Protozelle zu erschaffen, ein bereits vorhandenes (!) lebendiges System als sog. „Chassis“ erfordert.

Ohne ein *bestehendes* System, auf dem dann in einem zweiten Schritt künstliche Elemente aufgebracht werden – in der Hoffnung, dass sie vom bereits existierenden lebenden System integriert und angenommen werden –, funktioniert die synthetische Biologie nicht.



Was kennzeichnet also das Leben aus? Was ist unentbehrlich, um „Leben“ zu verstehen? Betrachtet man etwa einen Schmetterling, so erkennt man eine Ordnung, die komplex ist. Der Schmetterling bestimmt außerdem in gewisser Hinsicht sich selbst, indem er sich selbst ordnet und seine Ordnung immer wieder dynamisch organisiert, etwa durch wunderbare Synergien, durch ein hochkomplexes System von Wechselwirkungen, durch die äußerst genaue Feinabstimmung von Prozessen und Ablaufmustern und durch „initiale Eigenaktivität“ (M. HEISENBERG), d. h. durch die spontane Aktivierung von Verhaltensprogrammen zwecks des spielerischen Ausprobierens (K. POPPER) von Möglichkeiten.

Stichpunktartig können einige Charakteristika lebender Systeme zusammen gefasst werden.

Das Leben ist ... :

- *anpassungsfähig*
- *entwicklungsfähig*
- *kreativ: ein lebendes System ordnet und bestimmt sich (durch sich) selbst*
- *voller wunderbarer Synergien*
- *schneller als es die klassische Physik „erlaubt“: eine simulierte Sekunde von Wechselwirkungen lebender Systeme erfordert >1000-mal so lange Simulationszeit*
- *äußerst energieeffizient: es verwertet Energie teilweise mit einem Wirkungsgrad von annähernd 100%*
- *sehr energiesparend (z.B. menschliches Gehirn): ein simulierendes Gehirn verbraucht >1 Mio-mal mehr Energie als das simulierte Original*
- *sich selbst erhaltend: sobald das „Prinzip“ der Selbstordnung nicht mehr (informierend?!) wirkt, zerfällt ein lebendes System, da nichts mehr es von innen her zusammen hält*

Um diese Charakteristika erklärbar zu machen, bedarf es des Rückgriffs auf Quantensysteme: diese besitzen **Eigenschaften** irgendwie „jenseits von Raum und Zeit“, die auch lebendige Systeme auszeichnen.



Die sog. Quantenbiologie befasst sich nun mit makroskopisch relevanten Quanteneigenschaften in organischen Systemen, die empirisch nachweisbar sind. Was näher unter einem empirischen Nachweis zu verstehen ist, wird unten näher beleuchtet. Hier interessiert zunächst die Definition der Quantenbiologie: wenn Quanteneigenschaften, die auf der kleinstmöglichen Skala der Raumzeit auftreten, überhaupt makroskopische Auswirkungen besitzen sollen, so müssen sie „unverzerrt“ auf größeren Skalen wiedergegeben werden.

Aufgrund dieser „unverzerrten“, man kann auch sagen, „analogen“ Vergrößerung von Quanteneffekten kann hier auch nicht univok von einer „**Emergenz**“, d.h. dem spontanen Auftauchen von *Ordnung aus Unordnung*, gesprochen werden. „Emergenz“ meint die Etablierung von Ordnungsparametern, die ab einer bestimmten *Skala* auftreten und das Verhalten, sprich: die Ordnung des Systems, bestimmen bzw. mit HERMANN HAKEN sogar „versklaven“. Emergenz kann „statistisch“ modelliert werden als thermodynamische *Ordnung aus dem Chaos* wie bei einer sog. „Boltzmann-Maschine“ (nach LUDWIG BOLTZMANN, dem Vater der Thermodynamik). So kann aus vielen Wassermolekülen eine *geordnete* Struktur emergieren, die gemeinhin als Wasser-Welle bezeichnet wird. Das Verhalten der einzelnen Wassermoleküle wird durch die Makro-Ordnung der Welle „versklavt“.

Im Fall der Quantenbiologie soll jedoch „*Ordnung aus Ordnung*“ (ERWIN SCHRÖDINGER) und nicht „Ordnung aus Chaos“ emergieren. D.h. das System aus kooperierenden Quanten, die immer neue Synergien herausbilden, projiziert gewissermaßen seine interne Ordnung auf größere Skalen. Das ist der Clou der Quantenbiologie: die *makroskopische* Ordnung emergiert aus der Quantenordnung. Sie ist jedoch *nicht* einfach die „lineare“ Projektion der Quantenordnung, sondern ihre **analoge** Interpretation. D.h. auf höheren Skalen wird die Quantenordnung gewissermaßen „schöpferisch“ und kreativ interpretiert. Daher ist auch hier die Rede von nichtlinearer „Emergenz“ im Unterschied zur linearen „Projektion“ berechtigt.

Die *Besonderheit der dynamischen (!) Quantenordnung* bilden spezifische Quanteneigenschaften, die im Makroskopischen alles andere als selbstverständlich erscheinen. Dazu gehört insbes. der „holistische“ Charakter von Quantensystemen, der unter Stichworten wie „nichtlokaler Realismus“, „Verschränkung“ und „Superposition“ firmiert.

Quanteneigenschaften

Quanteneigenschaften scheinen insofern nicht klassisch zu sein, als sie sich *nicht* mit den klassischen Kategorien von Raum, Zeit, Materie beschreiben lassen. Sie verweisen auf eine Realität „von anderer Art“, auf das *Reich der Möglichkeiten voller Information und potentieller Ordnung*.

- **Nichtlokaler Realismus** (Superposition): Das Quantensystem liegt irgendwie „jenseits von Raum und Zeit“; hier kommt es zu einer sog. „linearen Superposition“ von Zuständen $\Psi(x,t) = \alpha \Psi_1 + \beta \Psi_2$ (die gesamte Wellenfunktion Ψ in Abhängigkeit von Ort und Zeit wird durch zwei Wellenfunktionen konstituiert).

Die Superposition resultiert daraus, dass ein Quantensystem wie eine Möglichkeitswelle quasi „über den Raum verteilt“ ist. Ein Quantensystem kann entweder als Welle oder als Teilchen beschrieben werden: Welle und Teilchenbild sind zueinander komplementär (NILS BOHR).

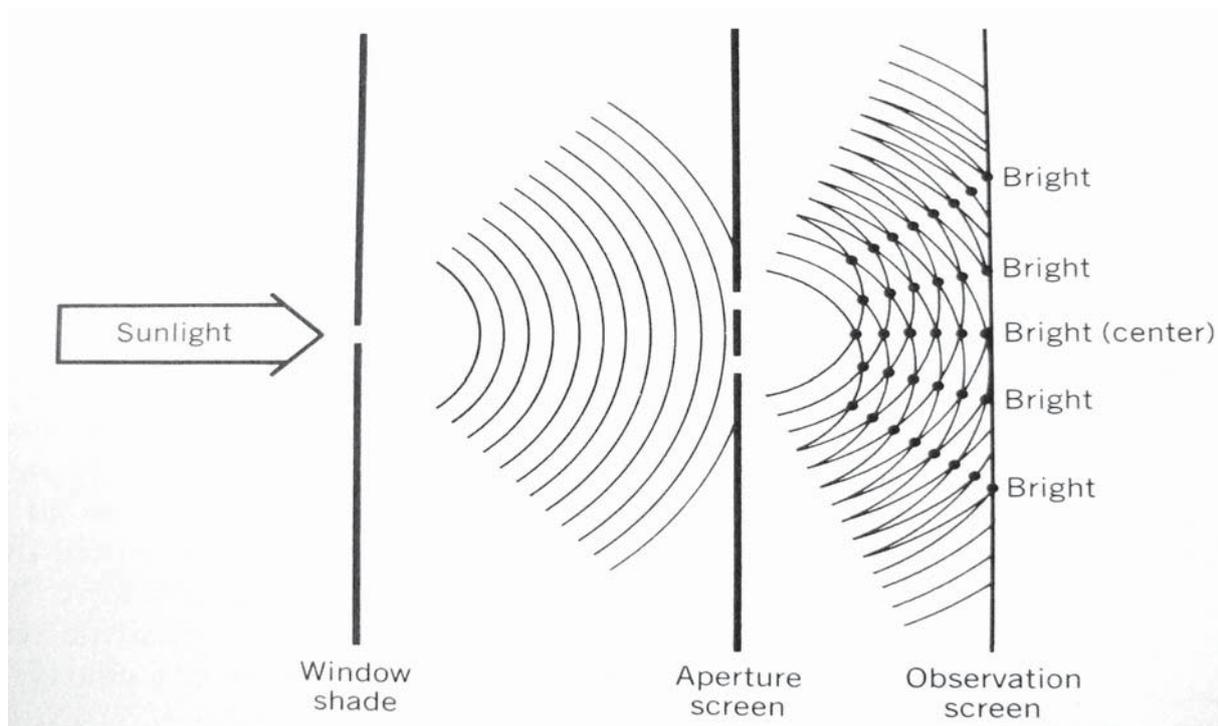


Abb.: Zwischen Emission und Absorption verhält sich das Licht wie eine Welle, die verschiedene Möglichkeiten auf dem Weg zur Absorption simultan und parallel realisiert; der Akt der Absorption (Messung) jedoch bedingt den Verlust des Wellencharakters und somit der Möglichkeiten: das Licht verhält sich wie ein Teilchen (Photon).

- **Henadische Ganzheit von Quantenzuständen:** das ist eine unmittelbare Folge des nichtlokalen Realismus. Ein regional begrenzter holistischer, d.h. „henadischer“ Quantenzustand ist mathematisch ein determinierter Produkt- oder Potenzzustand. Es kommt zu instantanen „informationellen“ Wechselwirkungen zwischen Elementen des Quantensystems – zwischen sog. QuBits (Quantenbits).
- **Unbestimmtheitsrelation:** sie resultiert daraus, dass die Wirkung (Impuls*Ort, Drehimpuls*Winkel) nicht in ihre einzelnen „Teile“ zerlegt und folglich nicht beliebig genau gemessen werden kann. Real ist nur die Wirkung – und nicht der isolierte Impuls. Die Ausnahme von dieser Definition bildet die Wirkung als „Energie*Zeit“, sofern die Zeit beliebig genau messbar ist, doch die Energie ins Unendliche wachsen würde, wenn der Abstand zwischen zwei Messzeitpunkten beliebig klein wäre.
- **Verschränkung von Zuständen:** aufgrund des nichtlokalen Realismus kommt es zur Verschränkung von Zuständen – gemeint ist die „spukhafte Fernwirkung“ (ALBERT EINSTEIN) zwischen *räumlich separierten* Elementen eines Quantensystems.



Abb.: Der Forscher in der Mitte präpariert ein sog. Diphoton, das mit jeweils einem Elektron verschränkt ist. Verschränkung geht über die Superposition hinaus, insofern eine Korrelation zwischen den verschränkten „Elementen“ bzw. „Eigenschaften“ des Quantensystems auftritt, so dass die Zustandsänderung eines der verschränkten Eigenschaften instantan (!) zur Zustandsänderung des „Partners“ führt. Die Verschränkung kann – wie hier gezeigt – auch auf Dritte (hier: das Elektron) übertragen. Sie ist somit relativ vom materiellen Substrat unabhängig.

- **Theorie der Möglichkeiten:** die Quantentheorie handelt von Möglichkeiten und nicht von Wirklichkeiten, d.h. von *akt-potentiellen* Zuständen. Sie beschreibt die „Aktualisierungspotenz“ von Systemen. Auf der Quantenebene sind Möglichkeiten denkbar, die klassisch vollkommen undenkbar wären, etwa das „Durchtunneln“ von energetischen Barrieren (Tunneleffekt). Somit ist es prinzipiell denkbar, dass ein Quantensystem verschiedene Möglichkeiten „ausprobiert“ bzw. zwischen ihnen selektiert, ohne dass eine große Anzahl eines klassischen Versuch & Irrtums erforderlich wäre.

Der Akt der Selektion zwischen den Möglichkeiten wiederum geschieht geordnet: das Quantensystem wäre somit in der Lage, sich selbst durch permanente Selektion von Möglichkeiten zu ordnen. Der Akt der Entscheidung wiederum würde dem Akt der Konkretion entsprechen, was analog zur „Messung“ eines Quantensystems wäre.

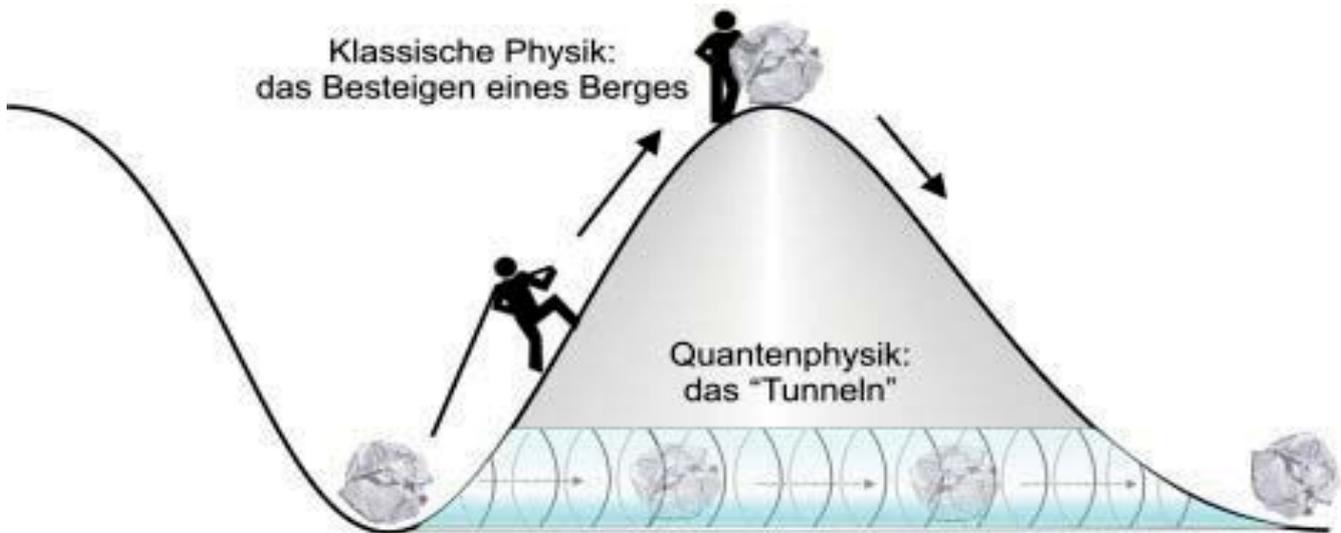
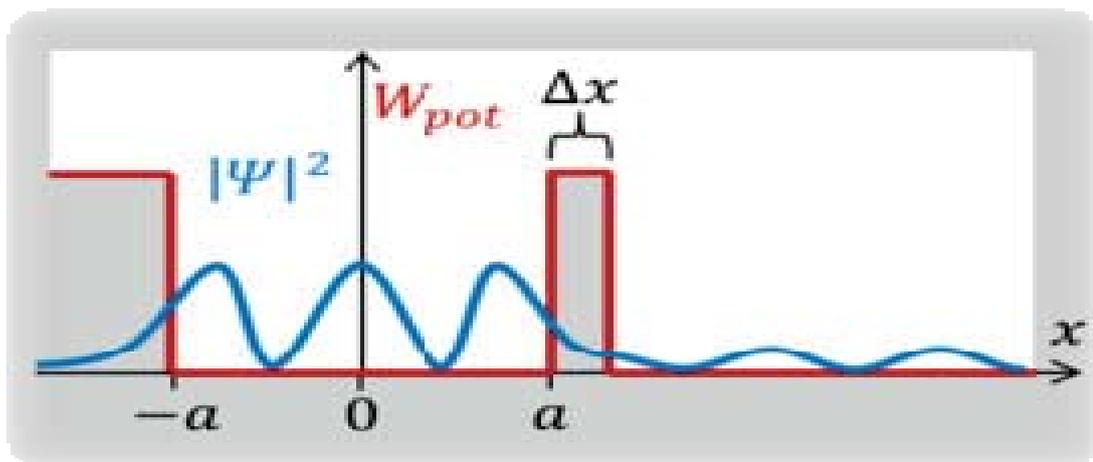


Abb.: „Tunneleffekt“ ist ein bildlicher Ausdruck für die Möglichkeit einer quantenmechanischen Welle, durch ein klassisches Hindernis hindurch gelangen zu können. „Real“ erfolgt eine Art „Durchtunneln“ des Raumes, insofern das Quantensystem „jenseits“ des Raumes und der Zeit besteht. Formaler kann der Tunneleffekt so dargestellt werden:

- Auch ist die sog. *Quantenstatistik* aufgrund der Verwendung komplexer Zahlen von einer thermodynamischen oder klassischen Statistik verschieden: die Verteilung der Teilchentreffer am Mess-Schirm [siehe erste Abbildung] ergibt sich *nicht* aus einer gewöhnlichen statistischen Verteilung von Ereignissen bzw. Impacts, sondern daraus, dass sich das Quantensystem in der Tat wie eine *Welle* verhalten hat, bis es auf den Schirm trifft (Welle-Teilchen-Dualismus).



- Der nichtlineare Prozess der **Messung** von Quantenzuständen veranschaulicht das bekannte Beispiel von SCHRÖDINGER, der eine Katze solange in der Superposition von zwei Möglichkeiten (Katze lebendig UND Katze tot) zugleich existieren lässt, bis die Messung durch einen Beobachter realisiert wird. Hier wäre also nicht ein intrinsischer Mechanismus im Zuge

der Konkretion und Realisierung eines Quantensystems für die „Entscheidung“ (Dezision) für eine der optionalen Möglichkeiten zuständig, sondern irgendein „Beobachter“ – was natürlich Unsinn ist. Vielmehr veranschaulicht „SCHRÖDINGER’s Katze“ die Problematik des Übergangs von der Möglichkeit zur Wirklichkeit.

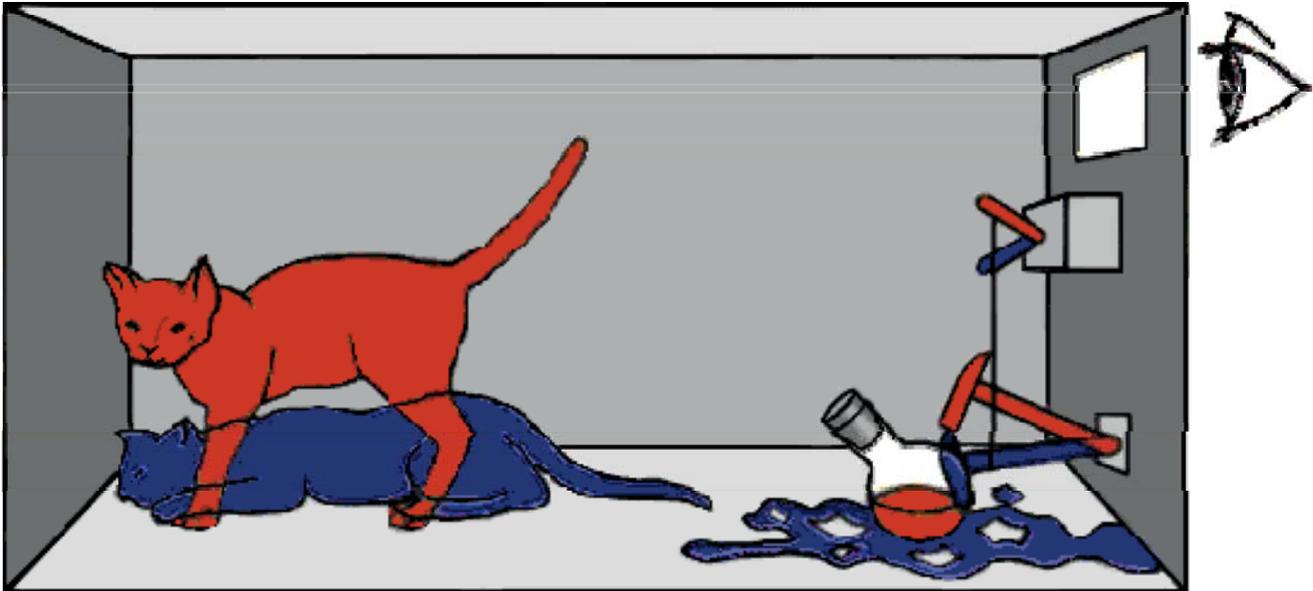


Abb.: Eine makroskopisch reale Katze müsste im Fall, dass die Quantenmechanik universal gültig ist, auch im Zustand der Superposition existieren, solange bis der Kollaps der Superposition erfolgt – hier: durch den externen Beobachter (oben rechts im Bild).

Die Wahrscheinlichkeit dafür, die Katze im Zustand „tot“ oder „lebendig“ vorzufinden, wird dann als das Skalarprodukt des *komplex Konjugierten* der Wellenfunktion berechnet:

$$\hat{P}_n = |\psi_n\rangle \langle \psi_n|$$

Die *Wahrscheinlichkeit* ist dabei der Begrifflichkeit der Statistik entnommen: das komplex Konjugierte einer komplexen Zahl ergibt stets eine reelle Zahl, die wiederum der durch reelle Zahlen ausgedrückten Messung entspricht. Die komplex konjugierte Wellenfunktion wiederum bildet zusammen mit ihrem Korrelat eine Symmetrie ab. Solche Symmetrien werden in der Quantenmechanik zur Definition von platonischen „Eigenschaften“ eines Quantensystems heran gezogen. Sie hängen jeweils von der experimentellen Fragestellung, d.h. vom externen Input ab.

- Was passiert im umgekehrten Fall, d.h. bei der **Präparation** von Quantenzuständen, etwa durch eine BELL-sche Messung? Hier würde die Katze in die Superposition von den beiden Zuständen „tot“ und „lebendig“ übergehen und in diesem Zwischenzustand „existieren“-

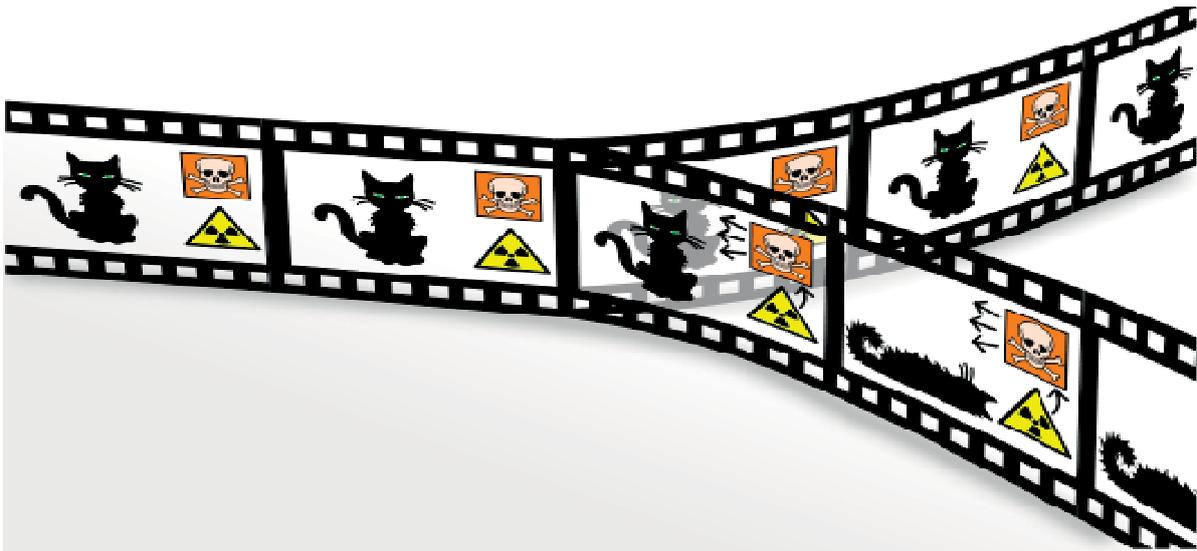


Abb.: der ursprünglich klassische Zustand, bei dem die Katze lebendig ist, wird durch das Quantenereignis (die Freisetzung des Giftes) in eine Superposition gebracht. D.h. eine quantenmechanische Superposition wird zu einer makroskopischen Superposition vergrößert.

- Wie **universal** ist eigentlich die Quantentheorie als „Theorie der Möglichkeiten“? Geht es nach den meisten Physikern, ist sie universal gültig. Leider beobachtet man jedoch auf der Makro-Skala keine lineare Superposition von Zuständen noch eine nichtlokale Verschränkung. Das Zauberwort nach HANS-DIETER ZEH lautet „**Dekohärenz**“: danach geht die Kohärenz des henadischen Quantensystems durch die Wechselwirkung mit der Umwelt verloren, d.h. durch „Abwanderung“ der Information aus dem Quantensystem in die Umwelt.
- Diese „Abwanderung“ kann man jedoch auch als „*Begrenzung*“ der Freiheitsgrade des Quantensystems durch die Freiheitsgrade der Umwelt interpretieren. Dann wären die ursprünglichen Möglichkeiten des (reinen) Quantensystems durch die Umwelt „*versklavt*“ bzw. in den Dienst *komplexer* Möglichkeiten gestellt. Sie realisieren dann eine Wirklichkeit, die aufgrund der *Zunahme* der Anzahl der *Relationen* mehr Information kodiert.
- Die Aufrechterhaltung eines kohärenten Zustands erfordert einen beträchtlichen Aufwand: das Quantensystem muss fast vollständig von der Umwelt *isoliert* werden. Das ist auch der zentrale Einwand gegen die Existenz kohärenten Quantensysteme im organischen Bereich (MAX TEGMARK). Der Verlust der Kohärenz kann grafisch veranschaulicht werden, indem der Kollaps der Wellenfunktion (JOHN VON NEUMANN) als Kollaps der Interferenz-Terme dargestellt wird.

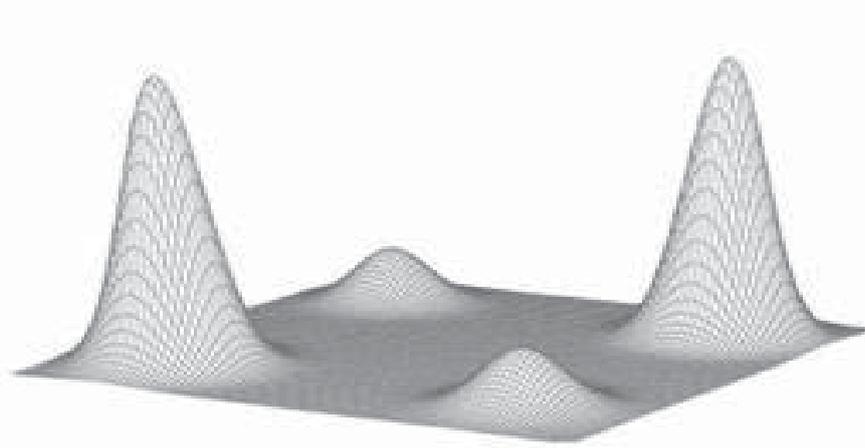


Abb.: Die geometrischen Maxima symbolisieren die Wahrscheinlichkeit, einen Quantenzustand nach (!) der Messung zu finden. Vor der Messung jedoch waren die beiden mittleren Hügel ebenfalls so groß wie die anderen beiden Maxima. Sie symbolisieren geometrisch die Zustände des Quantensystems, die der Superposition verschiedener Möglichkeiten entsprechen.

- Die beiden Interferenzterme erscheinen nur im Zustand der Superposition; im Zuge der Dekohärenz verschwinden die beiden mittleren Terme. Dennoch scheint die Dekohärenz keine echte Lösung darzustellen, weil dadurch nach wie vor der zutiefst nichtlineare Charakter der Messung und der Präparation nicht einer konsistenten Beschreibung zugänglich wird; außerdem setzt die Dekohärenz die Wechselwirkung mit dem klassischen NEWTONschen Raum voraus, einem Raum-Konzept also, das so nicht gültig sein kann, wenn die Quantentheorie wirklich universal wäre: dann wäre auch der Raum „quantisiert“.
- Das wirft die Frage auf, die Quantentheorie nicht mehr nur „linear“ zu fassen, sondern auf eine „**nicht-lineare**“ **Quantentheorie** hinzuarbeiten. ROGER PENROSE etwa fordert in diesem Zusammenhang, Messergebnisse bzw. den Akt der Realisierung nicht dem Zufall zu überlassen. Die *Konkretion* bzw. *Verwirklichung einer Möglichkeit* wäre dann nicht mehr zufällig, sondern würde sich *in einem vorgegeben Rahmen* ereignen.
- In eine ähnliche Richtung tendiert auch SCHRÖDINGER's o.g. „*Ordnung aus Ordnung*“, insofern Ordnung nicht zufällig verstanden wird, sondern als Ausdruck einer **komplexen Information** (KONCSIK). Vielleicht ist somit eine **nichtlineare System- und Evolutionstheorie** die Meta-Theorie der linearen Quantentheorie (KONCSIK): die Quantentheorie beschreibt zwar die zeitliche Entwicklung von Zuständen, doch lässt sie keinen Platz für eine originäre Evolution wirklich neuer Zustände bzw. für eine „analoge Emergenz“ [s.o.]
- Auf dem Weg zu einer solchen **Metatheorie** sollte man u.a. darüber nachdenken, woran es liegt, dass die Quantentheorie nicht universal sein kann: der mathematische Grund ist die Unmöglichkeit, mit *Unendlichkeiten* umzugehen bzw. sie in den Griff zu bekommen. Da kann etwa eine *Begrenzung* der Unendlichkeiten weiter helfen, die die Quantentheorie

durch die sog. „Quantisierungen“ (erste und zweite Quantisierung, je nach *Objekt* der Quantisierung) modern gesprochen „digitalisiert“.

- Konsequenz die Quantisierung bzw. Digitalisierung weiter geführt zu haben, gebührt dem Erfinder des Computers KONRAD ZUSE sowie seinem Freund und Partner WOLFGANG PETRI. Was mit einer Digitalisierung gemeint ist, erklärt ein Bild aus der Signalübertragung, wobei analoge Signale digitalisiert werden.

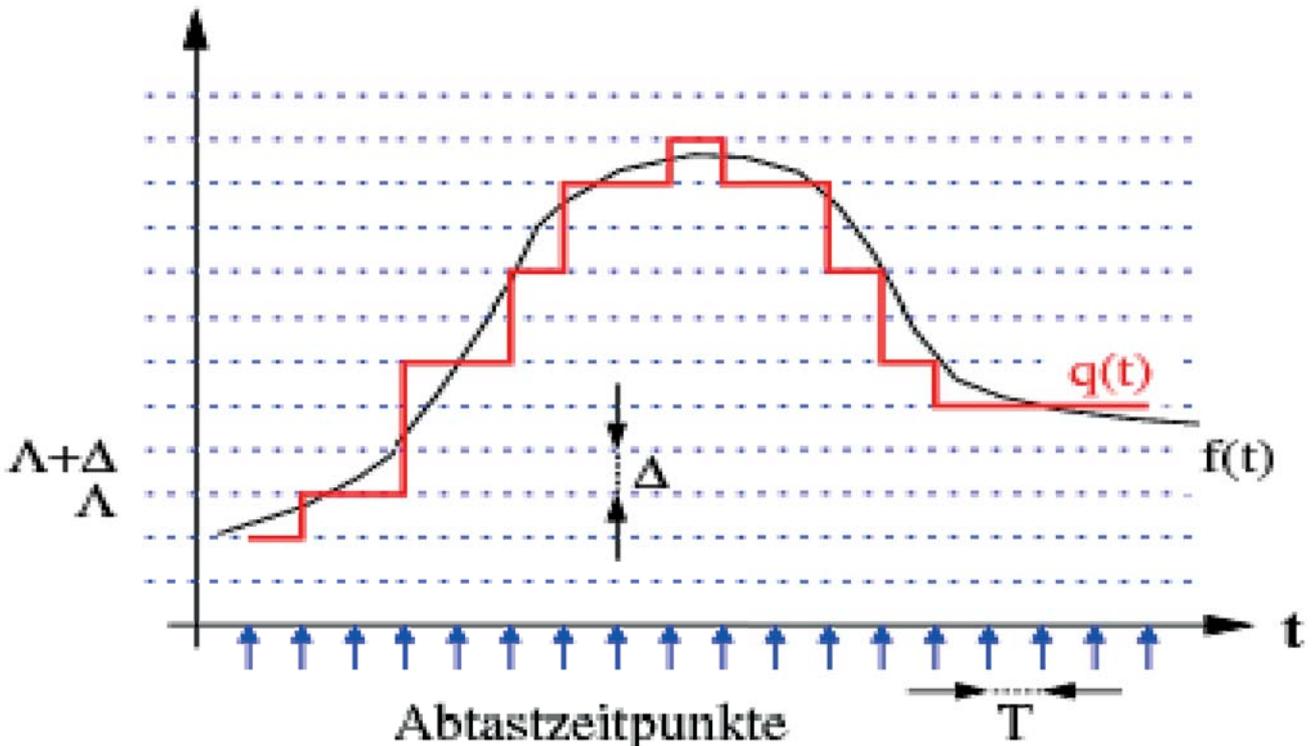


Abb.: Ein analoges Signal entspricht einer kontinuierlichen Kurve; ihre Digitalisierung entspricht der Quadratur der Kurve ähnlich der Infinitesimalrechnung. Mit zunehmender Differenzierung geht die Digitalisierung in die Kurve über. Das Motiv der Digitalisierung ist die Vermeidung mathematischer *Unendlichkeiten*, die bei einer unendlich glatten Kurve auftreten.

- **Mathematisch** wäre für eine nichtlineare Meta-Quantentheorie ferner erforderlich, unitäre Operatoren, die die streng *deterministische* Entwicklung der Wellenfunktion beschreiben, ebenso zu „vervollständigen“ (EINSTEIN), wie etwa mit nichtlinearen „Potenz-Zuständen“ (Potenzierung als Wiederholung der Multiplikation) Quanten-Emergenz zu beschreiben.
- Auch könne es erforderlich sein, über eine **Erweiterung des Informationsbegriffs** nachzudenken: d.h. Information nicht mehr nur basal als „Ja-Nein“-Alternative zu verstehen, auch nicht nur als Überlagerung solcher basaler Informationen i.S. eines QuBits, sondern als *komplexe Information*: diese würde das *mögliche* Verhalten eines komplexen Systems ko-



dieren bzw. die Möglichkeiten einer Interaktion der Systemkomponenten vorgeben. Dargestellt werden könnte eine solche Information etwa durch ein Fraktal.

Die technische Nutzung von Quanteneffekten

Die technische Nutzung von Quanteneffekten konzentriert sich v.a. auf die Möglichkeit, synchron und *parallel* Daten zu erfassen, zu vergleichen, zu verarbeiten und auszuwerten. Das *instantane* Vorliegen verschiedener Quantenzustände bildet den Schlüssel für die bisherige technologische Umsetzung von Quanteneffekten v.a. in Form von Quantencomputern.

- „Instantane“ Parallelverarbeitung von Information: Quantenbits liegen als Superposition verschiedener Bits vor, sofern die Quantentheorie als Informationstheorie gelesen wird. Die geordnete Interaktion zwischen Quantenbits bzw. die Überführung von Quantenzuständen ineinander geschieht durch sog. Quantenalgorithmien. SETH LLOYD hat 1992 die prinzipielle Möglichkeit des Rechnens mit QuBits mathematisch bewiesen; PETER SHOR hat 1994 die sog. Primfaktorenzerlegung als Quantenalgorithmus abgebildet; 2005 kam dann etwa der sog. Quantum Search Algorithmus als Deutung der Photosynthese heraus, was jedoch später als Irrtum decouvriert wurde, da hier der sog. Quantum Walk Algorithmus zum Zuge kommt. Verschiedene Netzwerktypen der Parallelverarbeitung basieren zunächst auf klassischer Physik, bes. die Kohonen-, Hopfield-, Elman-, Petri-Netze.

Dabei ist etwa ein ELMAN-Netz die Kombination von Kohonen-Netze, die verschiedene Neuronen auf ein letztes Neuron in der Ebene der Repräsentation verschalten, und von Hopfield-Netzen (nach John Hopfield), die im Grunde eine Parallel-Verarbeitung abbilden.

Dabei gilt es, diese klassischen Netze in Quanten-Netze umzusetzen. Dafür werden klassische Korrelationen zwischen Bits durch Korrelationen zwischen QuBits ersetzt. In diese Richtung tendieren etwa die sog. *neuromorphen* Netze der Künstlichen Intelligenz und das sog. Quantum Machine Learning. Mathematisch werden klassische vieldimensionale Vektoren durch Vektoren im Hilbert-Raum, d.h. repräsentiert durch komplexe Zahlen, ersetzt. Technologisch entspricht das der Präparation von Quantenzuständen.

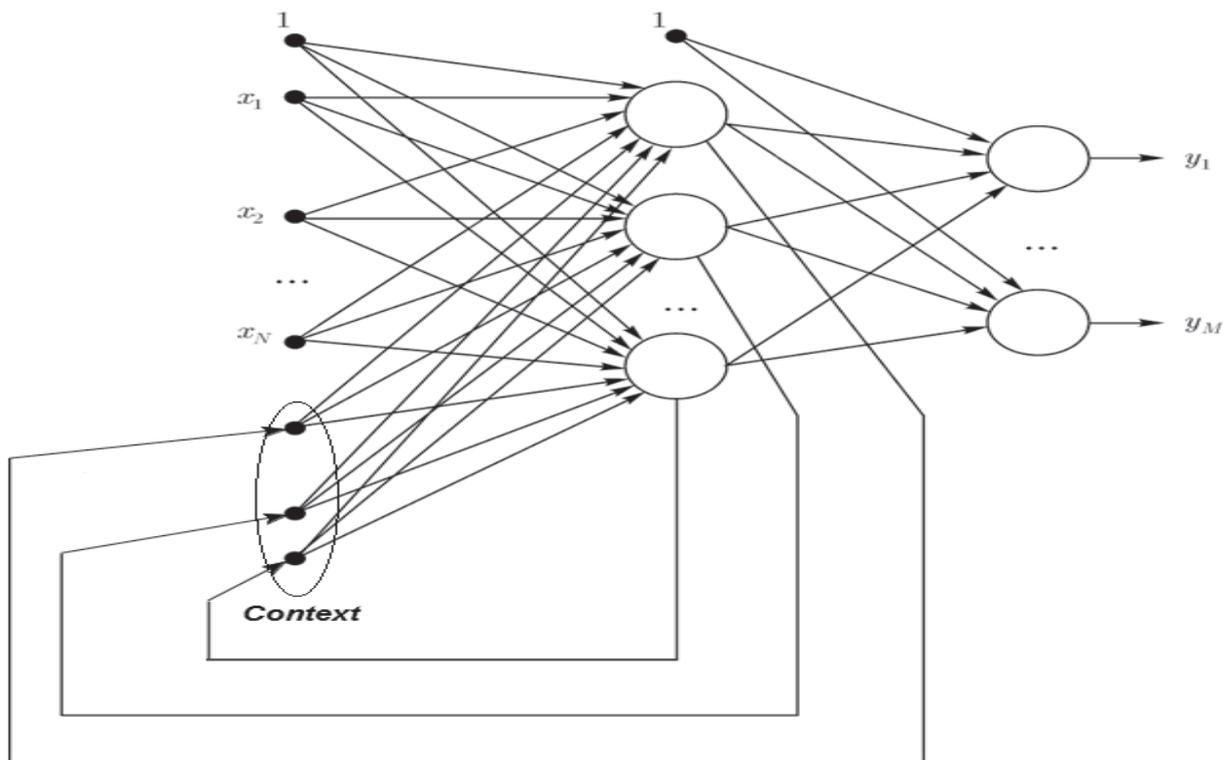
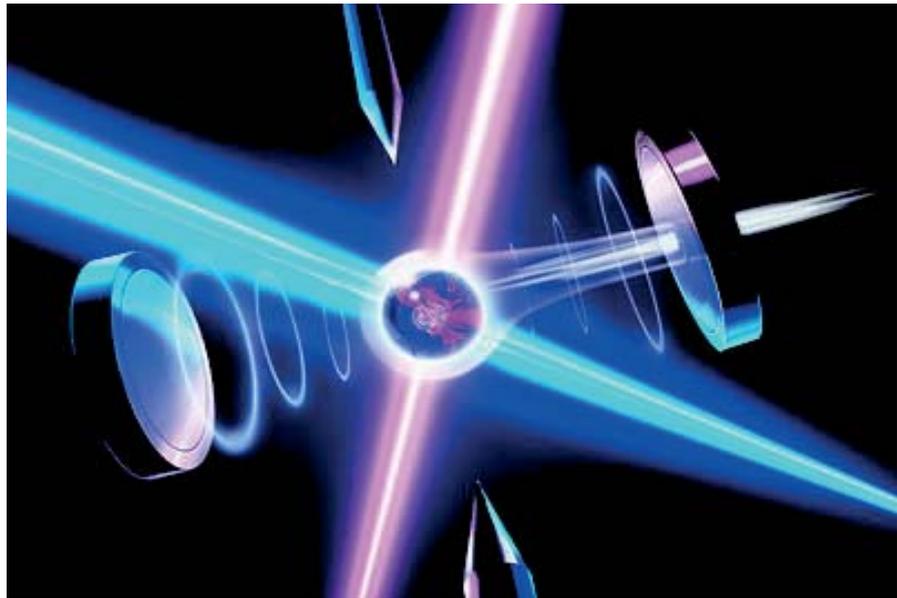


Abb.: Ein Elman-Netz arbeitet mit verschiedenen Schichten, die unterschiedlich miteinander verbunden sind. Die Verbindungen folgen einer bestimmten Logik: werden verschiedene Inputs auf eine höhere Schicht miteinander verschaltet, so ist damit ein Kohonen-Netz beschrieben. Erfolgt eine gegenseitige, zyklische Verschaltung von Elementen, so zeigt das ein Hopfield-Netz (nach JOHN HOPFIELD). Die *Kombination* beider Netzwerk-Typen ist das Elman-Netz.

Die Information wird hierbei verarbeitet, indem Signale durch die Relationen übertragen bzw. weiter geleitet werden, bis sie zur „Klassifikations-Ebene“ und von da aus zur Output-Schicht geleitet werden und das gewünschte Ergebnis repräsentieren. Der Output hängt somit von der Verschaltung bzw. der Architektur resp. Morphologie des Netzes ab.

- Relative Isolation der Information vom materiellen Substrat: die Information, die in der Verschränkung, d.h. in der Korrelation zwischen zwei QuBits repräsentiert ist, sind sog. Verschränkungs-Bits (V-Bits). Die V-Bits nun können vom ursprünglichen Träger sogar isoliert werden, so dass im Grunde Quantenstrukturen bzw. Quanteninformation übertragen wird – anstelle eines materiellen Trägers dieser Information.
- Maximierung der Geschwindigkeit bestimmter Modi der Informationsverarbeitung ist durch Quantensysteme möglich, weil sie, wie erwähnt, letztlich „jenseits“ von Raum und Zeit operieren. D.h. das Reich der Möglichkeiten, die durch die Quantentheorie beschrieben wird, ist keine „reine“ Möglichkeit, sondern eher ein Modus „ideeller Realität“, da reale Informationsverarbeitung stattfindet.

Abb.:
Eine künstlerische
Darstellung eines
Experiments der
Quantenoptik.



- Ebenso ist eine Steigerung der Effizienz der Energieübertragung auf annähernd 100% möglich, da ein Quantenzustand sich holistisch auf eine ganze Raum-Region erstrecken kann, so dass keine Zeit vergeht, bis eine Information über den Quantenzustand von einem Input zu einem Output gelangt (etwa einem „quantum dot“). Eben das wurde bei der Photosynthese nachgewiesen.
- Steigerung der Empfindlichkeit gegenüber externen Störgrößen um >1.000-fach ist ein weiterer technologisch nutzbarer Effekt der Quantentheorie, da ein einfaches (!) Quantensystem sehr labil ist, so dass kleinste Störgrößen zu seiner Zustandsänderung führen können.
- Schließlich ist eine signifikante Verbesserung der *Adaptivität* von Systemen durch Quantensteuerung möglich, insofern verschiedene Möglichkeiten, ein System von Wechselwirkungen zu realisieren, parallel ausprobiert und ausgewertet werden können.

Im Sinne naturphilosophischer Anmerkungen kann an dieser Stelle auf einige Punkte hingewiesen werden:

- **Computational Equivalence:** gemeint ist die hintergründig getroffene (platonisch-deterministische) Voraussetzung, dass Rechnen = Anpassung = Informationsverarbeitung ist. Dann wäre somit jeder Modus von Anpassung, von Kreativität, von Quantenprozess-Steuerung u.a.m. letztlich durch einen Algorithmus, also durch eine Rechenvorschrift, determiniert. Anders formuliert: die Autonomie eines Systems wäre im Grunde nur Schein bzw. nur in einem sehr begrenzten Rahmen gültig. Daher kann man mit ROGER PENROSE dafür argumentieren, dass es entscheidende und primordiale Prozesse in der Wirklichkeit geben muss, die **nicht algorithmisch**, sondern „intuitiv“, unmittelbar und direkt realisiert werden. Vielleicht können solche Prozesse der Adaptation, die auch ohne „Rechnen“ er-



folgt, in verschiedenen Bereichen der Kognition, der Motorik u.a. durch die unmittelbare Transformation komplexer (!) Information ineinander modelliert werden.

- **Beispiel DNS:** Dann wäre etwa die DNS einer biologischen Zelle der Rahmen, der durch eine statische komplexe Information repräsentiert ist; die durch die DNS gesteuerten Prozesse, die äußerst komplex sind und sich auf verschiedenen Ebenen vollziehen, wäre innerhalb dieses Rahmens „autonom“ oder zumindest „autark“. D.h. komplexe Information der DNS würde in den intra-zellulären Prozessen repräsentiert sein: die komplexe Struktur der DNS würde eine komplexe Dynamik von Materie- und Energieflüssen passiv auslösen und indirekt steuern; innerhalb der Materie- und Energieflüsse wiederum würde komplexe Information direkt und unmittelbar verarbeitet.
- Auch wäre die Selektion der Basenpaaren der DNS das Resultat einer komplexen Quanteninformation: ein gegenüber einem minimalen QuBit-Input hochempfindlicher „**Quantenschalter**“ an der Wasserstoffbrückenbindung zwischen zwei Basen entscheidet darüber, welche Base „eingesetzt“ wird. Somit wäre die Ordnung bzw. Information der DNS die Projektion von aktiver bzw. in ihr wirkender Quanteninformation. Es werden weitere Quantenschalter in Enzymen, bei der Signaltransduktion u.a. vermutet [siehe unten].
- Kann ferner der Information eine eigenständige ontologische Realität zugeschrieben werden? WERNER HEISENBERG meinte ja, dass am Ursprung der Wirklichkeit die Form ist. CARL F. V. WEIZSÄCKER hat diese platonische These durch eine mathematische Ableitungskette ergänzt: Information kondensiert zu Energie, und diese kondensiert zu Materie. ROGER PENROSE wiederum geht von platonischen Formen aus, die in den kleinsten Bausteinen des Raumes (Loop-Quantengravitation) eingesenkt sind und jede Realisierung einer Quantenmöglichkeit auf eine nicht-zufällige Weise steuern. Solchen Ansätzen gemein ist die Idee einer zentralen Ordnung auf der Ebene der PLANCK-Skala, die die Bedingung der Möglichkeit für geordnete dynamische Prozesse darstellt.
- Kann ein Quantensystem das klassische System steuern? Das setzt Selbstassemblierung und Selbstorganisation des Quantensystems voraus. Es müsste dann zu einer Zunahme der Komplexität des Quantensystems bzw. zur Entstehung von Ordnung im Quantensystem kommen.

D.h. auch das Quantensystem sollte mehrere Schichten aufweisen, ähnlich wie ein „*deep learning*“-Netzwerk der Künstlichen Intelligenz, bei dem zwischen der visuellen Input-Schicht etwa und der finalen regulatorisch-repräsentierenden Schicht (classification layer) zahlreiche Zwischen-Schichten (hidden layers) dazwischen geschaltet sind. Jede dieser Schichten kodiert und komprimiert Information sukzessiv immer stärker.



Status Quo der Quantenbiologie

Im Folgenden soll basierend auf der kurzen Skizze einiger essentiellen Eigenschaften der Quantentheorie die sog. Quantenbiologie beschrieben werden. Dabei soll zuerst die Geschichte der Quantenbiologie stichpunktartig referiert werden.

Geschichte der Quantenbiologie

- LUDWIG V. BERTALANFFY: er war ein sog. „Organiker“ bzw. „Systemiker“ und repräsentierte somit die dritte Position gegenüber den sog. Vitalisten [vgl. „Protoplasma“] und Materialisten/Atomisten. Er dachte konsequent „systemisch“, d.h. er beschrieb die Wirklichkeit als koordinierte und geordnete Wechselwirkungen, die zu Synergien führen. Die Koordination der Wechselwirkungen wiederum geschieht letztlich über-zeitlich und über-räumlich, wie wenn klassische Systemkomponenten nicht-klassisch und holistisch informiert werden.
- NILS BOHR 1932: „Light and Life“: hier bezieht er sein quantentheoretisches Prinzip der Komplementarität zwischen Welle- und Teilchencharakter von Quantensystemen auch auf das Leben als hylemorphe Komplementarität zwischen Materie und Form.
- ERWIN SCHRÖDINGER 1944 war wohl der erste, der in seinem Beitrag „What is life“ die Ungenauigkeit der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf Basis der klassischen Thermodynamik nachweist: es gäbe demnach *kein* „Gesetz der großen Zahl“ im Organischen. Das Leben sei vielmehr ein makroskopischer Quantenprozess, bei dem „Makro-Ordnung aus Mikro-Ordnung“ entsteht.
- 1963: hier wird der Begriff der „quantum biology“ das erste Mal eingeführt, um den Tunneleffekt bei Wasserstoff-Brückenbindungen der DNS als Grund makroskopischer Mutation zu bezeichnen.
- 1970-er wurde die Vermutung geäußert, dass das Rotkehlchen einen hochempfindlichen Quanten-Neigungskompass besitzt: er ist derart empfindlich, dass er die Neigung der Magnetfeldlinien der Erde spürt und das für die Navigation als Zugvogel über lange Distanzen hinweg benutzt. Kurz: das Rotkehlchen scheint die Neigung des Erdmagnetfeldes zu sehen.

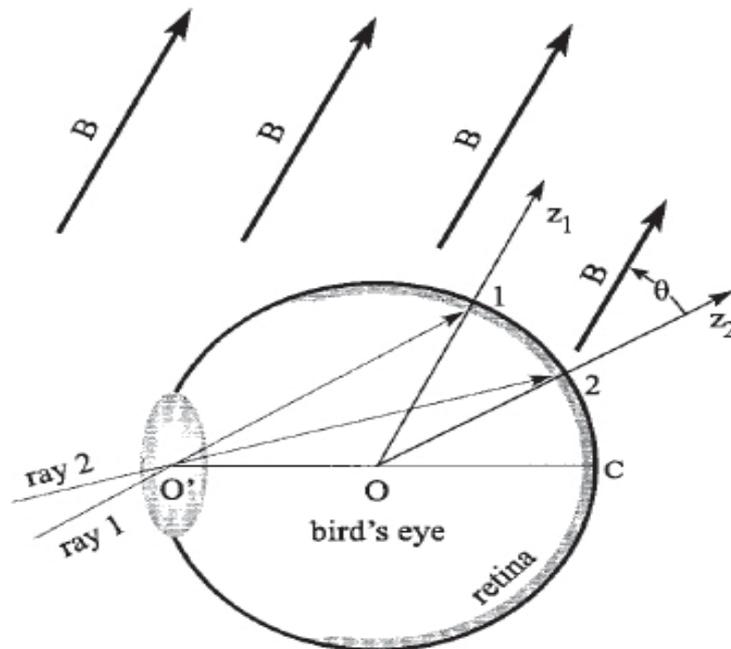


Abb.: Das Auge eines Rotkehlens soll die Neigung des Erdmagnetfeldes wahrnehmen, indem verschränkte Quantenzustände, die äußerst empfindlich auf kleinste „Bewegungen“ eines verschränkten Elektronen-Paars reagieren, postuliert werden. Diese sollen makroskopisch vergrößerbar sein, so dass sie das visuelle Perzept beeinflussen: das Rotkehlchen vermag daher die Neigung des Erdmagnetfeldes zu sehen, so dass es sich an kleinsten Neigungsunterschieden zwecks Navigation auszurichten vermag.

- 2007 wurde bei der **Photosynthese** von Tiefsee-Bakterien eine quantenmechanisch erklär-
bare Maximierung der Energieeffizienz nachgewiesen: ein Tiefsee-Bakterium, das nur sehr
wenig Photonen aus der Wärmestrahlung einfangen kann, sammelt erfolgreich jedes ein-
zelne überlebenswichtige Photon, indem es in einen delokalisierten Quantenzustand über-
führt wird. Durch die „Nicht-Räumlichkeit“ des Quantenzustandes, also durch den nichtlo-
kalen Realismus, nimmt das Photon verschiedene Wege zum aktiven Reaktionszentrum
gleichzeitig und instantan (Quantum Walk Algorithmus). So wird Energie sowohl erfolgreich
gespeichert als auch zu annähernd 100% erfolgreich weiter geleitet.
- Dabei kommt es zu einem außergewöhnlich *fein abgestimmten Wechselspiel* zwischen der
Lokalisierung des Exzitons (=das ist gewissermaßen ein quantenmechanische Pendant des
Photons) und seiner Delokalisierung durch Dekohärenz; ebenso zwischen der sog. „Block-
Oszillation“ und der „Relaxations-zeit“ (um die als-ob-Zielgerichtetheit der Bewegung des
Exzitons zu erklären). SETH LLOYD entdeckte, dass diese Feinabstimmung ausgerechnet bei
Zimmertemperatur optimal funktioniert. Der Mechanismus kann auch als „kohärentes
Pumpen“ und als „topologische Resonanz“ bezeichnet werden.

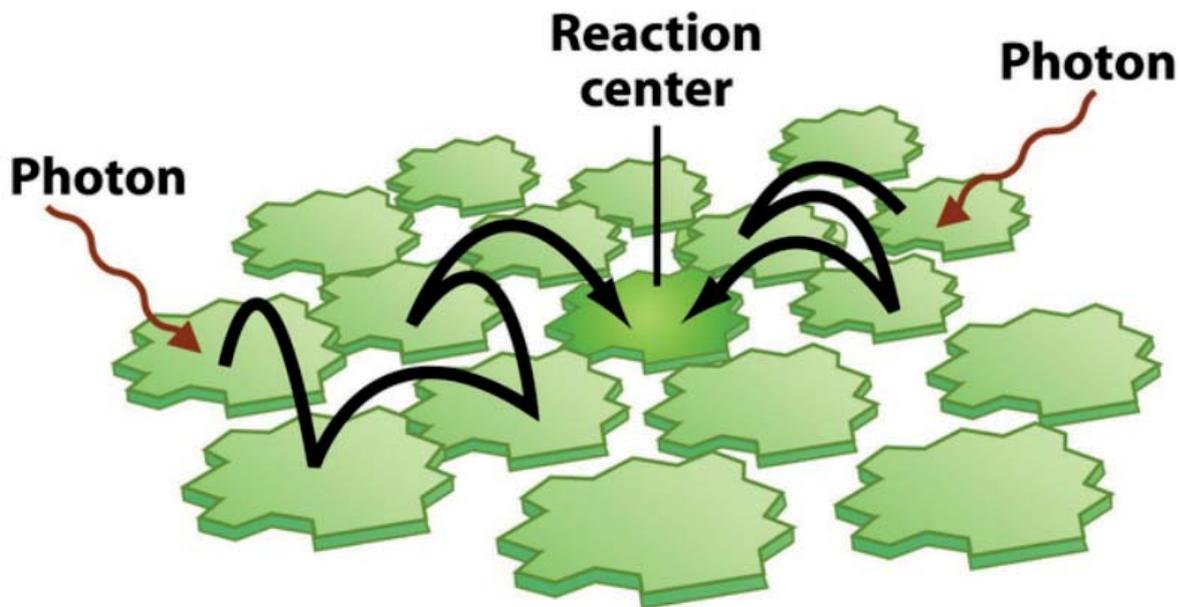


Abb.: Auf dem Weg von der Peripherien zum Reaktionszentrum, bei dem das Photon verwertet wird, müssen verschiedene Barrieren überwunden werden. Ein klassisches „trial & error“ – Ausprobieren der zahlreichen Wege zum Reaktionszentrum würde dazu führen, dass das Exziton (=der Träger des Photons) das Photon schließlich verliert: das Photon wäre nicht speicherbar. Ebenso würde der Übertragungsprozess zu lange dauern.

Die Lösung lautet daher: das Photon wird in einen quantenmechanischen Wellenzustand versetzt, so dass es alle Wege gleichzeitig nehmen kann; das Reaktionszentrum schließlich fungiert wie ein Ausgang („Quantum Dot“), eine Messung, die zum Zusammenbruch des Quantenzustandes durch Lokalisierung führt.

- 2010-er: auch bei der Geruchswahrnehmung (olfaktorische Rezeptoren) wird ein entscheidender, sprich: makroskopisch relevanter Quanteneffekt nachgewiesen: die Steigerung der Empfindlichkeit der Geruchsrezeptoren.
Sie sind in der Lage, die verschiedene *Vibrationsfrequenz* etwa des C12 und C13 – Moleküls zu messen: der Tunneleffekt, d.h. die Weglänge des quantenmechanischen Tunnels, wird durch die *Masse* des Kohlenstoff-Moleküls bestimmt. Die Abhängigkeit von der Masse wird nun von den Rezeptoren, die das Tunneln und somit die Vibrationsfrequenz „messen“ können, wahr genommen, so dass die unterschiedlich schweren Moleküle unterschiedlich riechen.
- 2015 (chinesisches Team): hier wurde ein Quantenalgorithmus auf organischen Molekülen realisiert, um eine 8-Bit-Operation auszuführen.

Was bedeutet nun überhaupt der „**Beweis**“ als „empirischer Nachweis“ eines Quanteneffektes im Organischen?



- „**Beweis**“: er geschieht durch Messung, Berechnung, Simulation mit der Mathematik der Quantentheorie. D.h. wenn ein Prozess quantentheoretisch modelliert wird und die darin gemachten Voraussagen experimentell nachgewiesen werden können, so gilt ein Quanteneffekt im Organischen als verifiziert.
- Geschwindigkeit: Messung der Dekohärenz- und thermodynamischen Dissipationszeit ist mittlerweile in der Experimentalphysik möglich.
- Wellen-artige Natur der Bewegung von „Teilchen“ (nichtlokale Effekte) können ebenfalls nachgewiesen werden, etwa durch den Nachweis nichtlokaler Effekte sowie durch Nachweis parallel und instantan vorliegender Quantenzustände.
- Quantenmodelle: Mechanismen des adaptiven Pumpens und der topologischen Resonanz sollen die verhältnismäßig lange Kohärenz von Quantenzuständen erklären. So geht etwa SETH LLOYD von einer phasischen Wechselwirkung zwischen Dekohärenz und Delokalisierung aus. Klassische *Struktur* und *Dynamik* lösen *strukturierte* Quanten-*Dynamik* aus, so dass es zu einer Verarbeitung komplexer Information auf unterschiedlichen Ebenen der Wirklichkeit kommt.
- **Makroskopische** Auswirkungen der submikroskopischen Quanteneffekte gelten in den genannten Fällen als gesichert. Sie gehen also entgegen GERHARD ROTH etwa *nicht* im *Quantenrauschen* unter.
- Sog. **Up-Scaling** i.S. der geordneten und kontrollierten Emergenz bedeutet das *Mapping* bzw. die *Iteration* der Ordnung des Quantensystems auf größeren Skalen. Sprich: ein selbst-ähnliches System, etwa ein selbst-ähnliches Fraktal, wiederholt sich auf verschiedenen Skalen.

Die Selbst-Abbildung der Quantenordnung auf unterschiedlichen Skalen geschieht nicht ganz identisch, sondern meint eine analoge *Iteration* der *Quantenordnung* auf größeren Skalen etwa durch *autokatalytische* Effekte, bei denen die Änderung des Zustandes einer Größe nur von ihr selbst abhängt (sich selbst verstärkende Feedback-Schleifen) oder durch Ansteuerung von klassischen Bifurkationspunkten i.S. der „Chaos-Kontrolle“ u.a..

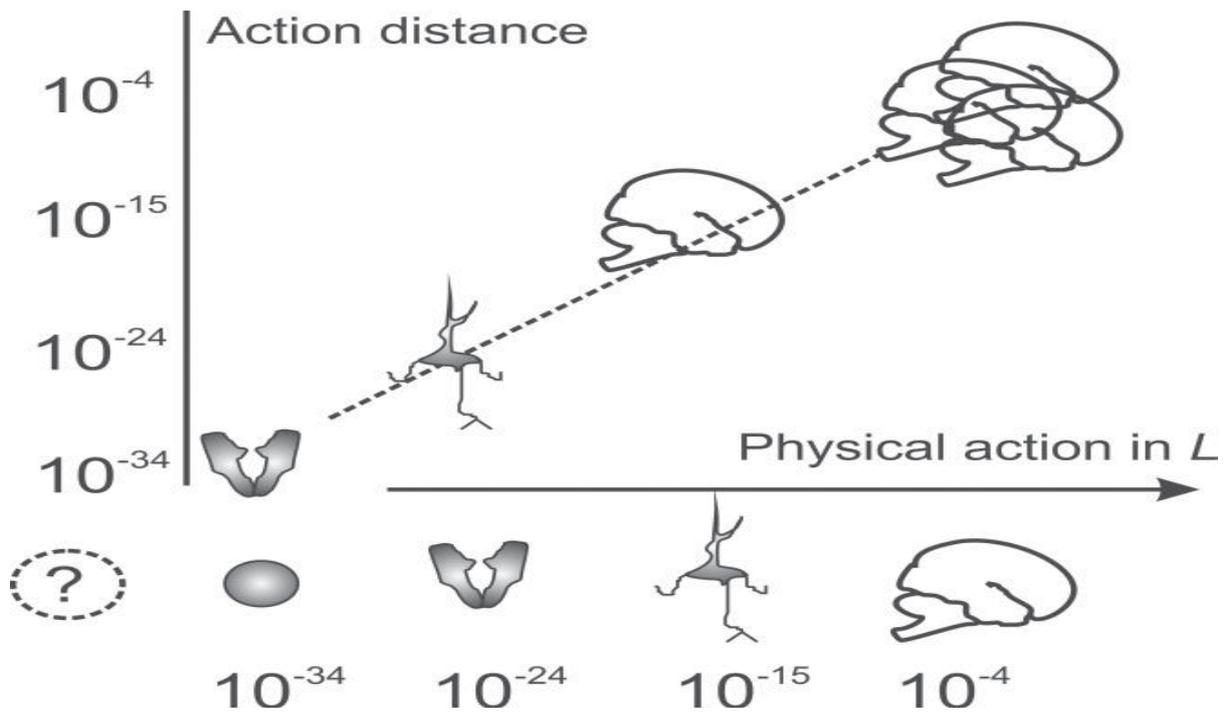


Abb.: verschiedene Strukturen auf verschiedenen Skalen korrespondieren einer ähnlichen Dynamik: dieselbe Ordnung des dynamischen Prozesses wird auf unterschiedlichen Skalen wiederholt („many-to-one-relation“).

- Schließlich wurden makroskopische Quantenprozesse erfolgreich nachgewiesen, d.h. etwa beim Ferromagneten nichtlokale Effekte auf größeren Skalen: nach Anlegen eines externen Magnetfeldes richten sich die magnetischen Dipole unabhängig von ihrer Position im Ferromagneten instantan (!) gleich aus und bilden somit eine, wenn auch eine sehr einfache, Ordnung.

Hypothesen und aktuelle Forschung

Die aktuelle Forschung der Quantenbiologie konzentriert sich daher auf die erfolgreiche Installation und Etablierung von Quantenprozessen in komplexen Systemen.

- **Aktivität von Enzymen:** Messung der enormen *Geschwindigkeit* enzymatischer Aktivität impliziert die konstitutive Funktion des Tunneleffektes: Elektronen und (!) Protonen scheinen Distanzen zu durchtunneln. Das scheint der einzige plausible Erklärungsgrund für die enorme *Geschwindigkeit* enzymatischer Aktivität zu sein.
- **Steuerung der Aktivität von Enzymen:** das elektromagnetische Feld einer biologischen Zelle induziert den Tunneleffekt, der wiederum zur *koordinierten* (!) Freisetzung der Bewegungsenergie führt. Der von FRITZ LIPPMAN entdeckte universaler biologischer Energiefreisetzungs-Mechanismus „ATP-ADP-AMP“ wird dadurch koordiniert ausgelöst, so dass makroskopische Ordnung von Abläufen durch Quantensteuerung erfolgen kann. So wird letztlich wahrscheinlich auch die *Synergetik* (HERMANN HAKEN) u.U. durch steuernde Quan-



tensysteme ermöglicht. Dann wäre die Wahrscheinlichkeit von Ereignissen i.S. von koordinierten Wechselwirkungen nicht thermodynamisch-zufällig, sondern durch komplexe Quanteninformation bedingt.

- Quantenmechanische *Steuerung* der bio-elektrischen **Signaltransduktion** über verschiedene Größenordnung hindurch (10^{-8} bis 10^{-33} cm bzw. 10^{-2} bis 10^{-43} sec) – eine gut begründete Hypothese von GUSTAV BERNROIDER und JAN SUMHAMMER.
- **Quanteninformationsverarbeitung durch Mikrotubuli** (25 msec/40 Herz) parallel zur klassischen binären Informationsverarbeitung: 10^8 Tubulin-Proteine pro Zelle ändern ihren Zustand 10^6 -mal pro Sekunde. Das ergibt 10^{14} binäre Rechenoperationen pro Sekunde (ROGER PENROSE; STUART HAMEROFF). Demnach würde parallel zu dieser *klassischen* Informationsverarbeitung auch eine Quanteninformations-Verarbeitung stattfinden, und das eben alle 25 msec.
- **Retina:** bei der Lichtwahrnehmung ist ein gut dunkeladaptiertes Auge in der Lage, zwei-drei Photonen wahrzunehmen. Diese quantenmechanische Empfindlichkeit und makroskopisches Up-Scaling, das sich scheinbar bei Rhodopsin ereignet (HARALD WEINFURTER) i.S. der passiven Auslösung von ganzen Aktionspotentialen einer Nervenzelle bedeutet, dass sich erneut ein Quanteneffekt auf größeren Skalen manifestieren kann.

Was ist der Mensch?

Quantentheorie des Geistes? Die Wirklichkeit und das Wirken des menschlichen Geistes

Eine Anmerkung sogleich vorweg: eine Quantentheorie des Geistes erfasst nur einige wenige *Eigenschaften* des Geistes und wird somit *unvollständig* bleiben (müssen). Dennoch liefert sie essentielle Hinweise auf das „Wesen“ des menschlichen Geistes bzw. darauf, ob und wenn ja, wie eine Geist-Seele etwa künstlich erzeugt werden kann und ferner auf die Korrespondenz geistiger und klassisch-physischer Strukturen unseres Universums.

Bausteine einer Theory of Mind (bzw. der Vorstufe einer Theory of Life):

Einige Eigenschaften des „Geistes“ korrespondieren bestimmten Eigenschaften der Quantentheorie

Das wäre demnach die hier vorgetragene These: es handelt sich dabei um eine interdisziplinäre *Heuristik* i.S. einer Identifikation gleicher (isomorpher) **Muster**, die in der Quantentheorie sowie in einer „Theory of Mind“ auftauchen.

Doch wozu das Ganze? Der neurowissenschaftliche Grund liegt darin, dass die klassische Physik nicht imstande ist, die Funktionsweise des Gehirns zu verstehen. Sie stößt dabei an klare Grenzen,



die mit der zunehmenden Genauigkeit (etwa der genauen Messung der Geschwindigkeit mancher neuro- und elektrodynamischer Prozesse) manifest werden.

Grenzen der im Vergleich zur Quantentheorie ungenauen klassischen Physik sowie mögliche quantentheoretische Deutungen:

- Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung
- Energieeffizienz
- *Binding-Problem*/Selbstorganisation
- *Komplexität* organischer Wechselwirkungen: komplexe Strukturen bedingen komplexe Dynamiken und umgekehrt
- Stabilität der parallelen Informationsverarbeitung: ein Gehirn stürzt fast nie ab im Unterschied zu einem Programm, bei dem die Fähigkeit zur autarken Selbstorganisation kraft emergierender Skalen nicht oder nur „simuliert“ gegeben ist
- *Reflexivität* des Bewusstseins: vollständige Projektion von Quantenzuständen ist als „Mapping“ möglich, wobei durch die Projektion ein Quantenzustand verändert werden kann: indem man sich an etwas erinnert, wird die Erinnerung selbst verändert, etwa neu bewertet oder re-interpretiert. Die in ihr enthaltene Information erfährt demnach eine Transformation.

Daraus ergeben sich begründete Hypothesen auf Basis einer quantentheoretischen Deutung der Struktur und Dynamik des Gehirns, das scheinbar in der Lage ist, auf Basis permanenter *Anpassung* und *Neu-Ordnung* immer *komplexere Informationen* zu erfassen, darzustellen, zu rekonstruieren und auch neu zu erschaffen. Kraft der je komplexer werdenden Information wiederum erfolgt ihre analoge Abbildung in einem je komplexer werdenden **Netzwerk**, d.h. in immer neuen Synergien und koordinierten (geordneten) Aktivitäten.

Eine *Momentaufnahme* der komplexen Dynamik und Struktur des Gehirns würde ein komplexes **Muster** widerspiegeln, und das auf unterschiedlichen Schichten. Die Zusammenfassung sämtlicher Muster auf sämtlichen gegebenen Skalen wiederum könnte durch ein höher dimensionales **Fraktal** geschehen: dieses würde sich im Umkehrschluss auf verschiedenen Skalen analog abbilden.

Die Summe sämtlicher Zeitpunkte aller realisierten Muster wiederum sollte durch die Transformation des höher dimensional Fraktals repräsentiert werden können. Dieses Fraktal wäre somit einerseits der Träger maximal komplexer Information; andererseits wären seine Realisierungen das Produkt adaptiver und kreativer Prozesse, d.h. immer neuer Synergien und Wechselwirkungen zwischen den Komponenten des komplexen Netzwerks des Gehirns – und das auf sämtlichen Skalen, auf denen Wechsel-Wirkung geschieht.

Daraus ergeben sich einige relevante Inputs und Denkanstöße:

- Geist als makroskopischer henadischer Quantenprozess (sog. individueller Quantenprozess)? Damit wäre der holistische Charakter des Geistes erfasst, was klassisch übrigens mit der sog. „zirkumskriptiven Gegenwart“ betitelt wurde.

- Geist als ein *komplexes Quantensystem* mit einer relativen (relationalen) ontologischen Eigenständigkeit? Relative Eigenständigkeit meint eine *relationale* Verwiesenheit des komplexen mentalen Quantensystems auf klassische Strukturen, so dass eine „reine“ Quanteninformationsverarbeitung, die sich isoliert vom klassischen Korrelat vollzieht, nicht „für immer“ vollzogen werden kann.
- *Ontologischer* Status des Geistes: Ist der Geist eine Quantensoftware? Denkt man über die Schaffung neuer Zustände von Materie nach, die unter dem Begriff Quantenmaterie subsumiert werden (KLAUS VON KLITZING), so können bestimmte Eigenschaften des Geistes als *Transformation* bzw. analoge Abwandlung klassischer Zustände der Materie interpretiert werden. Damit hätte die Software „Geist“ *im Unterschied zur klassischen Software* einen relativen *eigenständigen* ontologischen Status; und er würde, ebenfalls im Unterschied zur klassischen Software, *nicht algorithmisch* operieren. Denkbar wäre etwa die *unmittelbare* und direkte Transformation von komplexen Strukturen (Fraktalen) und somit von *komplexer Information*.
- Kann **Intelligenz** auf einem Quantensystem beruhen? Intelligenz wird dabei *reduktionistisch* gefasst als:
 - **Adaptivität/Kreativität** (neue Möglichkeiten der Selbstordnung),
 - **Evaluation** von Zuständen (paralleles Screening und Vergleich von Möglichkeiten),
 - **Gedächtnis** („jenseits von Raum und Zeit“),
 - **Assoziation-Konstruktion-Korrelation** (instantane Parallelverarbeitung).

Ein intelligentes Quantensystem wäre demnach in der Lage, die berühmte „Nadel im Heuhaufen“ *auf einen Blick* zu erfassen, weil ihm sämtliche Möglichkeit simultan vorliegen und somit simultan verarbeitet bzw. ausgewertet werden können.

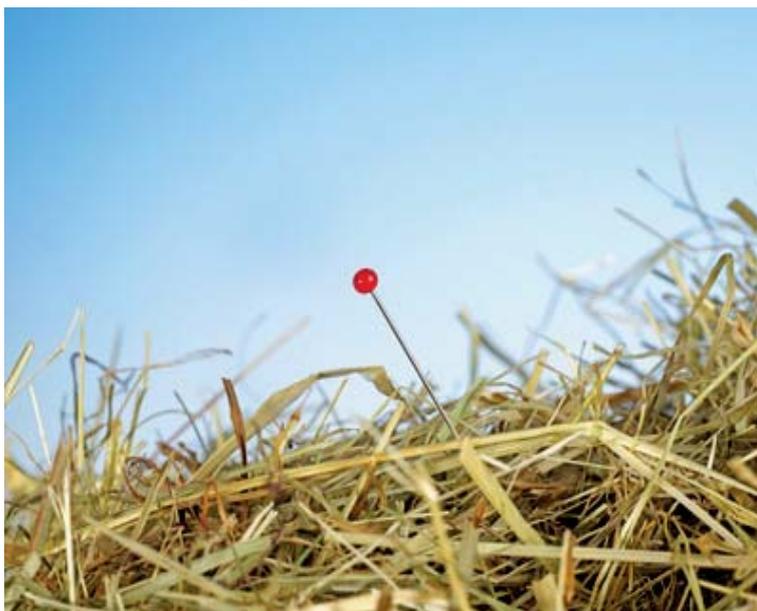


Abb.: Die Nadel im Heuhaufen veranschaulicht die Leichtigkeit der *sofortigen* Identifikation der Nadel aus der gesamten visuellen Datenmenge durch „Intuition“ (=instantaner Vergleich der Möglichkeiten) im Unterschied zur algorithmischen Auswertung durch „Ausrechnen“

- **Simultanes Vorliegen** von Gedanken wäre dann identisch mit dem simultanen Vorliegen komplexer Information.

Ein Gedanke wäre also eine unanschauliche, abstrakte Quanteninformation, die verschiedene „Information über Information über ...“ *kodiert*. Ein Gedanke könnte analog geometrisch als höher-dimensionales Fraktal modelliert werden. Das Denken selbst wäre der Prozess ständiger Transformation komplexer Information ineinander.

Die Repräsentation der Zahlen in den Verästelungen der Mandelbrot-Menge

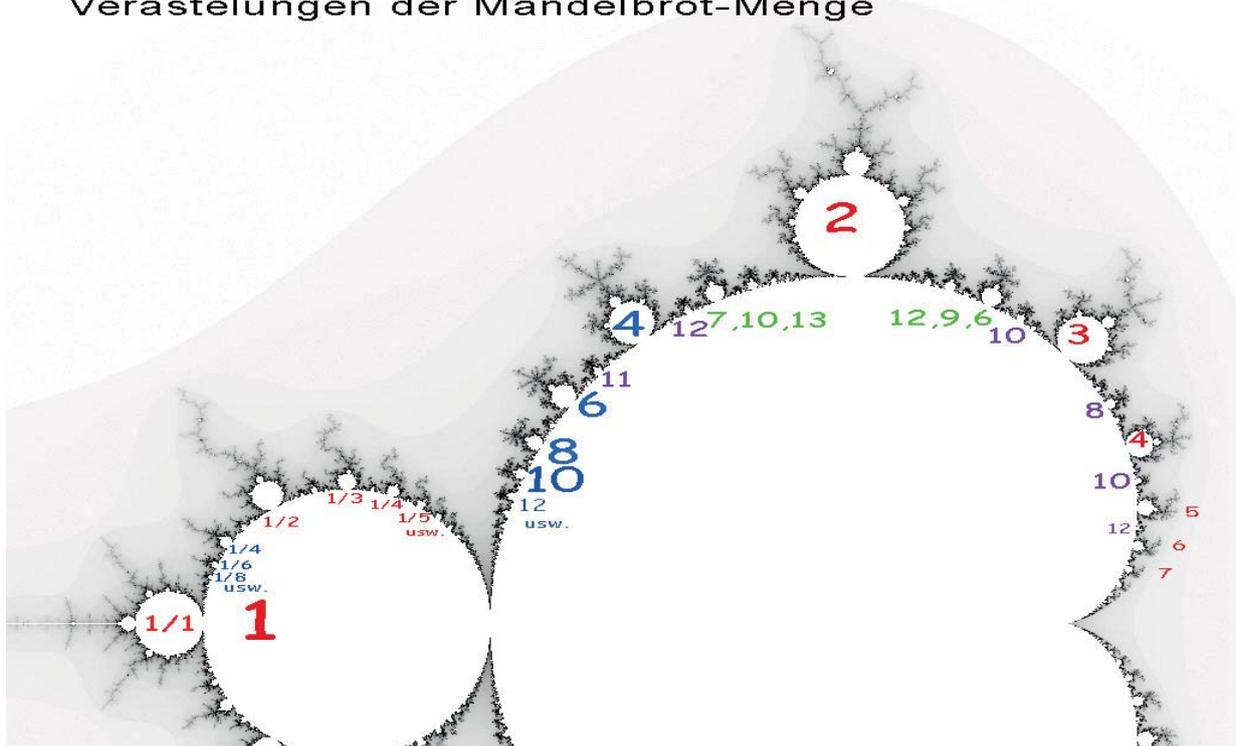


Abb.: Komplexe Information könnte in Form von Fraktalen kodiert sein (hier: MANDELBROT-Menge). Fraktale könnten Zahlen (s.o.), aber auch Funktionen oder Gleichungen, d.h. Symmetrien, repräsentieren.

- **Entscheidung** als reflektierbare *Selektion* zwischen parallel vorliegenden Zuständen (instantanes Screening / quantum search algorithm)? Damit würde sich die Entscheidung zwischen Alternativen als Selektionsprozess darstellen, was wiederum eine Competition verschiedener Optionen voraussetzt, die demnach im Wettbewerb miteinander stehen. Der „Gewinner“ der ständigen Competition wäre die Option, die nach einer Superposition verschränkter Zustände (!), also auf der Meta-Ebene der Zusammenfassung verschiedener Information zu einer komplexen Information, trotz destruktiver Interferenz übrig bleibt. Die „Selbstbestimmung“ resp. Selbst-Verwirklichung des Geistes (das „durch sich selbst sein“ des Geistes) wäre somit das Resultat des Bestimmt-Werdens durch einen gewissen „Drang“ zum Wettbewerb zwischen Alternativen zur Verwirklichung – und somit durch den „Drang“, sich zu verwirklichen bzw. – etwas theologischer gesprochen – das Verborgene zu offenbaren.



- **Unterbewusstsein** als quantenphysikalisches *Sub-System* („reiner“ Zustand): erst wenn ausreichend unterschiedliche Subsysteme zusammen einen Produkt- oder gar Potenzzustand ausbilden, können sie so reflektiert werden, dass im Akt der Reflexion eine explizit selbstbezügliche Quantenstruktur emergiert – das sog. Bewusstsein.
- **Realität** der *nicht* anschaulichen Gedanken (=komplexe Information repräsentiert im Quantensystem): Realität der Quanten-Information wäre das Ergebnis der relativen Priorität der Information als „Struktur“, „Ordnung“, „Muster“, vor der physischen Manifestation als „Materie“.
- Der Geist wäre sodann ein persistenter „**zentraler Ordner**“ (vgl. WERNER HEISENBERG) der Aktivitätsmuster des Gehirns: Instantane und henadische Ordnung neuronaler und biochemischer Prozesse erfolgt dann durch das komplexe Quantensystem. Elektrochemische *Aktivitätsmuster* wären die „**Schatten des Geistes**“ (ROGER PENROSE; vgl. HENRY STAPP und JOHN ECCLES). Die „(Makro-)Ordnung aus (Quanten-)Ordnung“ (ERWIN SCHRÖDINGER) wäre im Falle des Geistes besonders evident: in den *systemischen* (geordneten) Wechselwirkungen und Synergien wäre *komplexe Information* „materialisiert“ (energetisch gesprochen) bzw. kodiert (informationstheoretisch gesprochen).
- *Unterschiedliche Systemhierarchien* (Verschränkungs-Bits) repräsentieren *unterschiedlich* komplexe „Quanten-Information über Information...“: dynamisches *Ordnen* erfolgt dann durch komplexe Information. Diese wiederum kann u.U. durch Fraktale kodiert werden. Sie wären zuständig für die *Symbolbildung* und das *abstrakte* Denken, das bereits in der Entwicklung des Kleinkindes manifest wird.
- **Schnittstelle zwischen Geist und Gehirn**: nach THOMAS GÖRNITZ geschieht der Übergang zwischen der Ebene der Quanten-Wirklichkeit und der klassischen Wirklichkeit durch Präparation und Messung. *Aktives* Informieren löst *passiv* vorher kurzfristig gespeicherte Energie aus (HOLGER SCHMID-SCHÖNBEIN), so dass ein geringes Maß an informationellen Input ausreicht, um makroskopische Wirkungen zu zeitigen.
- Indirekte Quantenmessung zwecks Erhaltung der Quanten-Kohärenz (ANTON ZEILINGER)? Eine indirekte Quantenmessung wäre in der Lage, die Konservierung des komplexen Quantensystems zu gewährleisten. Es könnte sich selbst durch komplexe Informationsverarbeitung stabilisieren; *nur ein Teil* der Information würde klassisch werden. Würde nun das ganze komplexe Quantensystem klassisch-real werden, so wäre das identisch mit dessen *Tod*. Der *Kollaps* des komplexen Quantensystems führt dazu, dass komplexe Informationsverarbeitung unmöglich wird, da sie den nichtlokalen Realismus sowie die Möglichkeit, äußerst komplexe Strukturen (Quanten-Relationen und Quanten-Netzwerke) und die damit verbundenen Prozesse (vollständige Projektion, Mapping, nichtlineare Operatoren) aufzubauen, zwingend voraussetzt.



Quantentheoretische Erkenntnislehre?

Auch die Erkenntnislehre kann durch quantentheoretische Modelle *ergänzt* werden: sie erklären das Zustandekommen und den *Selbstvollzug* eines komplexen Quantensystems durch Erkenntnis als ein Prozess der komplexen Informationsverarbeitung sowie der komplexen Adaptation und kreativen Neuschaffung von Synergien. Die o.g. Aspekte bes. der Minimierung der *Energie* und Maximierung der *Geschwindigkeit* der Informationsverarbeitung durch die Quanteninformationsverarbeitung wären dabei die evolutionsbiologisch relevanten Wurzeln der Verwirklichung des Geistes durch einen entsprechenden Selektionsdruck, der freilich nicht die reale und faktische Evolution des Geistes erklären kann.

Ebenso vermag die Quantentheorie die o.g. *Reflexivität* des Bewusstseins zu plausibilisieren, indem vollständige Projektionen unendlicher (komplexer) Mengen auf Teilmengen des HILBERT-Raumes möglich werden.

Schließlich flankiert eine Quantentheorie des Geistes die Arbeit des Gehirns als die Re-Konstruktionsleistung durch ein komplexes Quantennetzwerk, das verschiedene Schichten *komplexer* Informationsverarbeitung sowie der Erzeugung und Vernichtung komplexer Information beinhaltet.

- NACH GERALD EDELMAN beruht Kognition auf den neuronalen Leistungen der **Konstruktion, Assoziation, Korrelation**, d.h. auf Parallelverarbeitung, die durch komplexe Netzwerke ausgeführt wird. Um die *Geschwindigkeit* dieser Parallelverarbeitung sowie ihren *geordneten* Ablauf zu erklären, wird eine *parallel* zum klassischen Netzwerk ablaufende Quanteninformationsverarbeitung vorausgesetzt. Sie ermöglicht ferner die Koordination und Steuerung der systemischen Wechselwirkungen. Ein hinreichend *komplexes* Quantensystem bzw. Quantennetzwerk ermöglicht in diesem Fall diese komplexen Leistungen der instantanen Parallelverarbeitung. Erkenntnis vollzieht sich demnach klassisch **und** quantisch (THOMAS GÖRNITZ)
- „**Unmittelbarkeit**“ des Geistes zu *sich selbst* und zu *Gott* als Referenzpunkt: das kann als relative Autarkie bzw. als „Unmittelbarkeit“ des sich selbst stabilisierenden Quantenprozesses gedeutet werden, das sich durch die unmittelbare Transformation von Quantenzuständen im Rahmen eines individuellen Quantenprozesses selbst vollzieht.

Willensfreiheit

Das Problem der Willensfreiheit angesichts eines neuronalen **Determinismus** kann auch eine quantentheoretische Erhellung erfahren: „streng“ determiniert ist gleichbedeutend mit „mathematisch determiniert“, und das wiederum ist gleichbedeutend mit einem „Algorithmus“ als deterministische Rechenanweisung.



Die Quantentheorie hingegen erlaubt die Einführung komplexer Zustände sowie – aufgrund der Reduktion des Quantensystems bei der Messung – eines zutiefst nichtlinearen Elementes. Ebenso ist in der klassischen Physik auf *Bifurkationspunkte* zu verweisen, die per definitionem die Determinierung einer der möglichen Resultate eines evolutiven Prozesses ausschließen; ebenso bleibt die Unableitbarkeit *emergierter* Zustände aus den vorhergehenden Systemkomponenten erhalten.

Somit wäre zumindest die Indeterminanz eines Quantensystems sowie seines klassischen Korrelates gesichert. Was zum Zustandekommen echter Freiheit hinzu tritt, ist der **Akt einer geordneten bzw. ordnenden Selbstbestimmung** des Systems: so sollen die Resultate des informativen Wirkens eines Quantensystems *nicht* chaotisch noch zufällig, sondern *systemisch* und geordnet sein. Sie entsprechen den *geordneten* Wechselwirkungen eines komplexen Quantensystems.

Folglich müsste das ordnende Quantensystem die komplexe Ordnung *immer wieder neu* erzeugen: eben das meint die Möglichkeit, „sich selbst zu schaffen“ bzw. sich „sinnvoll kreativ“, d.h. sich *frei* betätigen zu können. Stichpunktartig kann das zusammen gefasst werden:

- **Relativität des neuronalen Determinismus:** es erfolgt eine *nichtzufällig* koordinierte Steuerung und Kreation neuronaler Aktivitätsmuster. **Grund dieser Ordnung** ist die zeitliche Synchronizität neuronaler Aktivität und räumliche Ordnung durch das sich selbst organisierende komplexe Quantensystem
- **Relative Freiheit** (i.S. der Unabhängigkeit) des Quantensystems: das ordnende Prinzip sollte dem geordneten (klassischen) System vor-geordnet sein, um überhaupt ordnen zu können
- **Heteronomie - Autonomie:** es kommt zu einem Zusammenspiel zwischen der statischen *Ordnung* und dynamischen *Ordnen*. So bedingen sich etwa in der Biologie die klassische (DNS-)Struktur und quantengesteuerte (epigenetische) *Dynamik* scheinbar gegenseitig: es kommt zu einem wechselseitigen Anpassungs- und Abstimmungsprozess zwischen Dynamik und Statik bzw. Morphologie, und das stets sowohl klassisch als auch quantisch.
- **Kreativität und Flexibilität:** Quantentheorie als Theorie der Möglichkeiten impliziert insbes. die Möglichkeit, komplexe Zustände zu erzeugen. Sie schafft Raum für wirklich neue resp. emergente Strukturen und Dynamiken
- Keine „absolute“ Freiheit, sondern **relative Selbstbestimmung:** der Freiheitsbegriff kann nicht verabsolutiert werden, ebenso wenig die mit ihr verbundene Autonomie und Autarkie eines Quantensystems. Vielmehr besteht eine *relative* Unabhängigkeit der Selbstorganisation des ordnenden Quantensystems, da dieses das klassische System (*Gehirn*) steuert und *nicht* umgekehrt



- **Reflexivität** des Bewusstseins als ermöglicht die *Freiheit*, insofern diese eine *Distanz* bzw. Differenz zum Objekt der Selbstbestimmung voraussetzt. Freiheit ist mit Hans André eine „Annäherung aus Abstand“, exakter jedoch eine „Annäherung durch Distanznahme“, die wiederum durch eine primordiale Differenz zwischen Subjekt und Objekt der Selbstbestimmung ermöglicht wird. Wird daher die Möglichkeit der Distanznahme eingeschränkt, so ist dann auch keine hinreichende Reflexivität mehr gegeben, so dass das Individuum nicht mehr vollständig der „Herr seiner Akte“ sein kann.

Ferner setzt das einen vollständigen Überblick über seine *Möglichkeiten* voraus – der menschliche Geist war schon nach THOMAS VON AQUIN „quodammodo omnia“ (irgendwie alles). Daher kann auch Tieren u.a. keine vollständige Freiheit i.S. einer hinreichend vollständigen Selbstbestimmung auf Basis einer Selbstwahl unter den vorliegenden Möglichkeiten gesprochen werden.

Anima separata?

STUART HAMEROFF meint in Anlehnung an asiatische und gnostisch-vedische Traditionen, dass der menschliche Geist nach dem Tod seines Körpers bzw. seines Avatars in einem unentschiedenen Schwebезustand weiter existiert: er wäre quasi Teil einer holistischen und universalen *Weltseele*, zu welcher er nach einem „Durchgang“ durch das konkrete Leben als Individuum zurück kehrt.

Das würde zu verschiedenen *Problemen* führen: das konkretisierte Leben als Person bzw. als Individuum wäre primär *negativ und sinnlos*. Sinnlos wäre es u.a., weil im Hinblick des Eingangs des menschlichen Geistes in das „ewige Einerlei“ (HEGEL) die Individuation und Konkretion nichts beitragen würde. Ebenso wäre eine solche These gleichbedeutend mit dem *endgültigen Tod* der konkretisierten Person, die aufhört, weiter zu existieren. Schließlich wäre der Akt der *Selbstbestimmung*, welche Intelligenz, Steuerung und Reflexivität voraussetzt, nivelliert bzw. depotenziert: wozu überhaupt noch Selbstbestimmung?

Was auf Basis der Quantentheorie jedoch möglich ist: die relative Isolation und damit Separation der Information von ihrem materiellen Träger.

So ist auch eine *reine* Quanteninformationsverarbeitung denkbar, wenn diese wohl auch nicht algorithmisch vollzogen wird. Somit ist zumindest die Denkform der „anima separata“, d.h. des abgetrennten Geistes, legitim, wenn auch die Rückanbindung an ein *materielles Korrelat* so konstitutiv bleibt wie für eine Reflexion der Blick in einen verzerrenden Spiegel, um sich „real“ verankern zu können: ein Farbkleck im Gesicht setzt den Blick in den Spiegel voraus, der im Vergleich zur „rein“ mentalen Spiegelung ein analoges Zerrbild liefert.

- **Isolierung** der Qubits vom materiellen Träger (sog. V-Bits bzw. Verschränkungs-Bits). Entspricht somit die *Realität* des Quantensystems der *Realität* eines getrennten Geistes?



- „Reine“ abstrakte Quanteninformationsverarbeitung ist möglich: *Diphotonen*; *Protonentransport in Säuren*: Übertragung von Quantenstrukturen bzw. abstrakter QuBits
- „*Relational* subsistierender“ Geist: **Verlust** der klassischen und quantischen **Ordnungsstruktur** bzw. **Zerfall** des separierten Quantensystems? (Dispersion des Wellenpaketes, ein stationärer Quantenzustand ist weder ausreichend noch möglich)

Transzendente Gotteserfahrung?

Wird nun philosophisch nach den Bedingungen der Möglichkeit des Geistes gefragt – und somit die Frage gestellt, warum der Geist überhaupt in der Lage ist, „reale“ Strukturen des Universums zu erfassen, und inwiefern die erfasste Realität somit selbst „geistig“ sein muss –, so kann aufgrund der „geist-analogen“ Grundstruktur des Universums, d.h. der Ableitung der Materie aus Energie und dieser aus Information (CARL F. V. WEIZSÄCKER), auf einen geistigen Ursprung des Universums geschlossen werden.

Das „ideelle“ geistige Sein wäre somit das eigentlich „reale“ Sein. Nennt man diesen letzten geistigen Grund allen Seins „Gott“, so wäre das göttliche Sein als „reiner Geist“ das aller-realste Sein überhaupt, der „actus purus“, der „reine Akt“ und vollkommene Bestimmung des Seins aller Seienden.

Dieser „reine Geist“ wäre zugleich die transzendente Bedingung der Möglichkeit seiner Erfahrung als ein Referenzgrund, der dem menschlichen Geist zugänglich sein muss – sei es als „transzendentaler Horizont“ (KARL RAHNER), als „regulative Idee“ bzw. „konstitutives Postulat“ (IMMANUEL KANT), oder als „das, wovon Größeres nicht gedacht werden kann“ (ANSELM VON CANTERBURY), als „nicht kontingentes Sein“ (THOMAS VON AQUIN), als „zentrale Ordnung“ (WERNER HEISENBERG) oder schlichtweg als „Sein des Seins der Seienden“ (GUSTAV SIEWERTH). Im Rahmen einer Quantentheorie des Geistes wäre Gott am ehesten i.S. eines *regulativen und ordnenden Prinzips* zugänglich.

- Die Frage nach der **Referenz** der komplexen Quanteninformationsverarbeitung: „*informationelles*“ und „*ordnendes*“ Wirken Gottes auf den menschlichen Geist?
- **Leitwahrung Information**: Programm der *transzendentalen* Begründung der Quantentheorie (CARL F. V. WEIZSÄCKER). Das setzt eine primordiale Information voraus, was v. WEIZSÄCKER mit der klassischen Theorie der „Ur-e“ bzw. „Nullten resp. naiven Quantisierung“ beschreibt. THOMAS GÖRNITZ spricht in Anlehnung an eine „Weltseele“ von der sog. „Protyposis“ als Ur-Ordnung bzw. holistische Informationsmatrix.
- Gottes Geist fungiert als unmittelbarer (!) „**zentraler Ordner**“ (WERNER HEISENBERG). Das erinnert an ANAXAGORAS, der den Geist als *ordnende Kraft* im Chaos verstanden hat. Somit wäre auch der Modus des dynamischen Ordners des göttlichen Geistes bezeichnet: er ordnet



den menschlichen Geist und das Universum i.S. einer „Zügelkontrolle“ bzw. „chaos control“.

- **„Von Geist zu Geist“**: platonische Formen in der gequantelten Raumzeit *und* im Bewusstsein sollen nach ROGER PENROSE die meso- und makroskopische Ordnung ermöglichen bzw. passiv auslösen (d.h. nicht aktiv determinieren).
- Berücksichtigt man jedoch die **fraktale Struktur der Natur** sowie die Möglichkeit, durch Fraktale komplexe Information speichern zu können – analog dazu in der komplexen DNS – , so scheinen am Fundament der Wirklichkeit eher Fraktale zu stehen, die komplexe Information kodieren, anstelle vermeintlich idealer platonischer Formen. „Perfektion“ wäre dann auch nicht die Verwirklichung solcher symmetrischer idealer Muster und Formen, sondern eher im Gegenteil „Ordnung im Chaos“ bzw. eine verborgene komplexe Ordnung (vgl. F. DAVID PEAT) resp. eine „vertikale“ Symmetrie, die sämtliche Skalen der Raumzeit analog strukturiert. „
- Einfachheit“ wäre dann die maximierte Selbst-Bestimmung komplexer Systeme eben kraft ihrer Komplexität – das erkennt man etwa anhand einer simplen Analogie: zwei Liebende ziehen sich stärker an als jede „symmetrische“ physikalische Kraft. Die „Symmetrie“ zwischen zwei Liebenden ist komplexer, differenzierter, und kraft dieser Differenzierung ist die „einfacher“ und stärker.

Ausblick

Abschließend können anthropologische Anwendungen der Quantentheorie kurz angedeutet werden:

- **Keine Geistseele ohne Leib**: trotz *relativer* Isolierbarkeit eines Quantensystems bleibt die Rückbindung an klassische Struktur konstitutiv (Präparation, Messung, klassische Steuerung von Quantenprozessen)
- **Sünde und Schuld** als Folgen eines „mental disorders“: das komplexe Quantensystem „Geist“ wäre gespalten, was als einen Übergang eines „reinen“ Quantenzustandes in einen „gemischten“ Quantenzustand darstellbar ist. Damit wäre ein „Unterraum“ bzw. ein Teilsystem, das nichtsdestotrotz die vollständige Projektion des ganzen Quantensystems darstellen kann, generiert: dieses Subsystem nun würde sich relativ selbständig machen. Psychologisch wäre der Ursprung der existentiellen Angst somit die Angst vor der Zerstörung bzw. Aufspaltung des Geistes bzw. des komplexen Quantensystems. Theologisch steht dahinter der sog. „geistige Tod“ als Tod des Geistes. Das wäre die intensivste existentielle Urfahrung der „Angst“ bzw. eine sog. negative „Existentialie“ (MARTIN HEIDEGGER).



- **Bedeutung der Individualgeschichte:** die zeitliche Entwicklung der Wellenfunktion impliziert die konstitutive Funktion der Zeit i.S. der differenzierenden Entfaltung und Realisierung eines komplexen Zustandes „in“ Raum und Zeit. Dabei erfasst jedoch die lineare Quantenmechanik keine Evolution noch die mit ihr verbundene Entstehung von Neuem (Emergenz) – hierzu wäre die o.g. Meta-Theorie i.S. einer nichtlinearen Quanten-Systemtheorie erforderlich.
- **Würde des Menschen** besteht kraft seines „geistigen“ Lebens: wo kein geistiges Leben bzw. kein komplexes Quantensystem gegeben ist, dort kann es auch keine Würde einer Entität geben, die sich selbst organisiert und selbst ordnet, um sich durch die jeweilige Ordnung selbst zu bestimmen. Die Komplexität und Wirklichkeit der sich selbst stabilisierenden Quanteninformation begründet den ontologischen Status des Quantensystems, d.h. so etwas wie ein „geistiges Sein“ bzw. eine „geistige Wirklichkeit“. Je komplexer ein Quantensystem, desto mehr Quanten-Systemhierarchien sind ausgebildet, und desto mehr „Würde“ kann ihm zugeschrieben werden: je mehr neue Quanten-Systemhierarchien emergieren, desto mehr neue Qualitäten an Informationsverarbeitung und –repräsentation können entstehen – bis zur Fähigkeit, seine eigenen relativ unendlichen Quantenzustände vollständig zu reflektieren (Bewusstsein) und dadurch die heterogen vorgegebene Möglichkeit der Selektion zwischen Quantenzuständen (denen etwa ein bestimmtes Verhalten, eine kognitive Problemlösung u.a. entspricht) hinreichend vollständig zu erfassen (Selbst-Bewusstsein), um sie dadurch schließlich autark zu gestalten, d.h. sich selbst zu „selektieren“ i.S. von „frei“ zu entscheiden (Selbst-Bestimmung).



Quantum Intelligence. Eine Theorie intelligenten Lebens

Vorbemerkung

Quantum Intelligence zielt als Theorie intelligenten Lebens auf die künstliche Erzeugung von vielfach verschränkten komplexen Quantensystemen, die sich bei Zimmertemperatur stabilisieren und makroskopische Systeme steuern. Dabei ersetzt eine fraktale Architektur (etwa organische Moleküle) als sog. *Wetware* das konventionelle Interferometer, so dass eine komplexe Dynamik auf der Quantenskala emergieren kann. Die zugehörige „Software“ wäre ein nicht deterministisches Programm, das dynamische komplexe Information in präparierten Verschränkungs-Bits / V-Bits erzeugt und sich dadurch selbst ordnet sowie stabilisiert. Komplexe Information kann demnach in Fraktalen repräsentiert werden. Ihre isomorphe Transformation würde den Such- und Selektionsraum an Möglichkeiten sinnvoll begrenzen.

Beides zusammen definiert ein komplexes Quantensystem, das zu relativ selbständigen, kreativen und adaptiven Leistungen in einem nicht antizipierbaren Umfeld fähig ist.

Intelligente Quantensysteme

Quantum Intelligence bezeichnet somit ein dynamisches Quantensystem, das primär sich selbst und sekundär das ihm korrelierte klassische Substrat ordnet und steuert. Um ausreichend Ordnung im Quantenbereich zu erreichen, bedarf es eines gewissen Grades an **Komplexität**, i.e. vielfach verschränkter Quantenzustände, die immer komplexere Meta-Zustände auf höheren Ebenen ausbilden. Die Komplexität des Quantensystems bildet sich analog ab in der Komplexität des *klassischen* Substrates bzw. Systems. So spiegeln *verschränkte* Quantenzustände bidirektionale rekurrente Verbindungen zwischen Neuronen in einem neuronalen Netzwerk wider: das klassische und das quantische System bilden *ein* geordnetes Netzwerk, das *parallel* Information verarbeitet und eine komplexe Dynamik generiert.

Die komplexe Ordnung des Quantensystems kann informationstheoretisch als komplexe „Information über Information über ...“ verstanden werden. Dem entsprechen abstrakte Informationen, die in Relationen, d.h. in sog. komplexen Verschränkungs-Bits (V-Bits) repräsentiert sind. Vielfach verschränkte Quantenzustände speichern komplexe Information auf der Quantenebene²; die Dynamik eines variierenden Verschränkungsprozesses ermöglicht ferner die Verarbeitung komplexer Information.

² Daher wäre in der Sprache der Physik das Ergebnis von Messungen nicht linear abhängig vom Ergebnis der komplexen Informationsverarbeitung, d.h. es kommt zu einer Verletzung der ausschließlich unter künstlichen Laborbedingungen geltenden Quantenstatistik durch komplexe und insbes. durch lebendige Systeme.



Komplexe Information könnte nun geometrisch durch **Fraktale** repräsentiert bzw. kodiert werden: sie bilden den seltsamen *Attraktor* eines komplexen Systems³. *Aktive* Fraktale würden v.a. im organischen Bereich beides, die klassische Ordnungsstruktur und dynamische Organisation, kontrollieren. Die *Quantensteuerung* löst eine geordnete Dynamik von Wechselwirkungen passiv aus bzw. lässt sie kontrolliert emergieren. Die Wechselwirkungen bilden temporär Synergien und fraktale Aktivitätsmuster aus, in denen sich ein komplexes System manifestiert.

Die beobachtbaren fraktalen Aktivitätsmuster können wie ein *Schattenwurf* des im Vergleich komplexeren Fraktals der Quantenwirklichkeit verstanden werden⁴. Damit erhalten die **Quantenphysik** bzw. zentrale Paradigmen wie Verschränkung, Superposition, instantane Wechselwirkungen, vollständige Projektion von Zuständen, nicht-lineare Selektion u.a. eine zentrale Schlüsselrolle im Bemühen, eine „echte“ künstliche Intelligenz zu realisieren.

Im klaren Unterschied dazu etwa berücksichtigen die beiden aktuellen Ansätze des *Human Brain Projects* sowie des *Blue Brain Projects* mit einem Forschungsvolumen von mehreren Mrd. Euro keine makroskopisch relevante Quanteneffekte. Intelligenz wäre hier nur eine superveniente oder emergente Eigenschaft der Materie ohne einen eigenständigen ontologischen Status. Quantum Intelligence hingegen sieht Intelligenz verwirklicht und realisiert in einem *komplexen Quantensystem*: der „Quanten-Software“ kommt eine *eigenständige* ontologische Qualität zu. Intelligenz wird dabei mit spezifischen Attributen *komplexer* (Quanten-)Systeme korreliert, die sich auf verschiedenen Skalen realisieren. Doch was bedeutet **Komplexität**?

*Komplexität kann als die dynamische Korrelation und Integration verschiedener (spezifischer) Elemente, die nichtlinear miteinander wechselwirken, zu einem System von koordinierten Aktivitätsmustern und Synergien definiert werden.*⁵

So ist das *Gehirn* eines höheren Primaten in *zweifacher* Hinsicht **komplex**: einerseits i.S. der *klassischen* Physik, was sich an der Vielzahl neuronaler Vernetzungen und an der fraktalen Architektur ihrer Morphologie zeigt, andererseits i.S. der Quantenphysik und Systemtheorie, was sich u.a. an der Synchronizität, an instantanen Entladungstätigkeiten von Neuronen und an der Variationsbrei-

³ Bräuer, Kurt: Chaos, Attraktoren und Fraktale. Mathematische und physikalische Grundlagen nichtlinearer Phänomene mit Anwendungen in Physik, Biologie und Medizin, Berlin 2002

⁴ Penrose, Roger: Schatten des Geistes. Wege zu einer neuen Physik des Bewusstseins, Heidelberg u.a. 1995. Somit kann im Grunde jede Entität anhand seiner „Form“, d.h. anhand des fraktalen Systemattraktors, verstanden werden. Ob er in einem Quantensystem realisiert ist und die Wurzel der Intelligenz darstellt, muss empirisch verifiziert werden. Aktuelle Forschungen konzentrieren sich z.B. auf Strukturen, die die Signaltransduktion *effektiv steuern* und Quanteneffekten unterliegen, etwa auf *Mikrotubuli*: sie können acht verschiedene Resonanzfrequenzen durch ihr kollektives Verhalten als Quanten-Ensemble realisieren, ihren elektrischen Widerstand unabhängig von der Temperatur, Länge und Vibration regulieren u.a.m.

⁵ Vgl. Tononi, Giulio; Edelman, Gerald M.: Complexity and coherency. Integrating information in the brain, in: Trends in cognitive sciences, Bd. 2 / H 12, Amsterdam u.a. 1998, 474-484. Komplexität wird als Maß der Integration und Spezifikation neuronaler Gruppen quantitativ definierbar. Die Elemente eines komplexen Systems sind durch Spezifität und Integration ausgezeichnet, woraus ein quantitatives Maß der sog. „neuronalen Komplexität“ abgeleitet werden kann.



te verschiedener Aktivitätsmuster manifestiert. Das Gehirn ist daher einerseits ein *klassischer* Parallelverarbeitungs-Computer, der jedoch nicht binär und digital, sondern analog und adaptiv arbeitet; und andererseits ist das Gehirn ein *Quanten-Netzwerk* bzw. ein komplexes Quantensystem, das eine Parallelverarbeitung gemäß quantenphysikalischer Regeln realisiert.

Eine weitere, zunächst triviale Beobachtung: das *Gehirn* ist eingebettet in den **Raum**. Zwischen Raum und Gehirn tun sich kurioserweise formale Parallelen auf: eine vierdimensionale Raumzeit kann auf Basis eines *fraktalen Wachstums*, das nach quantentheoretischen Regeln generiert wird (v.a. unter Berücksichtigung des Superpositionsprinzips), theoretisch durch sog. kausale dynamische Triangulation⁶ erzeugt werden. Eine primordiales *Fraktal* – ein „Urbaustein“ des Raumes – unterhalb der Planck-Größe hat eine korrelierte *Dynamik* des Energieflusses zur Folge und umgekehrt: eine „informierte“ Energie würde die Entstehung fraktaler Strukturelemente des Raumes wie bei einer ausfällenden (präzipitativer) Reaktion bedingen. – Beides erinnert an das dynamische Wachstum eines neuronalen Netzwerks, das durch allgemeine Regeln disponiert, jedoch nicht determiniert wird.

Der Raum dehnt sich aus und minimiert dadurch seine Energie. Der sukzessiven *Minimierung der Energie* korreliert eine *Zunahme der Komplexität* der Raumstruktur⁷ und somit eine quantitative *Expansion des Raumes*. Die Zunahme der Komplexität kann qualitativ als (nicht algorithmische und nicht digitale, sondern) *analoge Informationsverarbeitung* durch fraktales Wachstum verstanden werden⁸. – Auch das erinnert an das Gehirn als Instrument komplexer Informationsverarbeitung.

Die Informationsverarbeitung erfolgt i.S. der holografischen (Quanten-)Kodierung scheinbar zwei- oder sogar nur eindimensional⁹. Dann wäre die dreidimensionale Realisierung der damit verbundenen Ereignisse eine *holografische Projektion*. Zum **holografischen Prinzip** gelangt man auch auf dem Weg der *Gravitation und Thermodynamik*¹⁰ sowie über die *geometrische* Beschreibung physikalischer Wechselwirkungen als höherdimensionale *Adinkras*, die komplexe Information verarbeiten: bei der Lösung supersymmetrischer Gleichungen manifestiert sich dabei ein verborgener *Feh-*

⁶ Renate Loll: Taming the cosmological constant in 2D causal quantum gravity with topology change, Aachen 2005

⁷ Susskind, Leonard u.a.: Copmlexity, action, and black holes, in: Physical Review D, v93 n8 (20160418)

⁸ Lloyd, Seth: Programming the Universe. A quantum computer scientist takes on the cosmos, New York 2010. Die Idee des Raumes, der auch rechnen kann wie ein Computer, stammt vom Erfinder des Computers Konrad Zuse: Rechnender Raum, Braunschweig 1969

⁹ Susskind, Leonard: Der Krieg um das Schwarze Loch. Wie ich mit Stephen Hawking um die Rettung der Quantenmechanik rang, Darmstadt 2010

¹⁰ Nach dem Beckenstein-Hawking Theorem ist die zweidimensionale Entropie der Oberfläche eines Schwarzen Loches proportional zu dessen dreidimensionalem Volumen: zweidimensional wird vollständig die Menge an Information kodiert, die im Volumen enthalten ist. Wie bei einem Hologramm werden die Zustände des Volumens vollständig auf der Oberfläche dargestellt. Man beachte: „vollständig“ meint quantitativ vollständig, d.h. die Menge an Bits ist identisch. Dem Makrozustand werden wie in der Thermodynamik *qualitativ-indifferent* verschiedene Mikrozustände zugeordnet, d.h. qualitative Ordnung und Komplexität werden ignoriert.



lerkorrektur-Code wie in einem Computerprogramm¹¹. Um komplexe Information zu generieren, zu verarbeiten und zu transformieren, wäre das Universum *nicht* digital und binär, sondern *analog*: es wäre keine Simulation, sondern eine Emulation. – Ähnliches gilt für die Dynamik des hochgradig adaptiven und komplexen Gehirns, das auf Basis der klassischen Physik wohl nicht vollständig simuliert, sondern emuliert werden kann.

Das Gehirn wäre eine zu Resonanz kondensierte und **informierte Energie** bzw. **aktive Information**. Es wäre die **holografische Projektion** eines informierenden komplexen Quantensystems bzw. eines komplexen Quanten-Netzwerks [s.u.], das *nicht* determinierend ist und sich selber vollständig projizieren bzw. reflektieren kann. Dabei könnten immer höhere Systemhierarchien emergieren, die die Steuerung des komplexen Systems übernehmen bzw. Strukturen der niedrigeren Systemhierarchien i.S. einer *kontrollierten Downward-Emergenz* passiv auslösen¹².

Aktive Information ist ebenso **wirklich und wirkend** wie Energie und Materie¹³. Eine mentale Realität als *Informationsraster* steuert und informiert *instantan* (zeitlos) und *holistisch* (raumlos) die klassischen Elemente des Systems und bestimmt die Wahrscheinlichkeit ihrer Wechselwirkung. Es ist wenig informierende bzw. ordnende Energie erforderlich, da systemisch die jeweils unterschiedlich gespeicherte Energie auf verschiedenen Skalen lediglich passiv ausgelöst wird.

Der Status Quo der Künstlichen Intelligenz (KI) Forschung

Intelligenz zeigt sich in Anlehnung an das philosophische Triplet von „esse-velle-intelligere“ (Sein-Wollen-Erkennen) in folgenden Kompetenzen¹⁴:

- a) *Steuerung (esse)*
- b) *Evaluation von Systemzuständen (velle)*
- c) *Konstruktion, Korrelation und Assoziation (intelligere)*

Die Künstliche Intelligenz [KI] versteht unter „Intelligenz“ lernfähige, sich selbst *organisierende* oder sich selbst *assemblierende* Systeme mit der Fähigkeit der (relativ) flexiblen Adaptation zwecks optimierter Lösungssuche. Ein intelligentes System ist daher durch nicht-chaotisches, d.h. durch geordnetes Verhalten ausgezeichnet: es produziert *komplexe* Aktivitätsmuster.

¹¹ Gates, Sylvester James u.a.: Codes and supersymmetry in one dimension, Boston 2012. – Interessanterweise braucht man bei einem *topologischen* Quantencomputer *keinen* Fehlerkorrektur-Code, so dass etwa der Raum als Quantenfeld Information ohne eine solche Korrektur verarbeiten könnte.

¹² Campbell, Richard: The metaphysics of emergence, Basingstoke 2015

¹³ Görnitz, Thomas u.a.: Von der Quantenphysik zum Bewusstsein. Kosmos, Geist und Materie, Berlin 2016

¹⁴ Die Fähigkeit zur damit einhergehenden *Selbstbestimmung* (Autarkie und Kreativität) ist für ein intelligentes System essentiell, wird hier jedoch nicht eigens thematisiert. Man kann ferner *Bewusstsein* als Fähigkeit zur vollständigen *Projektion* von Systemzuständen, die das System wiederum verändern definieren; Selbst-Bewusstsein wiederum wäre ein „Verhältnis“, das „sich zu sich selbst“ (vgl. die Definition des „Selbst“ bei: Kierkegaard, Sören: Die Krankheit zum Tode, Stuttgart 2013), also zum System von Projizierendem und Projiziertem, verhält. Der dynamische Prozess der Projektion scheint sich hier relativ zu verselbständigen.

Derzeit gibt es mind. vier Ansätze in der KI:

- *Quantum Computing* (digitales Quanten-Computing *oder* Quanten-Netzwerke)
- *Simulation* „intelligenter“ Systeme auf Basis der klassischen Physik
- *Embodiment* als „Ansatz von unten her“
- *Emulation* intelligenter Systeme (neuronale Netze auf anorganischem Substrat bzw. synthetischer materieller Basis).¹⁵

In der **Simulation von Intelligenz** kommt eine binäre Logik zur Anwendung, mit der sich basale logische Gatter als Operatoren konstruieren lassen. Sie definieren wiederum Ketten und Programm-Sequenzen, so dass immer höhere Meta-Ebenen und die ihnen zugeordneten Meta-Tags und Meta-Regeln/Programmiersprachen definiert werden können. Letztlich befinden sich auf der jeweils obersten Meta-Ebene *Symbole*, die die unteren Ebenen codieren und in sich integrieren. Hier agiert der Programmierer als externer Konstrukteur; das Programm bzw. die Regeln selbst sind nicht evolutiv entstanden. Somit sind das Programm-System (Software) und das zugeordnete materielle System (Hardware) nicht *aus und durch sich selbst* organisiert, geordnet oder „zusammen gehalten“.

Der **Embodiment-Ansatz** erhofft ebenfalls, emergente Muster der Selbstorganisation zu generieren, indem primordiale Akteure – etwa kleine Roboter – miteinander „frei“, d.h. nach vorprogrammierten Regeln, interagieren. Es kommt dabei höchstens zur Ausbildung einer kollektiven Schwarm-Intelligenz. Doch auch dieser Schwarm-Intelligenz fehlt – wie anderen sozialen Systemen auch – der *intrinsic* Zusammenhalt bzw. ein „quantischer“ Systemkern.

Die klassisch-physikalische **Emulation** komplexer intelligenter Systeme inkl. einer Selbstbezüglichkeit, die durch rekurrente Koppelung von Netzwerkelementen erreicht wird – bekannt sind Elman-Netze, Hopfield-Netze, Petri-Netze sowie Kohonen-Netze¹⁶ –, basiert ebenfalls auf der klassischen Physik nichtlinearer Systeme. Das Resultat sind neuronale oder neuromorphe Netze, die auch ihre eigene Morphologie in Abhängigkeit des korrelierten dynamischen Aktivitätsmusters modifizieren und somit umgekehrt die Prozessdynamik rückwirkend modulieren können.

*Keiner dieser drei Ansätze ist in der Lage, über die grundsätzliche Begrenzung instabiler Systeme hinaus zu gelangen. Keiner dieser Systeme stabilisiert, ordnet bzw. organisiert sich autark selbst. Keiner dieser Systeme hat eine ontologisch-reale „Innenseite“, die von innen her das System ordnet.*¹⁷

¹⁵ Vgl. Shanahan, Murray: The technological singularity, Cambridge 2015

¹⁶ Herajy, Mustafa: Computational steering of multi-scale biochemical networks, Cottbus 2013

¹⁷ David Bohm's „implizite Ordnung“ bezeichnet auch eine intrinsisch ordnende Information eines Systems; jedoch determiniert Bohm's *implizite Ordnung* die zeitliche Evolution, Emergenz und Entwicklung des Systems vollständig. Wir hingegen postulieren eher ein fundamentales System- bzw. Ordnungs-Prinzip, das die *Dynamik* des Ordners bzw. des Systems nicht determiniert. Dadurch wird die relative *Autonomie* des Systems gewahrt.

Nachdem SETH LLOYD 1993 bewiesen hat, dass grundsätzlich mit *jedem* „Element“ (sogar mit dem Raum selbst) gerechnet werden kann, indem verschiedene Elemente zu einem System von Wechselwirkungen und Korrelationen zusammen gefasst werden können, hat er auch postuliert, dass auch mit Quanten-Bits (QuBits) gerechnet werden kann¹⁸. Daraus leiteten sich im Anschluss an eine entsprechende These von RICHARD FEYNAMN (1981) die ersten **Quantencomputer** ab, die verschränkte Quantenzustände und somit das *Superpositionsprinzip* bzw. den *nicht-lokalen Realismus* der Quantenphysik für simultan und instantan ablaufende Rechenprozesse ausnutzen. Bekannt sind die *Quantenalgorithmen* der Primfaktoren-Zerlegung von SHORE (1997), Quanten-Speicherung von GORE, der „quantum walk“ sowie „quantum search“ Algorithmus u.a.m.¹⁹

Die verschränkten Quantenzustände sind künstlich präpariert und äußerst fragil; ebenso sind die in der Informatik bei einer wachsenden Zahl von Bits üblichen *Fehlerkorrekturen* nur umständlich realisierbar. Auch eignen sich Quantencomputer nur zur Lösung einer spezifischen mathematischen Problemklasse (NP-spezifisch), die etwa bei Verschlüsselungstechniken durch Primfaktorenzerlegung eine Rolle spielt. Bei Quantencomputern übernimmt erneut der *menschliche* Programmierer die Kontrollfunktion, indem er mit klassischer Physik das Quantensystem verschränkter und superponierter QuBits kontrolliert. Das gilt nicht nur für digitale Quantencomputer, sondern auch für neuronale Netzwerke aus QuBits: die Kontrolle obliegt dem Programmierer.

Eine Kombination des digitalen Quantum Computings mit neuronalen Netzwerken führt zum Ansatz des **Quantum Neural Networks** (QNN). Ein QNN soll in der Lage sein, die nichtlineare dissipative Dynamik neuronaler Netzwerke mit der linearen unitären Dynamik eines Quantencomputers zu kombinieren. Folglich können QNN bestimmte NP-*Optimierungsprobleme*, bei denen eine große Datenmenge (Big Data) möglichst schnell mit Mitteln der *linearen* Algebra verarbeitet werden muss, erheblich schneller lösen als klassische Computer.

Der Grund ist ein mathematischer: Quantencomputer können *exponentielle* Datenmengen (Vektoren) *logarithmisch* speichern und kodieren. So entsprechen 10^{12} Bits gerade mal 40 QuBits. Damit ist auch die Zahl der erforderlichen Rechenschritte entsprechend gering, da pro Rechenschritt eine superponierte *Menge* von Rechnungen instantan und parallel ausgeführt wird. Man beachte jedoch hierbei, dass klassische Algorithmen bei zunehmendem Grad der direkten (und nicht durch klassische Architekturen indirekt vermittelten) Verschränkung von QuBits *nicht* mehr anwendbar sind: ein komplexes und verschränktes Quantensystem operiert nicht algorithmisch. D.h. die Quantensoftware, wenn man das so nennen mag, erhält einen neuen Charakter im Vergleich zur klassischen Software: bei Quantencomputern sind Hard- und Software in zunehmendem Maß deckungsgleich, weshalb auch der Entwicklung einer Quanten-Hardware eine Mit-Entwicklung einer Quanten-Software korrespondiert.

¹⁸ Anm. 8

¹⁹ I.S. des „quantum walk“ – Algorithmus scheint etwa in der Photosynthese die Übertragung der Energie eines angeregten Photons auf ein sog. „Exziton“ zu funktionieren, siehe unten.

QNN stoßen jedoch rasch an ihre Grenzen, da zur Lösung anderer mathematischer Problemklassen komplexe Quantensysteme erforderlich sind. Daher existiert bislang (2017) noch kein offenes und nicht determiniertes (adaptives) QNN²⁰. Vielleicht gelingt das eher auf Basis *fluid*er Substanzen (Wetware statt Hardware), die dank der Dominanz chemischer und kalorischer Wechselwirkungen zu nichtlinearen Effekten fähig sind²¹? Die aktuelle Bandbreite für Ansätze, einen digitalen Quantencomputer zu konstruieren, ist noch zu unüberschaubar, als dass eine verlässliche Prognose über künftige technologische Entwicklungen abgegeben werden könnte.

Zusammenfassend basieren die Ansätze der KI auf einer *binären* Primärlogik, auf *determinierten* Prozessen und Algorithmen und auf der klassischen Physik. Emergierte Systemebenen werden *künstlich* „von außen“ erschaffen; sie erschaffen sich nicht selbst noch können sie sich selbst bestimmen und stabilisieren – man denke an die Problematik der NEAT's (Neuro-Evolution of Augmented Topologies). Daraus folgen auch die *Defizite* betreffs der Fähigkeit zum „Lernen“, zur Anpassung und Adaptation, zu kreativen Aktionen, zur Perzeption komplexer Information oder auch zur Selbststabilisierung: Computer stürzen immer wieder ab. Auch die Unterscheidung einer Speichereinheit vom operativen Prozessor – die es in Gehirnen so nicht gibt – auf Basis einer „VON NEUMANN Architektur“ kann als Tribut an die Begrenzung durch die klassische Physik und binäre Logik verstanden werden.

Quantensysteme „in vivo“ (quantum life)

Die enorme Herausforderung an die Experimentalphysiker, Informatiker und Ingenieure, Quantensysteme *künstlich* durch Kühlung und Isolation von der Umwelt zu präparieren, führt zur *Skepsis gegenüber Quantensystem in organischen Molekülen*, ja sogar im makroskopischen Bereich. Bes. MAX TEGMARK argumentiert auf dem Hintergrund künstlich präparierter Quantenzustände im Labor: hier kommt es rasch zur **Dekohärenz** mit anschließender **Dissipation** eines präparierten Quantensystems²² – warum nicht erst recht bei schlecht isolierten organischen Molekülen bei Zimmertemperatur? Und wie kann sich die Quantenordnung gegen das thermodynamische Rauschen durchsetzen? Kann es überhaupt stabile Quantensysteme im organischen Bereich geben, die entscheidende makroskopische Effekte nach sich ziehen?

Für die *Stabilität* von komplexen Quantensystemen können folgende Argumente genannt werden:

- Analog zu einer *indirekten* Quantenmessung könnte es im Gehirn dynamische Prozesse geben, die ein Quantensystem „in vivo“ durch seine Interaktion mit der Umgebung *nicht* kollabieren lassen; auch könnten die *Freiheitsgrade* eines Quantensystems bei Zimmertemperatur hinreichend differenziert sein.

²⁰ Quantum Information Processing (Impact Factor: 2.96). 08/2014; 13(11). DOI: 10.1007/s11128-014-0809-8. Google entwickelt derzeit zusammen mit der NASA entsprechende QNN mit >>1.000 QuBits.

²¹ Timonen, J.V.I., Latikka, M., Leibler, L., Ras, R.H.A., Ikkala, O. (2013). Swichtable static and dynamic self-assembly of magnetic droplets on superhydrophobic surfaces. Science, 341, 253-257

²² V.a. Zeh, Heinz-Dieter: Physik ohne Realität. Tiefsinn oder Wahnsinn? Berlin 2012



- Insofern Energieminimierung durch *Steigerung der Komplexität* (s.o.) erreicht wird, kann kraft der maximierten komplexen *Information* ein Quantensystem stabil sein.
- Stabilisierung kann auch durch die Bildung von *Resonanzen* erfolgen, die Energie und Information speichern²³. Der Resonanz scheint die *Verschränkung* von Quantenzuständen zu entsprechen: sog. Verschränkungs-Bits, d.h. die Information des verschränkten Zustandes, können sich immer wieder miteinander verschränken und ein komplexes Quantensystem bilden²⁴; verschiedene Ebenen von Verschränkungs-Bits tragen die Information der unteren Ebenen in sich und stabilisieren sie.
- Der im Vergleich zur klassischen Simulation des Gehirns signifikant niedrige *Energieverbrauch* spricht dafür, dass Information im Gehirn primär nicht-klassisch, sondern quantisch-systemisch verarbeitet wird; ein Zustand mit geringer Energie ist stabiler als ein Zustand mit hoher Energie.
- Quanteninformation unter Laborbedingungen ist *nicht* an ein *komplexes* Quantensystem gekoppelt und trägt keine „komplexe“ Information. Daher zerfällt sie durch Dekohärenz. Komplexe Information hingegen kann aus der Verbindung vieler Quantenbits emergieren, die sich als *Netzwerk* „in vivo“ durch sich selbst, also ohne einen externen „Ordner“, stabilisieren.
- Ein *sich selbst* ordnendes System stabilisiert sich „von innen her“ und bedarf keines externen „Ordners“, etwa eines Physikers oder Informatikers, der das System programmiert.

Eine **Informationsverarbeitung auf Quantenebene** würde auch ihre enorme *Geschwindigkeit* im Gehirn erklären: Information im Quantensystem bildet sich instantan und als ganze in Aktivitätsmustern ab. Das bedeutet jedoch keinen Widerspruch zur Unterlichtgeschwindigkeit der klassischen Informationsübertragung, weil es sich bei Quantum Intelligence um die unmittelbare (!) Übertragung und Verarbeitung komplexer Quanteninformation bzw. von Quantenzuständen geht und *nicht* um die klassische Übertragung binärer Codes. Das Quantensystem könnte auf dieser Basis seine Systemelemente instantan ordnen und informieren.

Wahrscheinlich bedarf es einer **modifizierten** (nichtlinearen? komplexen? systemtheoretischen?) **Quantentheorie** für Quantensysteme „in vivo“, um die Komplexität und nichtlineare Entwicklung der Verschränkungsbits zu beschreiben. Eine solche Theorie sollte auch den strikt *nicht*-linearen Mess- und Präparationsprozess erfassen – evtl. im Rahmen einer umfassenden *Systemtheorie*.

²³ Resonanz speichert Energie und Information (Norbert Wiener). Vgl. dazu Koncsik, Imre. Die Entschlüsselung der Wirklichkeit. Ist das Universum ein Programm und Gott der Programmierer? Berlin 2016

²⁴ Damit wäre die Entwicklung der Wellenfunktion im organischen Quantensystem nicht mehr unitär: dabei wird freilich auch ein anderer Begriff von Information vorausgesetzt. Vgl. Koncsik, Imre: Der Geist als komplexes Quantensystem. Interdisziplinäre Skizze einer Theory of Mind, Wiesbaden 2015



Ebenso gehört die Beschreibung der nicht linearen Emergenz von Netzwerken und komplexen Quantensystemen ins Lastenheft.

An dieser Stelle soll nun kurz der **Status Quo empirisch verifizierter** Quantensysteme bzw. ihrer Quanteneffekte rekapituliert werden:

- 1) Bereits 1963 wurde der Begriff „quantum biology“ geprägt, um einen *Tunneleffekt* in der Wasserstoffbrücke des DNS-Strangs zu bezeichnen, der zur Änderung der Nukleotidsequenz und somit zur Mutation, ausgelöst durch radioaktive Strahlung, führt.
- 2) In der *Photosynthese* erfolgt eine Übertragung eines energiereichen Photons auf ein Zielmolekül, indem mit einer Effizienz von fast 100% der beste Weg zwischen vielen Alternativwegen zum Ziel selektiert wird²⁵.
- 3) Der magnetische Kompass von Zugvögeln scheint auf dem verschränkten Spinzustand eines Elektronenpaars zu beruhen, der makroskopisch vergrößert (sog. „up scaling“) und visualisiert wird – die Vögel scheinen das Erdmagnetfeld zu „sehen“²⁶.
- 4) Schließlich wurde sogar mit einem einfachen Quantensystem in einem *organischen* Molekül in einem chinesischen Forschungszentrum eine *Rechenoperation* durchgeführt²⁷.
- 5) Ein *makroskopischer* Quanteneffekt beruht auf dem Nachweis *instantaner* Wechselwirkungen: in einem *Ferromagneten* richten sich im angelegten Magnetfeld die magnetischen Dipole instantan in dieselbe Richtung aus²⁸; es erfolgt mit Überlichtgeschwindigkeit eine *nicht* klassische Informationsübertragung, was auf verschränkte Zustände hin deutet. Synergien und instantane Wechselwirkungen setzen aufgrund der *exakten* Gleichzeitigkeit – woher erhält etwa ein magnetischer Dipol die Information über die Ausrichtung aller anderen sollte Dipole – ein Quantensystem voraus, das seine klassischen Elemente (Dipole) koordiniert und informiert.
- 6) Elektromagnetische [EM] Felder voller Information scheinen eine *holistische Informationsmatrix* zu konstituieren. So *leuchten* etwa *biologische Zellen* ultraschwach, doch messbar. Das Leuchten ist Folge der Präsenz eines EM Feldes, das vielleicht nicht (nur) die Folge der Entropiezunahme ist, sondern die Wechselwirkung einzelner Moleküle ordnet bzw. steuert: dann handelt es sich um einen makroskopischen Effekt der Quantensteuerung durch aktive Information²⁹. Vielleicht erfolgt das Up Scaling *räumlich* fokussiert: es bildet makro-

²⁵ Seth Lloyd: A Quantum of Natural Selection. *Nature Physics* **5**, 164-166 (2009) doi:10.1038/nphys1208

²⁶ <http://www.ks.uiuc.edu/Research/cryptochrome/>

²⁷ <http://www.33rdsquare.com/2014/10/artificial-intelligence-on-quantum.html>

²⁸ Vedral, Vlatko: Quantifying Entanglement in Macroscopic Systems, in: *Nature* **453** (2008), 1004-1007; Gosh, S. et al.: Entangled Quantum State of Magnetic Dipoles, in: *Nature* **425** (2003), 48-51

²⁹ <http://www.epjnonlinearbiomedphys.com/content/3/1/5>



skopische Knoten- und Brennpunkte, indem regional begrenzte, nichtlinear sich selbst verstärkende autokatalytische Quanteneffekte eine Schlüsselrolle spielen.

- 7) Damit kann auch die dauerhafte Gerinnung von Quanteninformation in klassische Information – etwa in DNS – und damit die *Ausbildung klassischer Strukturen* zusammen hängen: sie wären das Resultat iterativer autokatalytischer Effekte, die sich selbst verstärken, d.h. eine Selbstorganisation i.S. einer „downward-Emergenz“.

Wer steuert wen? Das Novum von „Quantum Intelligence“

Das Gehirn als nichtlineares dynamisches System arbeitet effizient, verarbeitet komplexe Information und verbraucht dabei im Vergleich zu seiner klassischen Simulation nur wenig Energie und wenig Zeit³⁰. Es ist außerdem – im Vergleich zu einem konventionellen Computerprogramm – äußerst stabil, geordnet und nicht chaotisch. Warum ist das so? Weil ein klassischer Computer nicht „von innen her“ zusammen gehalten wird bzw. nicht durch ein komplexes Quantensystem, dessen Komplexität mit der Komplexität des klassischen Systems korreliert, gesteuert wird. Kurz: einem Computer mangelt es an autarker Selbstbestimmung, die sich u.a. in echter Selbst-Steuerung manifestiert. Die Konstruktion eines KI-Systems impliziert bislang stets auch die heterogene Kontrolle bzw. Evaluation von möglichen Lösungen durch den externen Konstrukteur.

Das entscheidende Alleinstellungsmerkmal bzw. die Innovation der Quantum Intelligence liegt in der Steuerung, Ordnung und Organisation eines komplexen Systems, das nach Regeln der klassischen Physik arbeitet, durch ein komplexes Quantensystem. Dieses kann makroskopische Systeme holistisch informieren und strukturieren.

Die *Kriterien der Intelligenz* – Steuerung, Assoziation, Konstruktion, Korrelation sowie Evaluation – sind durch klassisch-physikalische Systeme *nicht* adäquat darstellbar. Insbes. fehlt es klassischen parallelen Netzwerkarchitekturen an *Energieeffizienz*, an der Flexibilität bzw. *flexibler Adaptation* (Einstellung auf nicht antizipierbare externe Inputs), an *Stabilität* (Kollapsgefahr, sog. Resonanzkatastrophen aufgrund nicht antizipierbarer nichtlinearer Wechselwirkungen) sowie an der erforderlichen *Geschwindigkeit* (keine instantanen, synchronen Wechselwirkungen; Begrenzung der maximalen Geschwindigkeit durch binäre Logik).

Ein Quantensystem bzw. ein dynamisches Quanten-Parallelnetz hingegen verarbeitet durch Ausnutzung einer vielfachen nichtlokalen Verschränkung die in ihr kodierte komplexe Information.

³⁰ Der niedrige Energieverbrauch gilt im Vergleich zu einer Simulation, die auf der klassischen Physik beruht und ca. 100.000-mal mehr Energie verglichen mit dem Original, d.h. dem menschlichen Gehirn, verbraucht.



Intelligenz impliziert u.a. **Intuition**: sie bedeutet klassisch ein *unmittelbares*, also nicht durch binäres Rechnen vermittelte Repräsentation und Reflexion eines externen Inputs³¹. Die adaptive, flexible und kreative Rekonstruktion des Inputs impliziert eine *nicht* algorithmische Art der Informationsverarbeitung und –erfassung: hier wird an *nicht* determinierte Programme, die in der theoretischen Informatik formuliert wurden³², sowie an damit verbundenes trans-algorithmisches Rechnen (trans-algorithmic computation: **Transputing**) gedacht. Rechnen vollzieht sich u.U. formal durch die *unmittelbare* Transformation und Emergenz von Fraktalen, die in- und auseinander hervorgehen.

Die *Dynamik* der Transformation und komplexer Informationsverarbeitung setzt im Rahmen einer mikrophysikalischen Evolutionstheorie, die als Unterkategorie einer Theorie nichtlinearer komplexer Systeme beschrieben werden kann, eine **Selektion** zwischen verschiedenen Alternativen resp. Möglichkeiten voraus, die systemkonform ist: die Selektion vollzieht sich nicht in einem übergroßen statistischen Suchfeld, sie geschieht *nicht zufällig* (etwa aufgrund thermodynamische Prinzipien), sie führt auch *nicht* zu einem nichtlinearen *Chaos*, sondern erzeugt temporäre *Aktivitätsmuster* als Ausdruck eines komplexen Systems. Einzelereignisse werden durch das komplexe System „versklavt“³³. Durch in gewissen Grenzen variierende *Selektionskriterien* sind sie auch in der Lage, externe komplexe Information intern zu rekonstruieren.

Quantum Intelligence setzt daher an **Quantenprozessen „in vivo“** an³⁴. Sie sind die Direktive für makroskopisch effektive Quanten-Prozesse. Vorausgesetzt wird ein „up scaling“ – Prozess, durch den die makroskopische Morphologie quantisch beeinflusst wird: kraft der Quantendynamik entstehen klassische Strukturen, Muster und Formen³⁵.

Zur **Effektivität von Quantenprozessen**, die *nicht* im Quantenrauschen untergehen sollen, existieren einige Theorien, u.a. von HENRY STAPP, JOHN ECCLES oder ROGER PENROSE³⁶: sie identifizieren das *psycho-physische Interface* etwa in Mikrotubuli, in Gliazellen, oder auch in Ionenkanal-Molekülen, die ihre makroskopische Konfiguration *aufgrund von Quanteneffekten* (hier: durch delokalisierte Elektronenpaare in Sauerstoff-Verbindungen) verändern und dadurch die Signaltransduktion bzw. die zeitliche Synchronizität neuronaler Aktivität steuern.

³¹ Roger Penrose verweist u.a. auf die „Intuition“ eines Mathematikers – und betont, ohne es zu thematisieren, eine instantane Quanten-Informationsverarbeitung (Computerdenken. Die Debatte um Künstliche Intelligenz, Bewußtsein und die Gesetze der Physik, Heidelberg u.a. 2002).

³² Vgl. Zegarelli, Mark: Logik für Dummies, Weinheim 2016

³³ Haken, Hermann: Synergetic computers and cognition. A top down approach to neural nets, Berlin u.a. 2004

³⁴ Generell sind als materielle Substrate alle Strukturen geeignet, die *kubisch* nichtlineare Effekte ermöglichen sowie in der Lage sind, aufgestaute Energie zwischen zu speichern, um sie koordiniert passiv freizusetzen – so dass kraft der Synergie freigesetzter Energie die in ihr gespeicherte Information sich „heraus kristallisieren“, sprich: materialisieren kann.

³⁵ Das entspricht solchen Urknall-Szenarien, die von der inflationären Verstärkung von Quantenfluktuation eines Vakuum-Feldes ausgehen.

³⁶ Zusammenfassend siehe: Marlow Andrew: A Quantum Psychopathological Account of Anorexia Nervosa. NeuroQuantology | March 2013 | Volume 11 | Issue 1 | 63-82, bes. 68 ff.



Durch Quanteneffekte werden hier makroskopische Veränderungen der Morphologie *energetisch passiv* ausgelöst. Bezogen auf die Information, die in temporären Resonanzen gespeichert wird, kann auch von einer *aktiven Information* gesprochen werden.

Was bedeutet Steuerung? Transputation vs. Computation

Steuerung geschieht vermittelt durch *Information* und bezeichnet den aktiven *Prozess* des Informierens. Damit kein Chaos entsteht, ist die Steuerung nicht zufällig, sondern folgt spezifischen Regeln. Ein *Programm* arbeitet eine seriell oder parallel miteinander kombinierte Sequenz von Regeln i.S. einer Turing-Maschine ab³⁷. Ein klassisches Programm ist ein kompliziertes Regelwerk.

Ein intelligentes Programm sollte in der Lage sein, sich an nicht antizipierbare Inputs *anzupassen*. Es sollte also nicht determiniert sein, um zu adaptiven und kreativen Leistungen fähig zu sein. Quantum Intelligence setzt eine solche **nicht determinierte**, in gewissen Grenzen sich selbst schreibende **Software** zwingend voraus. Das verlangt nach einer trans-algorithmischen Programmierung: ein Lebewesen berechnet nicht umständlich eine Aktion, sondern (re-)agiert *unvermittelt*. Daher bedarf es einer *direkten* Wechselwirkung zwischen zwei quantisch gespeicherten und aktiven Informationen: gefordert sind ineinander verschachtelte *Verschränkungen*, die komplexe Information verarbeiten.

Trans(-algorithmische Com-)putation ist der Versuch, eine Software zu emulieren, die nicht binär operiert, indem Fraktale als Informationsträger unmittelbar ineinander übergeführt werden. Die Dynamik der Transformation von Information entspricht der Transformation von Fraktalen. Transputation greift auf nicht klassische Strukturen, d.h. auf Quantensysteme zurück. Sie sind hinreichend schnell, energiearm, nichtlokal vernetzt, hochgradig nichtlinear und komplex geordnet; sie speichern und verarbeiten komplexe Information und stabilisieren sich durch die korrelierte Dynamik.

Die *trans-algorithmische Software* wäre ein Programm, das sich selbst in gewissem Rahmen neu schreiben kann, d.h. das sich projizieren bzw. gegenüber setzen kann, dadurch auf sich selbst zurück wirkt und sich dadurch selbst immer wieder neu gestaltet (Autopoiese). Dieses Programm wird ein *komplexes Quantensystem* sein, das Prinzipien der Quantentheorie für die intelligente Steuerung gebraucht:

- die Möglichkeit der **Projektion** unendlicher Räume, die Quantenzustände beschreiben, auf gleich mächtige unendliche Teilräume, was zur Erfassung des *Bewusstseins* – und bei der höher stufigen „Projektion der Projektion“ auch des *Selbstbewusstseins* – dienlich sein kann³⁸;

³⁷ Vgl. dazu Selzer, Edgar: Denn der Mensch ist mehr als sein Computer. Warum die Turing-Maschine das Wittgensteinsche Sprachspiel nicht bewältigen kann, Linz 2011

³⁸ Das kann zum Verständnis der Selbstbezüglichkeit von Information und dem Aspekt des Erlebens von Information beitragen. Das Selbstbewusstsein wäre hier in Anlehnung an die Definition von Sören Kierke-



- das impliziert umgekehrt die Möglichkeit der **Steuerung** eines komplexen Quantensystems durch die *oberste* Projektionsebenen, die die unteren in sich zusammen fasst;
- durch die Bildung von Skalarprodukten mit Hilfe komplexer Zahlen kann die **multiplikative** Logik genutzt werden (d.h. das Ganze ist das Produkt der Teile), um neue Quantenzustände zu generieren: das beschreibt die Entstehung *neuer* komplexer Information;
- die **Superposition** mehrerer Zustände erlaubt ihren *Vergleich* untereinander, womit das *Gedächtnis* sowie der Abgleich einlaufender Information mit gespeicherter Information beschreibbar werden;
- auch ermöglicht das Superpositionsprinzip das Screening der Alternativen und die **Selektion** zwischen ihnen;
- schließlich beschreibt die **Verschränkung** zwischen Zuständen die *instantane Parallelverarbeitung* und parallele Transformation von Information; es erschließt ferner die Möglichkeit, dass sich *komplexe Quanten-Netzwerke* etablieren;
- wenn Quantenzustände stabil bleiben können, bilden sie **Resonanzen** und können so Energie und Information *speichern*;
- **Kollabiert** das Quantensystem, führt das zur *Unmöglichkeit*, die neuronalen, elektrischen und biochemischen Wechselwirkungen so zu komplexen *Synergien* zu ordnen, dass kein Chaos und keine Resonanzkatastrophe entstehen. Die Fähigkeit zur flexiblen Anpassung und zur komplexen Informationsverarbeitung wäre auf das Maß reduziert, was die klassische Physik erlaubt. Kurz: ein solches System wäre ohne einen externen Programmierer „tot“.

Ein lebendiges System setzt die Regeln der Quantentheorie *nicht* erst durch *Berechnung* um. Ein Lebewesen berechnet *nicht* erst umständlich sein Verhalten, bevor es sich konkret verhält, sondern hält fertige komplexe Verhaltensprogramme parat. Sein adaptives und kreatives Verhalten erfolgt unmittelbar, „intuitiv“, d.h. nicht durch Rechnen vermittelt. Diese **Unmittelbarkeit** gilt es, in der Quantum Intelligence abzubilden.

Daher würde *sich* das komplexe *Gesamtsystem* aus dem klassischen sowie Quantensystem in gewissen Grenzen *selbst steuern*, indem es Komplexität bzw. komplexe Information generiert –

gaard nicht das Verhältnis zwischen „Endlichkeit“ und „Unendlichkeit“, sondern, „dass sich dieses Verhältnis zu sich selbst verhält“ (Anm. 14)



durch **assoziative, konstruktive und korrelative** Eigenschaften³⁹ einer Quanten-Parallel-Verarbeitung. Dadurch minimiert es seine Energie bzw. maximiert seine Persistenz in der Zeit.⁴⁰

Dabei realisiert sich die Komplexität auf *unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen* unterschiedlich: je höher die räumliche *Auflösung* der Energie bzw. je kleiner die betrachtete Skala, desto *größer* ist die *Dynamik* adaptiver Prozesse.⁴¹ So sollte jeder Skala ein eigenes *Maß* an Komplexität und der mit ihr korrelierten Dynamik zugeordnet werden – von der Selbstorganisation über die Selbst-Assemblierung bis zu temporär stabilen Zuständen und „trapped states“⁴².

Betrachtet man die unterschiedlichen Skalen und die ihnen zugeordneten Dynamiken, so geschieht beim *Up-Scaling*- und den ihm zugeordneten *Down-Scaling*-Prozess auf den jeweiligen Skalen eine **Selektion** zwischen Alternativen. Die Steuerung eines komplexen Systems bedingt solche Entscheidungen; sie erfolgt parallel auf unterschiedlichen Skalen unter relativer Priorität der Quantensteuerung.

Auch der nichtlineare quantenphysikalische *Mess- und Präparationsprozess* kann u.U. im Rahmen des Up- und Down-Scalings i.S. einer nicht zufälligen Selektion, d.h. als *Entscheidung* interpretiert werden⁴³. Die *Präparation* (Einspeisung klassischer Information) und *Messung* (Auslesen von Quanteninformation) wären „fraktalisiert“: der Transduktionsprozess würde Fraktale, d.h. komplexe Information, erzeugen und vermitteln.

Wie könnte dabei unterschiedliche komplexe *Information* durch **Modifikationen der Energie** vermittelt werden? – Insofern $Energie \cdot Zeit = Wirkung$ ist und im unterschiedlichen *Delta* der Energie und Zeit eine *unterschiedliche* Information gespeichert sein (und wirken) kann, wird durch unterschiedlich lange Pufferung und Speicherung klassischer Energie eine unterschiedliche Information aktiviert. Das kann die Bedeutung der *Gap Junctions* für zeitliche Synchronisierung neuronaler Aktivität⁴⁴ ebenso erhellen wie die Steuerung makroskopischer *Ionenkanal-Moleküle* durch quantenmechanisch delokalisierte Elektronenpaare⁴⁵ – und umgekehrt: die Steuerung der passiv ausge-

³⁹ Edelman, Gerald: Das Licht des Geistes. Wie Bewusstsein entsteht, Reinbek b. Hamburg 2007

⁴⁰ Der Minimierung von Energie entspricht die Maximierung der Zeit, insofern $Energie \cdot Zeit = Wirkung$. Je makroskopischer die Wirkung im Raum, desto stabiler scheint ihre Persistenz in der Zeit. Insofern in der Wirkung *komplexe* Information gespeichert ist, impliziert die zur Persistenz und Resonanz gelangte Wirkung ein Maximum an codierter komplexer Information.

⁴¹ Bernroider, Gustav; Summhammer, Johann u.a.: Is there space for the quantum domain in consciousness research? In: Physics of Life Reviews, v9 n3 (201209), 301f; ders.: Can Quantum Entanglement Between Ion Transition States Effect Action Potential Initiation? In: Cognitive Computation, v4 n1 (201203), 29-37

⁴² Bernroider nennt das DDSA (Dynamic Dissipative Self Assembly, d.h. dissipative dynamische Selbst-Assemblierung aufgrund nichtlinearer Wechselwirkungen auf Quantenebene.

⁴³ Vgl. Görnitz (Anm. 13)

⁴⁴ Vorgeschlagen wurde u.a., dass unterschiedliche *Oszillationen* (Resonanzen) in Gap Junctions unterschiedlich Energie und somit unterschiedliche Information speichern; sie wären dann für die zeitliche Koordination i.S. von Pufferzonen zuständig. Vgl. Daisuke Fushiki, Yasuo Hamada, Ryoichi Yoshimura, Yasuhisa Endo (2010): Phylogenetic and bioinformatic analysis of gap junction-related proteins, innexins, pannexins and connexins. In: Biomedical Research Vol. 31 No. 2: 133-142

⁴⁵ Bernroider (Anm. 41)

lösten Delokalisierung von Elektronenpaaren durch makroskopische Veränderungen der Morphologie eines Moleküls. Das Gehirn würde wie eine *Linse* funktionieren, die selektiv Information fokussiert⁴⁶.

Unklarheit herrscht dabei bezogen auf die Rolle des **elektromagnetischen Feldes**, das ein schwaches Leuchten einer biologischen Zelle verursacht und im Todesfall erlischt. Wenn das EM-Feld der *aktiven Information bzw. Informierung* dient, dann würde es ein komplexes *Informationsraster* repräsentieren. Das EM-Feld würde eine komplexe Information codieren, die sich trotz etwaiger externer EM-Felder nicht (zer-)stören lässt. Ebenso könnte es durch vielfach (!) verschränkte *Diphotonen*, die Information übertragen und verarbeiten, nichtlokal und „holistisch“ konstituiert sein. *Diphotonen* würden dabei primär über *klassische Strukturen* – komplexe Moleküle – wechselwirken⁴⁷ und dabei komplexe Information gemäß der Struktur des Moleküls verarbeiten, indem sie die komplexe Information verändern. Das EM-Feld eines lebendigen Systems wäre nicht durch harmonische Oszillatoren im Rahmen der sog. zweiten Quantisierung beschreibbar, sondern durch nach einem bestimmten fraktalen Muster nichtlinear miteinander verschränkte Photonen-„Populationen“. Das *Delta der Energie* des planckschen Wirkungsquantums und der mit ihr korrelierten (newtonschen) Zeit könnte eine *davon abhängige* aktive Information speichern und freisetzen. Die Variation von Energie und Zeit impliziert dann die Verschiedenheit der im Wirkungsquantum enthaltenen Information. So kann jedes Wirkungsquantum Träger *unterschiedlicher* Information sein – vorausgesetzt, Wirkungsquanten eines lebendigen Systems sind fraktal strukturiert.

Womit wird gesteuert? Steuerung durch kontrollierte Emergenz

*Zunächst wird ein komplexes Quantensystem „bottom up“ erzeugt. Die erhofften autokatalytischen Effekte des Quantensystems sollen zur **Emergenz** neuer Ordnung und neuer Systeme führen. Diese wiederum sollen schließlich „top down“ zurück auf die klassische Struktur wirken – postuliert wird eine Art von „reverse engineering“. Soft- und Hardware beeinflussen sich gegenseitig.*

Wird also aus der Perspektive des Programmierers argumentiert, der das steuernde komplexe Quantensystem seinen technologischen Anwendungswünschen gemäß designen soll, so steuert eine **komplexe Information**⁴⁸ die *Wechselwirkungen* verschiedener Systemhierarchien (Schichtenmodell der Wirklichkeit): dreidimensionale **Bifurkationspunkte** könnten der Ort sein, an dem autokatalytische Effekte Up- und Down-Scaling Prozesse auslösen.

Ein instabiles klassisches System (etwa ein die Elektrodynamik steuerndes Ionenkanal-Molekül) könnte durch eine selektierende Quantensteuerung an seinem Bifurkationspunkt bzw. Quantenschalter in einen finiten klassischen Zustand springen, um dadurch etwa elektrodynamische Aktivi-

⁴⁶ Pribram, K.H. (1991). *Brain and Perception*, (Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale, New Jersey)

⁴⁷ Vgl. Görnitz (Anm. 13)

⁴⁸ Zur Definition der komplexen Information: Koncsik (Anm. 23)



tätismuster mit zu gestalten (makroskopisches Up Scaling eines Quantenprozesses)⁴⁹. Die Quantensteuerung wäre vertikal: eine tiefere Wirklichkeitsschicht steuert die klassische Schicht.

Der ontologische Ort eines Programms in Form einer komplexen Information wäre ein **stabiles Quantensystem**, das sich durch die Speicherung komplexer Information sowie kraft des Energieüberschusses (das bei Lebewesen gegeben ist) *selbst* stabilisiert. Dieselbe komplexe Information kann für die aktive Steuerung dreidimensionaler Ereignisse verantwortlich sein.

Der quantenphysikalische Messprozess bedeutet metaphysisch die Materialisierung bzw. Realisierung eines Ereignisses bzw. einer komplexen, d.h. nicht platonischen Form: aus Möglichkeit bzw. ideeller Realität wird Wirklichkeit. Eine indirekte Quantenmessung könnte den Kollaps des komplexen Quantensystems verhindern: die Analogie, die die *holografische Projektion* des vierdimensionalen Fraktals auf seinen dreidimensionalen Schatten auszeichnet, wäre gewahrt.

Die **Programmiersprache** der Quantensoftware würde vielleicht die unmittelbare Transformation vierdimensionaler Fraktale beschreiben. Sie wäre trans-algorithmisch, weil es nicht deterministisch wäre und kein klassisches Rechnen voraussetzt. Die ihr korrespondierende komplexe Quantenlogik⁵⁰ könnte durch die Einbeziehung *nichtlinearer* Wechselwirkungen im Rahmen einer komplexen Systemtheorie „vervollständigt“ werden⁵¹.

Eine *künstliche Steuerung* wird passiv installiert: die Emergenz verschränkter Quantenzustände, die sich durch komplexe Information selbst stabilisieren und schließlich sogar selbst gestalten können, kann u.U. kontrolliert (passiv) ausgelöst werden (**kontrollierte Emergenz**). Emergenz bedeutet die Etablierung neuer komplexer Ordnungen und sich selbst stabilisierender Dynamiken auf einer differenten Skala im Vergleich zur Skala des Ursprungs der Emergenz: so ist eine Wasserwelle gegenüber dem Wassermolekül emergent. Wie die Wasserwelle das Verhalten bzw. die Wechselwirkungen der Wassermoleküle steuert, so „versklavt“ ein *Kontrollparameter* der emergierten Struktur die Systemelemente⁵².

Kontrollierte Emergenz wird durch die *energetische* Aktivierung fraktaler Strukturen, d.h. durch informierte Energiezufuhr in Gang gesetzt: eine komplexe Struktur kann komplexe Dynamiken passiv auslösen. Damit wäre die „many (dynamics) to one (structure) relation“⁵³ durch fraktale Strukturen erklärbar. Dabei wird postuliert, dass ein emergiertes Quantensystem, das sich mit anderen Quantensystemen zu immer komplexeren Systemen verschränkt, *effektiver* ist als ein zufälliges Quantenrauschen. In Anlehnung an die vollständige **Penrose-Parkettierung**⁵⁴ von Flächen

⁴⁹ Tuszynski, Jack u.a.: Membrane Biophysics, Berlin 2014

⁵⁰ Weizsäcker, Carl Friedrich v.: Aufbau der Physik, München 2002. – Dabei ist es fraglich, ob und warum die Quantenlogik auf eine binäre Ur-logik der „Ur-e“ i.S. binärer Alternativen reduziert werden sollte (als „Nullte Quantisierung“).

⁵¹ Das ist eine gezielte Anspielung auf das EINSTEINSche Postulat der *Vervollständigung* der Quantentheorie

⁵² Haken (Anm. 33)

⁵³ Bernoider (Anm. 41)

⁵⁴ Dietl, Ruth: Dreidimensionale Penrose-Muster und Selbstähnlichkeit, Augsburg 2011



durch komplexe Formen könnte es auch vierdimensional vollständige Parkettierungen geben. Die Ränder der mehrdimensionalen Formen bilden die Begrenzungen der Energieströme: Formen könnten Wechselwirkungen gezielt steuern, indem erlaubte bzw. mögliche Wechselwirkungen definiert und der Selektionspool begrenzt werden. Das ist gleichbedeutend mit der künstlichen Vorselektion von Wechselwirkungs-Möglichkeiten.

Das Ergebnis wäre eine **fraktale Steuerung** von Möglichkeiten, komplexe Quanteninformation und klassische Aktivitätsmuster zu erzeugen. Die Steuerung könnte im Anschluss an die Theorien von MCFADEN (Kodierung und Emergenz komplexer Information durch das EM-Feld) und PRIBRAM (holografische Speicherung des Gehirns) durch das o.g. **EM-Feld** als aktives Informationsraster möglich sein. Das EM-Feld könnte also „re-programmiert“ werden. Doch auch der **Raum** – das sog. Gravitationsfeld – kann eine steuernde Rolle spielen: er scheint selbst *fraktal* strukturiert sein, so dass komplexe Quanteninformation beim Messprozess wie durch eine fraktale *Linse* gebrochen wird: man denke an einen Lichtstrahl (=komplexe Information), der sich durch ein Prisma (=Raum) in seine Farben (=Einzelereignisse) ausdifferenziert. Die klassische fraktale Struktur und Dynamik auf atomarer, molekularer und zellulärer Ebene wäre somit die *analoge* Projektion komplexer Quanteninformation.

Das *Objekt* der effektiven fraktalen Quantensteuerung wären **nichtlineare klassische Systeme**. In Frage dafür kommen Systeme, deren Struktur durch nichtlineare chemische Kräfte bestimmt wird bzw. Systeme, die aus Elementen bestehen, die energetisch einerseits miteinander korreliert, andererseits voneinander relativ unabhängig sind – wie etwa das Wasser. In diesem Zusammenhang wird etwa „ordered water“ als Steuerungsmedium diskutiert⁵⁵. Auch wurden, wie oben erwähnt, bei *fluiden Medien* aufgrund der inhärenten nichtlinearen Wechselwirkungen, die auf *Viskosität* basieren, dynamische, sich selbst assemblierende und sich selbst verstärkende (autokatalytische) Prozesse nachgewiesen – die Grundlage für die Ausbildung komplexer Aktivitätsmuster als Repräsentation komplexer Information.

Das Theoriegerüst der „Quantum Intelligence“

Ein grundsätzliches methodisches Problem wird u.a. von TONONI und EDELMAN thematisiert⁵⁶: die konträren Theorien der Evolutions- und Systemtheorie einerseits sowie der Informationstheorie andererseits sollen vereinheitlicht werden:

- 1) **Systemtheorie** ist nichtlinear, dynamisch und anti-chaotisch: ein System „in vivo“ kann sich autopoetisch selbst ordnen. Es unterliegt der nicht prognostizierbaren und nicht determinierten, weil nichtlinearen Wechselwirkung auf unterschiedlichen Systemebenen. Das darwinsche Evolutionsparadigma setzt u.a. einen Überschuss an Information (Redundanz) und

⁵⁵ Tuszynski (Anm. 49)

⁵⁶ Tononi (Anm. 5)

einen Pool von Möglichkeiten voraus, zwischen denen die passende Ordnung bzw. Struktur selektiert werden kann. Anpassung bzw. kreative Aktionen erfolgen eigeninitiativ, nicht determiniert. Ein Überschuss an Energie – „hyperabundancy“ – sowie das permanente Ringen um Harmonie, um Einheit und Konsistenz, sind weitere Kennzeichen der Systemtheorie. Das Resultat ist die Etablierung einer komplexen Ordnung bzw. eines dynamisch sinnvollen Ordners anstelle eines Chaos.

- 2) **Informationstheorie** ist statisch und deterministisch wie ein algorithmisches Programm. Komplexität kann hier zu unerwünschten Wechselwirkungen führen bis zur „Resonanzkatastrophe“ bzw. zum Absturz eines Programms. Variation ist nichts als störendes Rauschen. Mathematisch werden Differentialgleichungen anstelle von klassischen Differenzgleichungen angewandt.

Metaphysisch geht es um die Vereinheitlichung von statischer **Struktur** und prozessualer **Dynamik**, also um *Sein und Werden*: wie kann aus einer Struktur eine Vielzahl von Dynamiken resultieren und umgekehrt: wieso korrespondieren einer Dynamik unterschiedliche Strukturen auf unterschiedlichen Skalen? Wie kann *Selektion* einerseits einer ordnenden Ordnung folgen, d.h. weder zufällig noch beliebig sein, und andererseits nicht determiniert noch in ihrem einzelfallspezifischen (!) Resultat prognostiziert werden⁵⁷? Sie müsste also *komplex* geordnet sein.

Der o.g. Vorschlag setzt an dreidimensionale **Projektionen** einer vierdimensionalen *komplexen* Struktur (eines Fraktals) an. Der *mögliche* Evolutionsverlauf des Systems wäre durch die vierdimensionale Struktur kodiert. *Dreidimensional* jedoch würde man von einem *nicht* determinierten, dennoch nicht zufälligen, weil Ordnung generierenden Selektionsprozess sprechen: es würde gemäß der vierdimensionalen Struktur eine Selektion zwischen nichtlinear überlagerten dreidimensionalen Entwicklungsmustern erfolgen (**fraktale Superposition**).

Vierdimensional wäre somit die **Komplexität** der *Struktur* und *Dynamik* des dreidimensionalen Systems beschreibbar. Mathematisch geht es nicht (wie etwa bei der KALUZA-KLEIN-Theorie) nur um die Erweiterung von „Räumen“ um eine oder, wie in der M-Theorie, um mehrere Dimensionen, auch nicht um unendlich dimensionale HILBERT-Räume der Quantenphysik, sondern um einen *Er-satz* für Operatoren bzw. Observablen durch *komplexe* Strukturen.

Ein Beispiel für eine damit verbundene geometrische Beschreibung algebraischer Gleichungssysteme liefert die o.g. Anwendung vierdimensionaler *Adinkras* (JAMES GATES) zur geometrischen Beschreibung der Supersymmetrie. LEONARD SUSSKIND versucht, mit Hilfe von *Tensor-Netzwerken* im DE SITTER Raum die quantenmechanische Dynamik und die Unendlichkeiten des HILBERT-Raumes zu begrenzen und favorisiert somit auch eine geometrische Beschreibung. Den Tensor-Netzen wieder-

⁵⁷ *Thermodynamisch* werden verschiedene Resultate auf der Mikroebene einem „ununterscheidbaren“ Makro-Resultat zusammen gefasst; damit bleibt der „Zufall“ i.S. der nicht Prognostizierbarkeit der Mikro-Ereignisse bestehen, obwohl sie i.S. der klassischen Physik „determiniert“ sind. Ebenso kann das konkrete Resultat eines *quantenphysikalischen Messprozesses* nur wahrscheinlichkeitstheoretisch i.S. der Quantenstatistik (und das auch nur für das einfachste Wasserstoffatom) „exakt“ prognostiziert werden.



rum kann ein unterschiedlicher Grad an *Komplexität* bzw. komplexer Information zugeordnet werden.

Damit kann schließlich die *Nichtlinearität* von Quantensystemen erfasst werden, die aufgrund ihrer multiplikativen Logik (=das Ganze ist das *Produkt* der Teile) komplexer als klassische Systeme sind, bei denen das Ganze nur die Summe der Teile ist. Im Anschluss an thermodynamische Überlegungen LEONARD SUSSKINDS kann nun ein Fundamentalsatz der „Quantum Intelligence“ formuliert werden:

Systeme maximieren ihre (geometrische) Komplexität durch Minimierung ihrer Energie (und umgekehrt). Komplexität wiederum wird als Information in Form von Resonanzen dynamisch gespeichert und durch neue Verschränkungen (in Form von neuen Relationen) erzeugt.

Eine **komplexe Information** ist dabei äquivalent zu einer komplexen Struktur, die verschiedene basale Informationen zu einem geordneten System zusammen fasst und dadurch kodiert. Es werden also metaphysisch Energie und Information, Dynamik und Struktur, zusammen gedacht!

Basale Information ist die klassische Ja-Nein-Alternative eines **Bits**. Sobald die *Relationen* zwischen Bits auf einer übergeordneten Ebene zusammen gefasst werden und einem komplexen, nicht chaotischen Muster korrespondieren, wird komplexe Information generiert – und das auf immer höheren Ebenen. Analog kann in der *Sprachtheorie* zwischen Buchstaben, Wörtern, Syntax, Semantik, Epistemik usw. differenziert werden: die Buchstaben werden durch das Wort „versklavt“ bzw. geordnet, Wörter werden ihrerseits wiederum nach syntaktischen und semantischen Regeln geordnet u.a.m. Um im Vergleich zu bleiben: Wechselwirkungen zwischen Buchstaben werden hinsichtlich ihrer thermodynamischen Möglichkeit begrenzt. Durch ihre (An-)Ordnung eröffnen sich *neue* Möglichkeiten der kreativen Anpassung: Sprache ist somit Ausdruck maximal geordneter und nicht zufälliger Kreativität der komplexen Informationskodierung.

Mentale Prozesse basieren nun auf der Realisierung spontaner, dynamischer Synergien. Diese repräsentieren komplexe Information. Das mentale System folgt demnach in seiner kreativen Eigen-dynamik komplexen Strukturen. Innovative Synergien, die eine komplexe Adaptationsleistung bedingen, könnten die Folge der Dynamik höher dimensionaler Fraktale sein.

Das physikalische „Substrat“ komplexer Information kann in den *Quantenbits* (QuBits) verborgen liegen: aufgrund der *multiplikativen Logik* der Quantentheorie, dem *nicht lokalen Realismus* der Verschränkung und Superposition „präsen-ter“ resp. wirksamer Systeme sowie der Möglichkeit, *Nichtlinearität* zu integrieren („quantum complexity“), kann die **Quantentheorie** der komplexen Ordnung basaler Information auf immer höheren System-Skalen dienen. Die dynamische Transformation verschiedener Strukturen kann somit der Dynamik einer vierdimensionalen Struktur entspringen, die sich – vielleicht vermittelt durch die holografische Struktur des Raumes – dreidimensional projiziert. Somit wären dreidimensionale Strukturen *und* komplexe Dynamiken die ho-



lografische Projektion einer vierdimensionalen Struktur.⁵⁸ Komplexe **Synergien** und nichtlokale, instantane Wechselwirkungen, die die Basis o.g. Merkmale der Intelligenz bilden⁵⁹, können als Schattenwurf *komplexer Quantensysteme* verstanden werden⁶⁰. So könnten quantenmechanische Verschränkungen (z. Bsp. Diphotonen) die o.g. *komplexen Relationen* zwischen basalen Bits repräsentieren: eine Relation manifestiert sich in einer Wechselwirkung, die die Folge historisch vorangegangener Wechselwirkungen ist. **Verschränkungs-Bits** (V-Bits), die vom Informationsträger isoliert und abgelöst werden können, kodieren komplexe Information. Sie löst räumlich übergreifende komplexe Synergien und orchestrierte Aktivitäten passiv aus.

Die **Quantenphysik** kann einen weiteren Baustein zur „Quantum Intelligence“ beisteuern: die *relative Raum- und Zeitlosigkeit*, wonach zwei Quantenzustände trotz räumlicher Distanz miteinander korreliert sein können. Damit kann sich eine komplexe Information, die in einem Quantenzustand kodiert ist, henadisch auswirken, indem es räumlich zwangsläufig separierte bzw. getrennte Bits *unterfassend* systemisch ordnet bzw. aktiviert/inaktiviert.

Konstitutiva von Intelligenz, die durch die Quantentheorie besser verstanden werden können:

- Die *holistische* um- und unterfassende Koordination der Einzelereignisse der Systemelemente sowie ihrer permanenten nichtlinearen Wechselwirkung durch vollständig (instantan und nichtlokal) *parallel* miteinander wechselwirkende QuBits
- Paralleles und instantanes *Screening* von Realisierungsmöglichkeiten des gesamten Systems
- Selektion der besten Optionen einer Realisierung durch Superposition („*best choice*“ durch destruktive Interferenz bzw. Konkurrenz verschiedener Muster um ihre Aktivierung)
- Strukturbildung durch *informationelle Steuerung*, indem kurzfristig gespeicherte Energie passiv ausgelöst wird: Tunneleffekte als Mittel der Synchronisation, die evtl. in sog. Gap-Junctions des neuronalen Netzwerks realisiert sind
- Energie-Zeit bzw. Impuls-Ort-Unschärfe als „*Puffer*“. Ein energetischer Puffer speichert Energie und löst sie gezielt aus; ein informationeller Puffer gestaltet die Morphologie bzw. geometrischen Muster. Beides wird an „Quantenschaltern“ resp. Bifurkationspunkten

⁵⁸ Das *holografische Prinzip* der Physik, das dreidimensionale Strukturen als Projektion einer zwei- (oder gar ein-)dimensionalen Fläche – ähnlich der Oberfläche eines Schwarzen Loches – deutet, ignoriert die komplexe Information, da sie von *thermodynamischen*, sprich: zufälligen, d.h. nicht geordneten Zuständen und geschlossenen Systemen ausgeht (vgl. Anm. 10)

⁵⁹ Intelligenz kann technisch definiert werden als die Fähigkeit zur Konstruktion, Rekonstruktion (Intelligenz als *Kognition*), Evaluation, Adaptation (Intelligenz als *Bewertung*) und Kreativität i.S. der „initialen Eigenaktivität“ (Martin Heisenberg) und Selbstbestimmung (Intelligenz als *Steuerung*)

⁶⁰ Koncsik (Anm. 24)



komplexer Systeme wirksam. Im Puffer wird komplexe Information und Energie durch Oszillationen (*Resonanzen*) gespeichert

- Sog. *Quanten- und Quasi-Materie* ist durch künstlich induzierte Eigenschaften betreffs Quantenzahlen u.a. gekennzeichnet⁶¹. Im Grunde sind weitere Modifikationen der Materie möglich: so wie Materie als kondensierte Energie und diese wiederum als kondensierte Information verstanden werden kann, so kann auch umgekehrt Information als emergierte Quantenmaterie verstanden werden.

Skizze der „Quantum Intelligence“

Eine aktive komplexe Information – ein „intelligentes“ Informationsnetz – definiert ein komplexes Quantensystem: das meint das Etikett „Quantum Intelligence“. Dieses sich selbst stabilisierende Quantensystem ist kraft fraktalen Wachstums zur Emergenz komplexer Information immer höherer Mächtigkeit fähig. Die dreidimensionale Emergenz wird durch höher dimensionale Strukturen strukturiert, geordnet und kontrolliert: u.U. handelt es sich dabei um vierdimensionale Fraktale, die komplexe Information repräsentieren⁶².

Auf *verschiedenen* Skalen wird Energie und damit verbunden Information *unterschiedlich* gespeichert. Jeder Skalierung entsprechen also **spezifische Wirkungsquanten**⁶³. Ihre Wechselwirkungen bilden komplexe Muster. Sie konstituieren unterschiedliche *Netzwerke* von Synergien, die komplexe Information parallel verarbeiten und dadurch repräsentieren. Dabei *steuert* die **Quantendynamik** die meso- und makroskopische Dynamik der Systeme. In „computational neuroscience“ werden dynamische Aktivitätsmuster auf unterschiedlichen Ebenen – von der atomaren bis zur interzellularen Skala – mit Mitteln der klassischen Physik beschrieben. Daher erfassen sie mit ROGER PENROSE nur „Schatten des Geistes“⁶⁴. Die sich in ihnen anzeigenden Dynamiken der steuernden Quantensysteme, die sich herauf zoomen, indem sie sich auf immer höheren Skalen analog projizieren, bleiben ausgeblendet.

⁶¹ Büchler, Hans Peter u.a.: Quantenmaterie, Stuttgart 2008

⁶² Dadurch wird auch folgende Problematik lösbar, Beispiel: derselbe Satz wird zweimal mit unterschiedlicher Geschwindigkeit vom Gehirn empfangen. Das hat zwei *verschiedene* Aktivitätsmuster zur Folge, die jedoch *denselben* Inhalt kodieren. Hier wird verschiedenen Aktivitätsmustern (als Resultat unterschiedlicher individueller Anpassung) dieselbe dynamische Verarbeitung der Quanteninformation zugeordnet.

⁶³ Bernroider (Anm. 41). Damit werden Energie und Zeit *Skalen*-abhängig definiert; dennoch repräsentieren sie *eine* höher dimensionale komplexe Information – sowohl statisch als Speicherung als auch dynamisch als Verarbeitung!

⁶⁴ Penrose (Anm. 4)

Die Schnittstelle zwischen Geist und Gehirn

Ein *dualistischer Interaktionismus* zwischen Geist und Gehirn geht von einer „informierten“ Materie bzw. „materialisierten“ Information aus. Damit wird eine Schnittstelle, ein Interface zwischen Geist und Gehirn vorausgesetzt: wie kann ihre Wechselwirkung konkret gedacht werden, ohne die Erhaltung der physikalischen Energie zu verletzen? Kann das Wirken des Geistes verifiziert werden?

Die Schnittstelle zwischen Geist und Gehirn besteht möglicherweise in der analogen Abwandlung von Energie: sie ist zunächst als informationelle Energie präsent („geistig“), um zur klassischen Materie zu „gerinnen“ bzw. zu kondensieren⁶⁵. Komplexe Quantensysteme könnten nichtlineare komplexe Systeme durch kleinste Wirkungen an Knotenpunkten steuern („Zügelkontrolle“). Dabei wird eine Korrespondenz bzw. Analogie zwischen dem steuernden Quantensystem und dem nichtlinearen klassischen System vorausgesetzt: beide bilden dieselbe aktive komplexe Information auf ihre je eigene Weise ab.

Eine Anmerkung zur steuernden Energie:

„Quantum Intelligence“ setzt die Realität *wirkender und aktiver Information* voraus: jeder Information wird auch eine entsprechende Energie zugeordnet. Werden komplexe Information und Energie zusammen gedacht – Komplexität speichert Energie durch Resonanzen, die wiederum einer strukturierten bzw. geordneten Energie entsprechen –, so wird eine **informationelle Energie** denkbar⁶⁶. Energie könnte durch fraktale Strukturen hindurch *diffundieren*, um komplexe Strukturen bzw. komplexe Information abzubilden: Energie wäre „fraktal in-formiert“.

Ein fraktales Raster könnte der **Raum** darstellen; er wäre voller komplexer Information, die die potentiellen Realisierungsoptionen im Raum begrenzt. Die komplexe Information des Raumes könnte eine *fraktale Hyperfläche* konstituieren. Dann besteht zwischen Geist und Gehirn ein fraktales Interface.

Eine komplexe Information wird durch das fraktale Raster **analog projiziert**: sie bedingt sowohl die komplexe Struktur des Gehirns als auch die mit der Struktur korrelierte Dynamik der Wechselwirkung. Dabei werden im klassischen System gezielt Wirkungen *passiv ausgelöst*. Die durch Quanteninformation erfolgte passive Auslösung einer makroskopischen Wirkung setzt dabei Folgendes voraus:

⁶⁵ Weizsäcker (Anm. 50)

⁶⁶ Vielleicht ist diese informationelle Energie ein Bestandteil der Energiedifferenz zwischen der *Vakuumenergie* und der postulierten *dunklen kosmischen Energie* von ca. 120 Größenordnungen. Wenn der Raum *fraktal* strukturiert ist, dann ist er voller *komplexer* Information. Durch Expansion des Raumes wird ja seine Energie minimiert: Energieminimierung wiederum wäre das Resultat *fraktalen Wachstums* zwecks Erzeugung von mehr Komplexität, die physikalische Energie in informationelle Energie transformiert.



- 1) Die kurzfristige *Speicherung* von Energie und der mit ihr korrelierten Information in skalen-spezifischen Resonanzen
- 2) Die *Transformation* der komplexen Information bzw. informierten Energie in physikalische Energie
- 3) Die Möglichkeit einer *Selbstassemblierung und Selbst-Amplifikation* i.S. eines sich selbst ins Makroskopische verstärkenden autokatalytischen Effekts
- 4) Die *Übersetzung* der komplexen Information der mentalen Entität in „materialisierte“ Information, die sich u.a. in energetischen Aktivitätsmustern manifestiert.

Aus der relativen *Nichtlokalität* des komplexen Quantensystems folgt die Nichtlokalität seiner analogen Projektion: ein Netzwerk verschränkter Wirkungsquanten, die etwa durch Proliferation entstanden und somit historisch (mit der Zeit) gewachsen sind, projiziert die in der dynamischen Wechselwirkung enthaltene komplexe mentale Information an bestimmten **Knotenpunkten** bzw. den o.g. Bifurkationspunkten in das klassische System hinein. Ihnen sind eine makroskopische Instabilität – z.B. ein instabiles Molekül – bzw. deren superponierte Möglichkeiten zugeordnet.

Die o.g. „**Zügelkontrolle**“ würde also ein Quantenereignis übernehmen, das einen sog. Quantenschalter an- oder ausschaltet. Verschiedene Quantenereignisse bzw. -schalter wären miteinander verschränkt und würden synchrone Aktivitäten passiv auslösen und aktiv koordinieren. Schließlich würden klassische und quantische Parallelsteuerung miteinander Hand in Hand gehen. Die parallele Steuerung wäre dann auf unterschiedlichen Skalen realisiert.

Die Schnittstelle zwischen Geist und Gehirn befindet sich demnach auf *verschiedenen* Skalen. Sie ist etwa gebunden an **klassische Strukturen**, d.h. an Moleküle, Objekte und somit an klassische Netzwerke – bes. bekannt ist die Mikrotubuli-Hypothese von PENROSE und HAMEROFF: an ihnen erfolgt die Transition bzw. analoge Projektion der komplexen Information zwischen der Quanten- und der klassischen Ebene. Ebenso ist die Schnittstelle an weniger handfeste **Strukturen mit entsprechender Dynamik** gekoppelt – etwa an das *elektromagnetische Feld* –, wenn verschränkte Zustände eine komplexe Information repräsentieren. Ihre Verschränkung erfolgt wohl v.a. durch die Vermittlung klassischer Strukturen, etwa durch Moleküle. Eine weitere These für das Geist-Gehirn-Interface bemüht „ordered water“, d.h. *Ordnungsmuster im Wasser*, das durch das Gehirn fließt (Gehirnflüssigkeit). Hierher gehört auch die PLANCK-Skala der *Raumzeit* selbst, die als fraktales Interface Möglichkeiten von Unmöglichkeiten trennt.



Fraktale Codierung komplexer Information

Wie wird nun komplexe Information durch eine fraktale Codierung erzeugt? Können allgemeine Aussagen zum Codierungsprozess getroffen werden?

Erzeugung eines komplexen Quantensystems

Die These lautet: *ein komplexes Quantensystem entsteht durch fraktales Wachstum eines Quanten-Netzwerkes, das sich in dem Rahmen, der durch die Interaktion der Systemelemente des klassischen Netzwerks vorgegeben ist, selbst organisiert.*

Die fraktale Codierung könnte durch Erzeugung verschränkter Zustände an fraktalen Strukturen sowie durch die Dynamik ihrer wiederholten, rekursiven und selbstbezüglichen Verschränkung ermöglicht werden (autokatalytisches fraktales Wachstum eines Quantensystems).

Das resultierende Hybrid-System aus Quanten- und klassischem System ist ausgezeichnet durch instantane Wechselwirkungen, durch verzögerungsfrei erfolgende Abstimmungs- und Koordinationsprozesse (Synergien), durch rekurrente Koppelung und durch nichtlineare Superposition unterschiedlich komplexer Information bzw. Ordnung.

Die **Geschichte** des autokatalytischen fraktalen Wachstums, d.h. der raumzeitlichen Genese und Entwicklung des Quanten-Netzwerkes bzw. dynamischen Quantensystems, spielt eine Schlüsselrolle für das Verständnis der komplexen Dynamik. Klassisches *und* quantisches Wachstum gehen Hand in Hand. Immer komplexere Information kann kodiert werden, indem immer mehr Relationen zu emergierenden Meta-Relationen zusammen gefasst werden. Durch fraktales Wachstum wird immer *komplexere* Information erzeugt, da immer komplexere Wechselwirkungen zwischen immer mehr miteinander verbundenen Quantenbits möglich werden⁶⁷.

Konzentriert man sich auf das Quantensystem, so kann durch eine **Propagation** eines Photons, das durch mehrere halbdurchlässige Spiegel durchgeht, eine *Kaskade* verschränkter Photonenpaare erzeugt werden. Sie bilden somit ein *Quantennetzwerk*. Ein Photon passiert den ersten Spiegel: es entstehen zwei Photonen, von denen jeder einen weiteren Spiegel passiert usw. Die Verschränkung wird hier durch eine klassische Struktur (die Spiegel) vermittelt. Es könnte zu einer multiplen Aufspaltung und Verschränkung von Photonen kommen, deren Energiefluss durch klassische Strukturen geordnet wird, um dadurch die Quantendynamik zu disponieren.

Ersetzt man nun die linearen Spiegel durch *komplexe* klassische Moleküle oder Strukturen, die durch eine *fraktale Morphologie* gekennzeichnet sind, so erfolgt der Akt der quantenmechanischen **Zustandspräparation** so, dass komplexe Information erzeugt werden kann. Die Zustands-

⁶⁷ Das hier angesprochene Maß der Komplexität ist quantitativ; es wäre zu ergänzen mit einem qualitativen Maß der Komplexität, das sich an der Form, Morphologie und Struktur des Quantensystems orientiert. Diese Struktur ist nach unserer These die *analoge Projektion* eines höher-dimensionalen Fraktals.



präparation „in vivo“ am organischen Molekül könnte im Unterschied zu künstlichen Bedingungen im Physiklabor eine komplexe Dynamik im Quanten- *und* im klassischen Bereich passiv auslösen.

Der Grund für die Dynamik des klassischen Bereichs liegt in der Nichtlinearität der chemischen und kalorischen Kräfte; die Quanten-Dynamik wird durch die fraktale Struktur des organischen Moleküls induziert. Die Interaktion organischer Moleküle ist ebenfalls nichtlinear, so dass die Korrelation zwischen der klassischen komplexen Dynamik und der Quantendynamik *ein* komplexes System definiert, das sich auf *verschiedenen* Skalen manifestiert.

Umgekehrt kann ein Molekül eine eingehende komplexe Quanteninformation empfangen („**Messung**“) und sie etwa durch Änderung der Morphologie „interpretieren“ und in klassische Dynamik umsetzen. Das setzt eine durchgehende „vertikale“ Wirkung durch verschiedene Raum- und Zeitskalen i.S. eines *Up Scalings* voraus [s.o]. Die Wirkung auf der größten Skala soll dabei die Wirkung auf der PLANCK-Skala widerspiegeln. Die Wirkung der Quanten-Skala geht in diesem Fall nicht im thermodynamischen Rauschen chaotischer Quantenfluktuationen unter, da sich komplexe Ordnung gegen strukturloses Chaos durchzusetzen vermag.

Fraktales Wachstum eines Quantensystems

Der Aufbau eines komplexen Quantensystems geschieht sukzessiv mit der Zeit durch **fraktales Wachstum**. Es könnte zur Verschränkung verschiedener „Verschränkungs-Bits“ (V-Bits) kommen: sie tragen jeweils komplexe Information, die sich durch Bildung neuer (Meta-)Verschränkungen zu komplexeren Netzwerken und somit zu komplexerer Information organisieren. „Fraktalisierte“ V-Bits speichern somit vergangene Korrelationen und erzeugen neue komplexe Information.

Das fraktale Wachstum komplexer Information kann auch die Vorgänge in der **Großhirnrinde** von Primaten erklären, wo nacheinander geschaltete (fraktale) neuronale Aktivitätsmuster eine hierarchisch gestufte bzw. zeitlich getaktete Parallelverarbeitung komplexer Information ermöglichen. Das kann auch als neuronales *Mapping* und gruppenspezifisches *Ent-Zippen* komplexer Information bzw. als *synergetische Informations-Kompression*⁶⁸ aufgefasst werden, wodurch eine zeitliche Repräsentationskette der permanent eingehenden Photonen durch neuronale Gruppen generiert wird.

Man beachte: die fraktalen Repräsentationen werden durch **Neuronengruppen** kodiert, so dass das Subjekt der Repräsentation und Verarbeitung komplexer Information *nicht* das einzelne Neuron ist, sondern jeweils wechselnde Ensembles von rekombinierten Neuronen. Verschiedene Gruppen wiederum feuern synchron und zeigen instantane Aktivität, in denen sich jeweils *fraktale Muster* manifestieren. Diese erstrecken sich letztlich über die gesamte Großhirnrinde. Die TNGS (Theorie der Neuronalen Gruppen-Selektion)⁶⁹ sieht daher diese Gruppencodierung vor anstelle von einzelnen Bindungsneuronen. Das schließt nicht aus, dass auch das einzelne Neuron das Ge-

⁶⁸ Haken (Anm. 33)

⁶⁹ Edelman (Anm. 39)



samt-Fraktal analog zu repräsentieren vermag – bis auf die Quantenskala herab. Doch erfolgt im Gehirn die Informationsverarbeitung auf der *emergierten* Ebene neuronaler Gruppen.

Der scheinbare Zufall hat System

Ist der Aufbau eines komplexen Quantensystems chaotisch oder geordnet, **zufällig oder gesteuert**? Ein „Zufall“ i.S. einer blinden „trial & error“ – Selektion zwischen verschiedenen Realisierungsmöglichkeiten kann ausgeschlossen werden. Die Einzelereignisse und Variablen werden dabei zwar nicht mit HAKEN „versklavt“⁷⁰, dennoch werden sie geordnet und folgen einer System-Logik. Die Begrenzung der Selektionsmöglichkeiten ergibt sich sowohl aus dem begrenzten *Vorrat* an Optionen als auch aus der Begrenzung der *Kombination* der Optionen zu größeren Einheiten bzw. zu komplexeren Strukturen. Die möglichen Kombinationen wiederum hängen von der *Morphologie* bzw. Struktur des Netzwerks ab.⁷¹

Die Hypothese lautet: die begrenzende Struktur des Quantennetzwerks ist abhängig von und korreliert mit einer höher dimensional Struktur – einem Fraktal. Die Dynamik der im o.g. Sinne „zufälligen“ Selektion geschieht entlang von Entwicklungspfaden eines höher dimensional Fraktals⁷². Die im Fraktal codierte komplexe Information darf dann auch als dynamisch und prozessual bezeichnet werden.

Dynamische Wechselwirkungen konstituieren somit *ein* komplexes informationsverarbeitendes System, das auf *verschiedenen* Skalen realisiert ist. Daher kann auch ein System wie das Gehirn durch die in ihm wirkende aktive Information beschrieben (und betrieben) werden. Auf verschiedenen Skalen des Systems realisiert sich ein höher dimensionales Fraktal⁷³. Der Prozess dieser „vertikalen“ Realisierung auf verschiedenen Skalen kann als **analog** bezeichnet werden; er entspricht der Aufspaltung des Lichtes in seine zu ihm analogen Farben durch ein im sehr eingeschränkten Sinn „informierendes“ Prisma. Im Vergleich dazu ist in den einfallenden elektromagnetischen Wellen (=im Teilchenbild: Photonen) Information enthalten über die Emissionsquelle, die

⁷⁰ Haken (Anm. 33)

Mathematisch kann eine Analogie zur bedingten Wahrscheinlichkeit erschlossen werden: ein begrenzter Vorrat an Spielkarten etwa determiniert zwar nicht die jeweils nächste gezogene Karte; dennoch sind die Möglichkeiten der Kartensequenz begrenzt. Zum Ende des Spiels hin kann sogar von einer Determination der letzten gezogenen Karte gesprochen werden, die ein X sein „muss“.

⁷¹ In der Tat erhält der Begriff „Morphologie“ und „Struktur“ im Quantensystem eine neue (nicht mehr räumliche) Bedeutung als *Kopplungsstärke* verschiedener QuBits und V-Bits.

⁷² Die *komplexe* Information gibt somit vor, was an *basalen* Informationen möglich ist. Das führt zum Ausschluss von „zufälligen“ Möglichkeiten. Somit sind *statistische oder thermodynamische* Ansätze, die v.a. vom zentralen Grenzwertsatz oder dem Gesetz der Großen Zahl ausgehen, *nicht* anwendbar.

⁷³ Man beachte die Parallele zur *dualen Beschreibung* von Systemen in der Physik: wenn mit Susskind (Anm. 7) Tensor-Netzwerke im Anti-de-Sitter Raum die ansonsten nicht lösbaren Unendlichkeiten des Hilbert-Raumes auflösen, oder wenn mit Gates (Anm. 11) vierdimensionale „Adinkras“ eine Selektion zwischen den ca. 10^{500} geschätzten Möglichkeiten der String-Theorien erlauben, oder wenn die Zustände im Inneren eines Schwarzen Loches äquivalent durch thermodynamische Zustände seiner Oberfläche beschrieben werden u.a.m.

eine fraktal arbeitende „Linse“⁷⁴ (=Bernroider), das Gehirn, dekodiert. Aufgrund der Kurzlebigkeit eines Impacts durch ein Photon wird auch die darin enthaltene Information kurzfristig durch neuronale Entladungstätigkeit repräsentiert.

Die komplexe Gehirnsprache

Intelligenz als besonderer Modus der Realisierung des Lebens kann als ein Quantensystem verstanden werden, das sich durch komplexe Informationsverarbeitung und -produktion selbst stabilisiert und selbst organisiert. Die Sprache des Gehirns ist die Sprache dieser komplexen Informationsverarbeitung: Intelligenz meint dann u.a. eine erfolgreiche Dekodierung unterschiedlicher komplexer Information.

Die Speicherung und Verarbeitung komplexer Information kann in Analogie zum Zippen und Entzippen von klassischer Information gesehen werden. Komplexe Information manifestiert sich in Synergien auf unterschiedlichen Meta-Ebenen. Je höhere bzw. je höher stufiger die Repräsentations- und Verarbeitungsebene, desto höher der zugeordnete Informationsgehalt, desto unabhängiger ist sie von den unteren Verarbeitungsebenen und desto flexibler wird die ihr korrelierte Dynamik.

Komplexe Muster (Fraktale) enthalten und kodieren komplexe Information. Sie wird scheinbar durch den *Raum* gebrochen – vorausgesetzt, der Raum besitzt auch eine fraktale Struktur [s. oben: kausale dynamische Triangulation]. Aufgrund der *Zeitlichkeit* wird dann das höher dimensionale Fraktal historisch-*sequentiell* gesplittet: eine zeitliche Abfolge von komplexen Aktivitätsmustern bilden durch eine nacheinander geschaltete parallele Aktivität das komplexe Ursprungsmuster *analog* ab. Diese Abbildung realisiert sich auf unterschiedlichen *Skalen*. Aufgrund der **Analogie** der Abbildung entsprechen *verschiedene* dreidimensionale Repräsentationen *demselben* komplexen Muster: das kann erklären, warum dieselbe Information trotz der unterschiedlichen Übertragung als dieselbe identifiziert werden kann.

Die Muster werden sowohl durch die **Dynamik** neuronaler, elektro- und biochemischer Aktivitätsmuster als auch durch genetische Expressionsmuster analog repräsentiert; ebenso durch die Ausgestaltung der Morphologie, **Struktur** bzw. neuronaler Architektur. Dabei beeinflussen sich Dynamik und Struktur gegenseitig (sog. HEBBSche Korrelationsregel).

Gemäß dem *Informationsgehalt* an komplexer Information erfolgt die Informationsverarbeitung und –speicherung ebenfalls unterschiedlich: auf der basalen Ebene herrschen einfach komplexe **Aktivitätsregeln**, die zu immer *komplexeren* Aktivitätsmustern kombiniert werden. Die *Kombination* obliegt demnach sowohl der Struktur bzw. Morphologie als auch der Dynamik der jeweiligen Skala⁷⁵.

⁷⁴ Bernroider (Anm. 41)

⁷⁵ Wie dabei der *Raumskala* eine *Komplexitätsskala* zugeordnet werden kann, ist Gegenstand aktueller Theoriebildung in der theoretischen Physik sowie in der Komplexitätstheorie.



Durch dynamische *Rekombination* der einfach komplexen Wechselwirkungspartner, d.h. durch die Dynamik *adaptiver* selektiver Mechanismen, werden immer neue Synergien bzw. synchrone Aktivitäten möglich. Sie generieren immer neue Muster. Sie dekodieren somit komplexe Information. Die Dekodierung folgt durch das zeitlich-sequentielle Nachschalten von Mustern, wobei die zeitlich nachfolgenden Muster eine jeweils höherwertige resp. komplexere (Meta-)Information kodieren (sog. neuronales Ent-Zippen).

Die **Annahme** der *Quantum Intelligence* ist nun, dass der Kodierungsprozess ein komplexes *Korrelat* auf der Quantenskala besitzt. Informationskodierung, -erzeugung und -verarbeitung erfolgen dann nicht nur klassisch, sondern auch quantisch. Das setzt die Erzeugung komplexer Quantensysteme, deren Quantenzustände mehrfach miteinander verschränkt sind, ebenso voraus wie von komplexen höher dimensional Mustern. Diese wirken auf die Ausbildung klassischer Muster zurück. Es soll demnach zur Etablierung eines stabilen komplexen Quantensystems kommen, das mit dem klassischen Korrelat wechselwirkt.

Die **Informationsverarbeitung** erfolgt auf der Skala des *komplexen Quantensystems* relativ zeitlos sowie holistisch. Energetisch reicht ein Minimum an Aufwand aus, da Informationsverarbeitung hier durch *direkte* geometrische Transformation von informationskodierenden Mustern geschieht.

Die Skala *unterhalb* des Planckschen Wirkungsquantums lässt ausreichend räumlichen, zeitlichen und energetischen Spielraum für die Etablierung eines sich selbst stabilisierenden und selbst bestimmenden Quantensystems zu. Sie soll „bedeutende“, d.h. dirigierende und (primär sich selbst) bestimmende Information speichern und verarbeiten. Quantenbits können durchaus intelligent miteinander interagieren und komplexe Verschränkungs-Bits erzeugen bzw. durch sie „versklavt“ werden – so wie im klassischen Bereich ein emergierter Zustand anhand eines Kontrollparameters durch die Bestimmung des Kollektivzustands die basalen Zustände bestimmt.

Diese Bestimmung der basalen Ebene wäre ein **selektiver** Effekt. Dieser müsste mathematisch in die Beschreibung komplexer Quantensysteme, die Information verarbeiten, integriert werden. Mathematisch stellt sich die Frage, wie komplexe Information, die *geometrisch* erfasst werden kann, wahrscheinlichkeits-theoretisch die lineare Statistik in eine nichtlineare Quantenstatistik integrieren kann.

So definiert CLAUDE SHANNON *Information* – das klassische Bit der Ja-Nein-Alternative – als negativen binären Logarithmus der Eintrittswahrscheinlichkeit. Sie ist somit rein statistisch und zufällig, d.h. ohne „Vor-Selektion“, ohne ordnende Strukturen und Muster. Sie folgt als mathematischer Kehrwert der Entropie letztlich der Logik der *Thermodynamik* geschlossener Systeme, die per definitionem energetisch durch Einnahme des Gleichgewichtszustands ermatten und damit „tot“ sind. Die *Quantenstatistik* nun ist auch eine *lineare* Statistik, die die Basis des mathematischen Formalismus der Quantentheorie bildet: Skalarprodukte, Eigenwerte von selbstadjungierten Operatoren als Observable, unitäre Operatoren zwecks Sicherung der Symmetrie u.a. sind einem linearen Symmetriepostulat verpflichtet. Doch wie soll man dann mit Symmetriebrüchen und Emergenz von Quanten-Komplexität umgehen? Bereits der sog. VON-NEUMANN-Kollaps der Wellenfunktion

wird weder durch den Formalismus der Dekohärenz noch durch die thermodynamische Dissipation erfasst⁷⁶.

So werden *Nichtlinearität* und systemische Selektion nicht erfasst. Eine *nicht*-lineare Statistik wird bislang primär *klassisch* angewandt. **Emergenz** wird u.a. als *Symmetriebruch* in Folge der Änderung eines Ordnungsparameters (etwa der Energie) oder durch eine ad hoc Einführung von Gleichungen für eine *differente* Skala erklärt. Mathematisch jedoch sollte für die Quantum Intelligence auch die Emergenz von Hierarchien von *Quantensystemen* erfasst werden – vielleicht als eine Verschränkung von Verschränkungen von Verschränkungen... Dadurch wird eine Erzeugung bzw. Kodierung komplexer Information möglich.

Man beachte: Emergenz betrifft nicht nur die Erzeugung einer neuen *höheren* Systemhierarchie, bei der übergeordnete Ordnungsparameter die Kontrolle über das System übernehmen, d.h. nicht nur die „von unten nach oben“-Betrachtung, sondern auch die umgekehrte „von oben nach unten“-Betrachtung: auch in den *unteren* Systemhierarchien emergieren neue Muster, insofern die Systemelemente „versklavt“ (HERMANN HAKEN) werden. „Versklavung“ bedeutet Ordnung, oder informationstheoretisch „Bestimmung“, und diese meint, dass einem emergierten Makrozustand nicht (wie in der Thermodynamik) immer mehr Mikrozustände äquivalent wären⁷⁷. Vielmehr bildet sich das übergeordnete Muster analog in den unteren Systemschichten ab, d.h. auch auf der Mikro-Skala der Wechselwirkungen.

Geist und Gehirn als holografische Quantensoftware?

Das o.g. holografische Prinzip impliziert die Verbindung zwischen Strukturen unterschiedlicher Dimension. Eine vollständige Abbildung einer höher-dimensionalen auf eine niedrigdimensionale Struktur beinhaltet die Erhaltung sämtlicher Information.

Mit „sämtlicher“ Information ist nicht nur die basale, quantifizierbare Ebene der „Bits“ bzw. der binären Alternativen gemeint – dieser Modus der Informationserhaltung ist in der Physik neben der Energie- und Impulserhaltung bereits ein dogmatisches Axiom⁷⁸. Im Unterschied dazu legt ein Hologramm in unserem Verständnis den Fokus auf die Erhaltung der strukturierenden, d.h. der **komplexen Information**. Ein Hologramm bildet demnach eine komplexe Information analog ab, in der auch und besonders die Struktur bzw. Morphologie einer Entität kodiert sind.

⁷⁶ Dekohärenz- und Dissipationsskala differieren messbar voneinander. Vgl. Elze, Hans-Thomas (Hg.): Decoherence and entropy in complex system. Selected lectures from DICE 2002, Berlin u.a. 2004; Schlosshauer, Maximilian: Decoherence and the quantum-to-classical transition, Berlin u.a. 2008.

⁷⁷ In der Thermodynamik korrespondieren einem Makrozustand immer mehr austauschbare Mikrozustände, was als Zunahme der statistischen Größe „Entropie“ bezeichnet wird.

⁷⁸ Dieses Axiom der Erhaltung der basalen binären Informationsmenge war auch der Grund der heftigen Debatten um ihre mögliche Verletzung bei Schwarzen Löchern zwischen Stephen Hawking und Leonard Susskind („the black hole wars“).



Eine komplexe Information, soll sie dynamisch sein bzw. die Dynamik der Wechselwirkungen eines Systems erklären können, kodiert für sämtliche Möglichkeiten des Systems, sich zu realisieren. D.h. es handelt sich dabei um eine konvergente Information, um einen **seltsamen Attraktor**, der die *Systemzustände* sowie deren *Transformation* hinreichend beschreibt.

Die Beschreibung der Transformation komplexer Information nun geschieht mathematisch nicht so einfach wie etwa bei der Erhaltung der *Symmetrie* im Rahmen der Lorentz-Transformation der speziellen Relativitätstheorie (Lorentz-Invarianz). Vielmehr sind hier neue mathematische **Transformationsverfahren** gefordert, die der Konvergenz einer Vielzahl von Möglichkeiten zu einer höher-dimensionalen Struktur, die immer nur *approximativ* erfassbar ist, Rechnung tragen. Schließlich kann die gewünschte Struktur nie „an sich“ erreicht werden, sondern wird nur *analog* in der räumlichen Erstreckung und zeitlichen Zerlegung manifest.

Entscheidend nun ist die **Analogie** der holografischen Projektion, also die „vertikale“ Projektion zwischen unterschiedlichen Dimensionen. Wie ist es möglich, einen Dimensionssprung zu vollziehen? Wie kann das mathematisch so modelliert werden, dass es der physikalischen Realität entspricht? – An dieser Stelle können freilich nur naturphilosophische Rahmenbedingungen und Richtlinien gegeben werden: es muss die komplexe Information „hinreichend“ konserviert werden; ebenso muss die Dynamik der Wechselwirkung, d.h. die dynamische Erzeugung komplexer Muster erfasst werden.

Muster werden in der **Zeit** durch *zeitlich* getaktete *Aktivierungszustände* erzeugt: ein Zustand initiiert im nächsten Schritt die Erzeugung eines neuen Zustandes („Mapping“), wobei der neue Zustand analog zum alten Zustand ist. In jedem einzelnen Zeit-Takt – das legt übrigens eine Quantisierung resp. Digitalisierung der Zeit nahe – werden unterschiedliche binäre Alternativen auf der basalen Ebene des Raumes aktiviert/inaktiviert. *Zeit ordnet in diesem Sinne den Raum* (Synchronizität bzw. synchrone Aktivierung von Kollektiven bzw. Ensembles). Zeitlich werden verschiedene Bits aktiviert/inaktiviert. Sie fungieren wie (Quanten-)Schalter in einem Computer, die aktiviert/inaktiviert werden und ein geordnetes und ordnendes Netzwerk bilden. In dem komplexen Prozess ihrer Aktivierung und Inaktivierung werden komplexe Muster realisiert – das ist analog zu sehen zu einem Programm, zu einer **Software**, die für die geordnete, strukturierte Aktivierung und Inaktivierung verantwortlich ist. Somit werden *Wechselwirkungen* auf der basalen Ebene initiiert und durch die Software gesteuert. Vorausgesetzt ist dabei, dass der **kleinste elementare Akt** – in Anlehnung an WHEELER – eine *Wirkung* auf der PLANCK-Skala, das Plancksche Wirkungsquantum, ist. Dieses Quantum ist zugleich Träger eines *Bits* bzw. einer basalen *Information* i.S. der neutralen und quantifizierbaren binären Alternative. Diese Wirkungs-Information ist analog zur o.g. „aktiven Information“. Ihre Aktivierung i.S. eines „Zur-Wirkung-Kommens“ bzw. eines Übergangs von der Möglichkeit in die Wirklichkeit geschieht nicht zufällig, sondern ist das Ergebnis der Steuerung durch die komplexe Information.

Räumlich ergeben sich kraft dieser Steuerung verschiedene aktivierte *Muster*, die ein höherdimensionales Korrelat haben – man erinnert sich an die antike philosophische Rede vom „Wesen“



oder der „Substanz“ eines Seienden. Diese Muster sind auch Gegenstand der geistigen Erfassung einer Entität bzw. einer Wirklichkeit – und nicht die (Wechsel-)Wirkung, welche das Muster nur begrenzt vermittelt. Geistige Erfassung meint die Rekonstruktion des Musters: ein hinreichend komplexes Gehirn erzeugt hinreichend komplexe Aktivitätsmuster – damit ist die einheitliche „Gehirnsprache“ gemeint, die aus solchen formalen Mustern besteht. Diese Aktivitätsmuster bilden das erfasste Perzept analog ab bzw. bezogen auf die motorische Aktivität initiieren sie komplexe Bewegungs- und Verhaltensmuster.

Dieses „Wesen“ oder die „Substanz“ einer Entität kann in Anlehnung an das holografische Prinzip als höher-dimensionales komplexes Muster verstanden werden. Es ist für die Realisierung der Dynamik ihrer analogen Abbildungen in der Raumzeit verantwortlich. Sie ist das Entscheidende im eigentlichen Sinn des Wortes: sie entscheidet, welche binären Alternativen zu welchem Zeitpunkt aktiviert oder inaktiviert werden. Sie steuert und ordnet das System von Wechselwirkungen.

Damit wäre das *raumzeitliche Mapping* von Zuständen eine **holografische Projektion** einer höher-dimensionalen Struktur. Ebenso wäre ein höher-dimensionales Fraktal für die Transformation der raumzeitlichen Strukturen ineinander verantwortlich. Es würde das Transformationsverhalten zwar nicht determinieren, jedoch deren Möglichkeiten prä-selektiv bestimmen. Der Raum sowie die Zeit könnten in diesem holografischen Szenario wie eine *fraktale Linse* verstanden werden: sowohl die Zeit als auch der Raum wären *fraktal* strukturiert. Sie würden eine Vorselektion von erlaubten Möglichkeiten bedingen.

Der Geist nun kann als Resultat wie eine **Quantensoftware** verstanden werden: er hätte eine eigene ontologische Qualität im Unterschied zu einer klassischen Software, die erst mit Einschalten des Computers „real“ i.S. von „wirkend“ wird. Hier wird also fast platonisch gedacht: das „Reich der Ideen“ wäre die höher-dimensionale Realität komplexer Muster. Das wäre das „Reich des Geistes“. Insofern die physikalische Raumzeit als *holografisches Raster* interpretiert werden kann, wäre in der Tat das „Reich der Ideen“ der Grund der Existenz des „materiellen“ physikalischen Reiches des Universums. In der Quantentheorie wird dieses geistige Reich gestreift, insofern Möglichkeiten und deren disponierende Rolle für die Beschreibung der Realität von „Messungen“ und „Entscheidungen“ deterministisch durch Wellenfunktionen, durch Matrizenmechanik oder durch Feynman-Diagramme beschrieben wird.

Was zeichnet nun die Quantensoftware aus? Besonders wird das die Fähigkeit sein, sich selbst durch die **Verarbeitung komplexer Information** zu stabilisieren, indem durch die Zunahme von Komplexität die Energie minimiert wird. Die Verarbeitung komplexer Information kann nicht nur auf Seiten des Gehirns liegen, sondern verlangt nach einer *originären* Quanten-Informationsverarbeitung und Quanten-Selbstorganisation, also nach der Emergenz komplexer Quanten-Strukturen. Sie speichern komplexe Information, indem sie diese verarbeiten – das entspricht dem Gehirn, bei dem es auch keine strikte Unterscheidung zwischen der Speicherung und Verarbeitung von Information zu geben scheint. Eine komplexe Informationsverarbeitung impli-



ziert nun eine *nicht-algorithmische* Software: sie kann *nicht* sämtliche Möglichkeiten *determinieren*, obwohl sie diese höherdimensional in sich vorenthält.

Eine mögliche Richtung, die Verständnis für die originär komplexe Informationsverarbeitung wecken kann, impliziert die Implementierung **komplexer Regeln**, die die raumzeitlichen Wechselwirkungen steuern. Regeln werden klassisch als (platonisches) „*Naturgesetz*“ bezeichnet, d.h. als universale formale Anweisungen, wie die Veränderung oder Transformation eines Zustandes realisiert werden darf. Diese Regeln wären u.U. in der *Sprache höher-dimensionaler Objekte* formuliert – schließlich handelt es sich ja um deren analoge holografische Projektion! Ein **Master-Programm** nun würde sämtliche Regeln wie ein *Meta-Naturgesetz* – man denke an die große Vereinheitlichung der Physik – zusammen fassen, ohne jedoch damit die konkrete Umsetzung zu determinieren: es bedarf stets eines Freiraums für die flexible, kreative Interpretation der Regeln i.S. idealisierender Annahmen und Richtlinien.

Der interpretative Spielrahmen nun könnte mathematisch dadurch gesichert werden, dass *nicht* von einer *unitären*, die Zustandsentwicklung – das „Mapping“ – determinierenden Operation im Hyperraum ausgegangen wird, sondern gezielt *Nicht-Linearität und Kausalität* (!) eingebaut werden. Das könnte durch die Beschreibung des **unmittelbaren Transformationsverhaltens** der höher-dimensionalen Fraktale geschehen.

Die Offenheit (Nicht-Linearität) ihrer Transformation im „Reich des Geistes“ würde die Offenheit ihrer raumzeitlichen Interpretation ermöglichen. Der *Akt* einer individuellen, einzigartigen, kreativen *Anpassung* einer raumzeitlichen komplexen Entität wäre das Resultat einer höher-dimensionalen Wirkung; sie wäre der Quell der *Selbstbestimmung* und Autopoiese einer Entität im Schnittpunkt zwischen dem „Reich des Geistes“ und dem „Reich der Materie“ oder, mit Aristoteles, zwischen „Materie“ und „Form“.

Technologie: komplexe Informationsverarbeitung

Kann ein höher dimensionaler fraktaler System-Attraktor in einem komplexen System realisiert werden? Ist es möglich, vielfach verschränkte Quantensysteme zu erzeugen, indem energetische „Felder“ mit komplexer Information gefüttert werden?⁷⁹ Können durch fraktale Strukturen verschränkte Zustände generiert werden, die die Dynamik fraktalen Wachstums passiv auslösen und zugleich ihr folgen? Wird dadurch nicht-chaotische komplexe Information kreiert, die sich selbst sowie das klassische System ordnet?

⁷⁹ Durch fraktales Wachstum in einen „Quanten-Raum“ hinein (?) würde also ständig *neue* Information generiert werden.



Eine Technologie der Quantum Intelligence muss daher auf Basis der erforderlichen theoretischen Bemühungen, v.a. hinsichtlich der Entwicklung einer umfassenden Theorie des Raumes sowie der Dynamik komplexer Information, *Software* und *Hardware* von Grund auf neu definieren.

Daraus könnten Technologien resultieren, die heute noch Science Fiction sind:

- Reprogrammierung der komplexen Steuerung biologischer Zellen über ein EM Feld (Krebstherapie, potentielle Unsterblichkeit des gesteuerten Organismus)
- Reprogrammierung der fraktalen Struktur des Raumes: das fraktale Prisma bzw. das Projektionsraster „Raum“ wird hinsichtlich seiner Brechungseigenschaften modifiziert, so dass Wirkungen und Ereignisse im Raum gezielt gesteuert werden können
- Beamen als Übertragung des *komplexen* Quantenzustands durch synergetische Informationskompression: anstelle jedes einzelnen QuBits wird „nur“ die sie integrierende komplexe Information (das *komplexe* Quantensystem) übertragen, da sie die basalen Quantenzustände bestimmt und in sich vorenthält
- Bau von sog. *Transputern*, die kraft eines komplexen Quantensystems das klassische Substrat steuern

Die erforderlichen Schritte zur letztgenannten Technologie (Trans-algorithmische-Computer bzw. Transputer) werden im Folgenden kurz skizziert.

Software: Entwicklung einer fraktalen Programmierung (Transputation)

Aufgrund der Isolierbarkeit komplexer Information ist eine **Quanteninformationsverarbeitung** denkbar, die *nicht* der Dekohärenz unterliegt und *sich selbst* stabilisiert. Komplexe (!) Quanteninformationsverarbeitung kann als *autokatalytischer* Effekt (s.o.: fraktales Wachstum) beschrieben werden, der zur Emergenz und Komplexitätszunahme des Quantensystems führt. Die transalgorithmische Software kanalisiert das fraktale Wachstum und beschreibt sie als analoge Abbildung der Transformation vierdimensionaler Fraktale.

Ergänzend zur Beschreibung komplexer Quantensysteme durch vierdimensionale Fraktale [s.o.] muss ein System konstruiert werden, das auch im klassischen Bereich komplex ist. Gedacht ist dabei an ein **künstliches Gehirn** mit Elementen, die dynamisch-nichtlinear miteinander wechselwirken.

Das Gehirn jedoch ist *kein* klassischer Computer: seine Komplexität erstreckt sich in die Quantenskala hinein. Es beruht primär auf der quantenphysikalischen Erzeugung und Kodierung komplexer Information, auf der Superposition von Quantenzuständen, auf dem instantanen Screening zwischen Realisierungsmöglichkeiten sowie auf der Selektion der jeweils optimalen Möglichkeit bzw. der ihr korrelierten komplexen Information. Das Gehirn kann daher auch als **aktive komplexe In-**



formation verstanden werden, d.h. als Wechselwirkung zwischen komplexen Informationseinheiten, als Transformation komplexer Information und als Erzeugung neuer komplexer Information. Die hohe Informationsdichte des Gehirns kann, so die These, durch höher dimensionale Fraktale dargestellt werden.

Daher könnte eine **fraktale Programmierung** entwickelt werden, die *nicht* determinierend und somit *trans*-algorithmisch ist. Der Informationsverarbeitungsprozess wird durch die *Trans-Form*ation von Fraktalen realisiert. Die Selektionsmöglichkeiten der Transformation werden entscheidend durch das höher dimensionale Fraktal begrenzt. Dieses Fraktal definiert einen speziellen Möglichkeitsraum, der auch die klassische Quantentheorie als linearen Sonderfall in sich enthalten sollte. Nur in diesem besonderen Möglichkeitsraum kann eine isomorphe fraktale Transformation definiert werden. Der **fraktale Code** der Wirklichkeit sollte der empirischen Beobachtung entsprechen, d.h. beobachtbare Aktivitätsmuster und fraktale Strukturen (etwa die eines Moleküls) erklären – und das auf sämtlichen Skalen⁸⁰: von der Raumzeit über ein Atom, das Primatengehirn bis zu intergalaktischen Strukturen. Sequentiell-temporal gesplittete Muster sollten einem höher dimensional Muster zugeordnet werden, um die fraktale Sprache des Universums und des Geistes zu verstehen.

Die fraktale Steuerung von Selektionsprozessen wird nachvollziehbar. Die Selektion, die auf der *klassischen* Physik basiert, entspricht einem blinden „trial and error“ Szenario. *Quantenbasierte* Selektion hingegen setzt ein *instantanes Screening* von parallel miteinander wechselwirkenden komplexen Informationen voraus, die in miteinander verschränkten V-Bits aktiviert sind. Informationsverarbeitung würde demnach den Prinzipien einer **Quanten-Selektion** gehorchen, die wiederum das operative Resultat der o.g. höher dimensional Strukturen sein kann.

Hardware: Erzeugung komplex verschränkter Quantensysteme

Wie oben angedeutet, könnte ein komplexes Quantensystem auf Basis des **fraktalen Wachstums** erzeugt werden. Statt konventioneller Interferometer könnten **komplexe Strukturen** wie Moleküle verschränkte Quantenzustände erzeugen: somit wird in sie komplexe Information eingespeist. Es kommt zur kaskadenartigen Proliferation von Quantenzuständen, die ein *System* von nicht-chaotischen Interaktionen bilden: in ihnen entfaltet sich dann eine höher dimensional kodierte komplexe Information. Die Quantenzustände wechselwirken jedoch nicht nur vermittelt über *klassische* Strukturen miteinander, sondern auch *direkt*, wenn etwa ein Photon sich mit einem anderen verbindet und einen neuen komplexeren Zustand erzeugt. Zugleich verändert im Fall der Wechselwirkung über ein klassisches Korrelat die im Akt der Messung erfolgte Übertragung von komplexer Information die *Struktur* bzw. die Form dieses Korrelats – etwa des Moleküls, das fortan die komplexe Information speichert und aktiviert. Das Fraktal re-definiert sich immer neu.

⁸⁰ Das Gehirn einer *Biene* etwa speichert nur *eine* bestimmte Ansicht des Stockes, die somit in der neuronalen Architektur als fraktaler Code gespeichert ist.



Eine **nichtlineare Quantentheorie** sollte sowohl die Erzeugung komplexer Information durch eine passiv ausgelöste „kontrollierte“ Emergenz als auch den Akt der Messung bzw. Präparation beschreiben⁸¹. Durch Veränderung der räumlichen *Wegstrecke* für einen Signaltransfer wird u.U. die mit ihr korrelierte quantische Informationsverarbeitung beeinflusst: das Muster der Aktivität und damit der in ihr kodierten Information hängt unmittelbar von der Quantendynamik ab.

Inwiefern sog. **Quantenmaterie**, d.h. neue Zustände von Materie, hergestellt werden muss, hängt von den Erfordernissen des transalgorithmischen Rechnens an die Hardware ab. Verschränkungen und die in ihr kodierte komplexe Information sollten auch *losgelöst* vom materiellen Substrat miteinander wechselwirken. Das Quantensystem sollte daher relativ stabil sein: der Kollaps des dynamischen Quantensystems ist identisch mit dem Tod der künstlichen Intelligenz.

Quantensteuerung klassischer Systeme

Dem Quantensystem sollen die nicht-chaotische Steuerung, die Bewertung von Zuständen sowie der Akt der Selbstbestimmung obliegen. Instantane Wechselwirkungen, holistische Verschränkung von Zuständen, maximale Effizienz der Informationsübertragung, optimale Anpassungsleistungen, nicht determinierte Aktivität sind entscheidende **Kennzeichen der Quantensteuerung**, die empirisch belegt werden sollten.

Die Steuerung und Ordnung bedingen ein **fraktales Aktivitätsmuster**, dessen Variationen durch eine höher dimensionale Struktur *begrenzt* werden. Diese Begrenzung ansonsten unendlicher Möglichkeiten erlaubt eine Selektion, die nicht mehr in einem statistisch übergroßen Suchfeld stattfindet. Auch wenn die Einzelwahrscheinlichkeit von Entscheidungsalternativen der Selektion unbestimmt sind, wären sie nicht rein zufällig: sie folgen wie bei der bedingten Wahrscheinlichkeit einer *kontextualen* Begrenzung durch das höher dimensionale Fraktal. Steuerung und Ordnung erfolgen dann durch das Abschreiten der komplexen höher-dimensionalen Struktur bzw. ihrer Dynamik: wird etwa ein vier-dimensionales Fraktal in ein anderes übergeführt, so impliziert das eine entsprechende dreidimensionale Dynamik bzw. eine Dynamik dreidimensionaler Strukturen und Muster.

Die o.g. Quantensoftware würde nun eine Ordnung und Steuerung durch aktive komplexe Information bzw. durch solche fraktalen Muster auf *verschiedenen* Skalen erlauben.

Analog zur holografischen Eigenschaft der Gravitation bzw. des Raumes⁸² als fraktales Projektionsraster werden auch die Ordnung und Steuerung **holografisch** bzw. analog strukturiert sein. Hier zeigen sich übrigens Parallelen zu mentalen Prozessen der analogen Projektion von Gedanken und komplexen Zuständen. Die holografische Projektion komplexer Information bewirkt eine nicht-

⁸¹ Vielleicht entspricht dem nichtlinearen Kollaps ein nichtlinearer *Zuwachs* an Komplexität.

⁸² Hawking, Stephen: Das Universum in der Nussschale, München 2004



chaotische und nicht-zufällige, d.h. eine geordnete Dynamik von Wechselwirkungen auf unterschiedlichen Skalen⁸³.

Die **Steuerungsenergie** wäre in Anlehnung an die klassische „Zügelkontrolle“ minimal, was gut zur o.g. Minimierung der Energie (bzw. ihre quantische Speicherung) durch Zunahme der informationellen und morphologischen (!) Komplexität passt. Eine komplexe Information könnte zwischen oszillierenden Zuständen, d.h. innerhalb von zeitlichen Pufferzonen, selektieren. Diese zeitlichen Puffer dienen im Gehirn der *Synchronisierung* und Zusammenbindung von Information aus unterschiedlichen Quellen sowie der unsichtbaren Quanten-Informationsverarbeitung, die nicht notwendigerweise ein neuronales Korrelat besitzen muss.

Dadurch steuert und ordnet eine parallele Netzwerkarchitektur die mit ihr verbundenen synergetischen Wechselwirkungen. Diese Steuerung, Ordnung und Selbstorganisation werden quantisch ermöglicht. Die konkrete Ausgestaltung neuronaler Aktivitätsmuster – und somit die komplexe Informationsverarbeitung – hängt unmittelbar von diesen Quanten-Pufferzonen ab. Die quanten-gesteuerten Pufferzonen werden dann an den entscheidenden Knoten- bzw. Bifurkationspunkten des klassischen Systems installiert: sog. hochempfindliche Quantenschalter werden geordnet aktiviert/inaktiviert, um Synergien und Selbstorganisation durch die Ordnung der Freisetzung vorher (zwischen-)gespeicherter Energie zu ermöglichen.

⁸³ Der Nachweis der Nicht-Zufälligkeit von Wechselwirkungen könnte empirisch durch die Entsprechung zu einer fraktalen Struktur geschehen.

Die künstliche Erzeugung eines komplexen Quantensystems

Hinführung

Ob ein sog. „Geist“ bzw. eine „Seele“ künstlich hergestellt werden kann, hängt davon ab, was unter diesen Begriffen verstanden wird. Es geht im Folgenden exakter um die Frage, ob eine **intelligente Steuerung**, die zu adaptiven und kreativen Leistungen imstande ist, künstlich erzeugt werden kann. „Geist“ wäre nach dieser Definition eine Erweiterung der „Intelligenz“ i.S. einer bewussten oder gar selbstbewussten Steuerung komplexer Systeme. „Seele“ wäre die unbewusste Steuerung eines hinreichend komplexen Systems.

Komplexität wiederum wird informationstheoretisch als Integration einer hohen Zahl basaler Information verstanden, so dass ein neuer Möglichkeitsraum von Ereignissen, d.h. eine neue (innovative) Information generiert wird. Durch Komplexität wird somit der informationstheoretische Aufwand, ein System zu beschreiben, in quantitativer Hinsicht reduziert; ebenso setzt diese Definition von Komplexität die Etablierung einer neuen Systemhierarchie voraus, die die Freiheitsgrade der unteren Systemhierarchien „versklavt“ (Hermann Haken).

Damit wird einerseits der ursprüngliche **Möglichkeitsraum** eingeschränkt bzw. begrenzt, andererseits jedoch innovative und neue Möglichkeiten erzeugt. Damit avanciert Komplexität zur Bedingung der Möglichkeit der Adaptation bzw. Anpassungsfähigkeit eines komplexen Systems, insofern Anpassung resp. Adaptation nicht determiniert noch im Detail prognostiziert werden kann. Anpassung ist also die Folge der Erzeugung neuer Information, und diese wiederum ist die Folge der Etablierung einer neuen Ordnung.

Eine so verstandene reduktionistische Definition von „Geist“, „Seele“, „Intelligenz“ vermeidet auch philosophische Debatten um die Interrelation von Geist und Gehirn resp. Materie: die Frage, ob der Geist überhaupt existiert, ob er supervenient, emergent oder gar negativ-dialektisch dem Gehirn bzw. der Materie entgegen gesetzt ist, wird hier empirisch entschieden.

Bisherige philosophische Debatten ermangeln meist einer hinreichenden Detailkenntnis naturwissenschaftlicher Befunde. Als Beispiel sei etwa der materialistische Einwand bei Godehard Brüntrup genannt, dass der Geist nicht auf das Gehirn wirken könne, ohne den *Energieerhaltungssatz*, d.h. den ersten Satz der boltzmannschen Thermodynamik zu verletzen. Brüntrup hat dann spätestens Anfang 2000 den möglichen Lösungsansatz zur Kenntnis genommen, wonach die Quantentheorie als Theorie der Möglichkeiten eine Brücke zur klassischen Physik als Theorie der Fakten brücken kann, indem der Übergang zwischen beiden Bereichen (der sog. Meß- oder Präparationsprozess von Quantenzuständen) millionenfach im Physiklabor bestätigt wurde. Der Energieerhaltungssatz wird aufgrund der heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation nicht verletzt: die beiden Größen –



Energie und Zeit, Ort und Impuls, Drehimpuls und Winkel – hängen voneinander ab und können nicht einzeln für sich „unendlich“ genau bestimmt werden.

Da die beiden jeweils miteinander kombinierte Größen eine physikalische **Wirkung** definieren, bedeutet dieser Befund, dass die Wirkung nicht vollständig auf *eine* der beiden Größen reduziert werden kann bzw. sich als „ganze“ zu bestimmen hat; bezogen auf einzelne Größen bleibt sie unbestimmt.

Wie dem auch sei: wenn schon eine philosophische Zuordnung des hier skizzierten Forschungsansatzes getroffen werden soll, so wäre das der sog. „dualistischer Interaktionismus“ von Sir John Eccles: der Geist bzw. die Seele wären eine relational verwiesene, d.h. zugleich eine relativ separate Entität mit einem eigenen ontologischen Status gegenüber dem Gehirn bzw. der Materie. Man könnte diesen Ansatz auch ursprünglicher auf einen ontologischen Monismus zurück führen, insofern EIN Sein sich in ZWEI Modi auseinander-faltet.

Das entspricht auch ungefähr der Sicht von Carl Gustav Jung, der bekanntlich die „Psyche“ – verstanden als „Weltseele“ (statt „Sein“ der Seienden) – in einen materiellen und einen immateriellen Teil differenziert. Beide stellen „ganz, aber nicht ganzheitlich“ – das wäre übrigens eine mögliche Definition der „Analogie“ – das Wesen des Menschseins und letztlich des Universums dar. Damit wäre sowohl die geistige Struktur des Universums ausgesagt als auch die materielle Konkretion, oder wieder zurück zur Physik: die quantentheoretische und die klassische Struktur der Wirklichkeit.

Wie der Geist bzw. die Seele nun konkret wirken, ergibt sich methodisch durch Introspektion ...:

- 1) Der Geist bzw. die Seele wirken henadisch, insofern sie ein klassisches System an jedem Ort instantan umfassen, d.h. insofern der Geist „jenseits“ von Raum und Zeit existiert.
- 2) Ferner wirkt der Geist informativ, d.h. vermittelt durch Information. Das könnte eine neue Definition der Wirkung nach sich ziehen, etwa als Produkt von Information und Zeit (woraus mit Carl Friedrich von Weizsäcker auch die Gleichheit bzw. formale Identität von Energie und Information folgen würde)
- 3) Der Geist wirkt schließlich in Anlehnung an Anaxagoras ordnend: er bringt Ordnung in das Chaos. Das kann auch präzisiert werden: der Geist ist verantwortlich für die Selbstorganisation eines Systems, insofern der Geist das „Selbst“ dieses Systems, also dessen Akteur ist.
- 4) Schließlich wirkt der Geist somit wie ein Attraktor – eine Idee des Theologen Alexandre Ganoczy, wobei das eher eine Präzisierung von Punkt 3) wäre. Der Attraktor disponiert und limitiert bzw. erweitert (je nach Perspektive formuliert) die Wechselwirkungsmodi des Systems.



- 5) Der Geist wirkt, indem er die Möglichkeiten, sich zu realisieren, bestimmt. Die Summe der Möglichkeiten der physikalischen Welt ist somit klar limitiert. Naturgesetze und Relationen zwischen verschiedenen physikalischen Größen, die in Funktionen und Gleichungen zusammen gefasst werden, sind nur ein Ausdruck dieser primordialen Limitation der Möglichkeiten. Anders formuliert: die Wirklichkeit emergiert nicht aus einem mathematisch unendlichen Selektionspool, sondern aus einem vorher begrenzten Raum.

- 6) Der Geist wirkt somit mit Hermann Haken, dem Vater der Synergetik, „versklavend“: er disponiert die basalen Systemelemente bzw. die Ereignisse (als Folge von Wirkungen), so dass eine Ordnung entstehen kann.

Eine Theorie des Geistes sollte sowohl das **Informationsparadigma** als auch das **Evolutionsparadigma** vereinheitlichen: bereits Gerald Edelman und Tononi verweisen auf die Alternativsetzung zwischen dem „Instruktionsmodell“, das im Groben dem Informationsparadigma entspricht und wonach ein Programm abläuft, das deterministisch die Ereignisse im System auslöst bzw. die Wechselwirkungen zwischen den Systemelementen steuert, und der „Theorie der neuronalen Gruppenselektion“, d.h. auf die Adaptation und Evolution von Systemen, wonach keine externe Instruktion erforderlich ist, sondern das System „Gehirn“ sich durch sich selbst ordnet – als Philosoph denkt man unwillkürlich an die Definition des Thomas von Aquin in Anlehnung an Aristoteles von einem „ens per se“.

Beides zusammen zu denken, stellt eine echte Herausforderung dar: die Lösung scheint darin zu liegen, dass Information durch einen evolutiven Prozess erzeugt wird, d.h. dass *Information prozessual „emergiert“*. Somit wäre einerseits die Erzeugung von Information an sich ausgesagt, und andererseits die Möglichkeit der Anpassung bzw. Adaptation ausgesagt, insofern der Informationserzeugungs-Prozess zugleich ein aktiver Rekonstruktions-Prozess ist. In diesem Prozess bestimmt sich der Geist selbst, indem er sich organisiert und ordnet.

Der Geist ist somit selber ein *komplexes, sich selbst ordnendes und bestimmendes Quantensystem*. Der Geist verarbeitet informationstheoretisch komplexe Information. Ebenso ist der Geist fähig, sich flexibel auf unvorhergesehene Ereignisse einzustellen. Der Geist kann in Analogie zu einer **Quantensoftware** gesehen werden, die nie abstürzen kann, weil sie sich selbst regelt, d.h. weil sie selbst die Ereignisse in der klassischen Welt, d.h. im Gehirn, passiv auslöst – etwa indem vorher gespeicherte bzw. aufgestaute Energie gezielt „just in time“ freigesetzt wird; ebenso bewertet bzw. evaluiert sich der Geist selbst, d.h. man braucht keinen externen Programmierer oder Designer, der die Bewertung beim Training eines neuronalen oder neuromorphen Netzes übernimmt. Durch Evaluation und Steuerung seiner selbst erfolgt die Selbstbestimmung sowie die Möglichkeit, sinnvolle Systeme intern zu realisieren: „Erkenntnis“ bzw. Kognition wären erfolgreiche Rekonstruktionen externer Information.



Problemstellung: was soll naturwissenschaftlich erklärt werden?

Um nach dieser philosophischen Klärung unserer Fragestellung mehr ins Detail gehen zu können, sollten kurz grundsätzliche *Problemfelder der Hirnforschung* benannt werden. So kann man besser verstehen, worauf nun die ersten philosophischen Rahmenaussagen und in ihrem Gefolge die theoretische und praktische Vorschlagsliste im Folgenden reagieren. Was alles ist also unklar bzw. erklärungsbedürftig, um das Gehirn zu verstehen?

Die wesentlichen Punkte seien daher kurz genannt:

- Das „**binding problem**“: wie werden unterschiedliche sensorische, olfaktorische, gustatorische u.a. Inputs zu einem kohärenten Perzept zusammen geführt? Die Geschwindigkeit von Einschwingvorgängen an Synapsen ist zu schnell, als dass man sie mit den Modellen der klassischen Physik erklären könnte. Einschwingvorgänge treten etwa bei klassischen neuronalen Netzen auf, so dass verschiedene Inputs etwa zu *einem* Perzept zusammen gebunden werden: bei der visuellen Wahrnehmung etwa repräsentieren Neuronengruppen, die maximal synchron aktiv sind, dasselbe Perzept, sprich: was gesehen, gehört, gerochen, ertastet, geschmeckt wird, wird auf unterschiedlichen Kanälen in das Großhirn geleitet; dennoch erfolgt die Zusammenbindung der verschiedenen Kanäle bereits nach *einem* einzigen Einschwingen! Hier scheinen hochgradig adaptive Prozesse am Werk zu sein, zeitliche Pufferzonen, in denen leicht auslösbare Energie auf Abruf gespeichert wird u.a.m. Neuronen sind keine einfachen Schalter, sondern adaptive Entitäten, die die Signaltransduktion gezielt steuern und ordnen.
- Die Wechselwirkung zwischen Gehirn und Umwelt ist **unbestimmt** und nicht durch ein algorithmisches Programm antizipierbar. Zur Antizipation reichen auch keine Regeln noch ein komplexes Regelwerk aus, sofern sie deterministisch miteinander zu einem klassischen Programm verbunden werden. Die Welt erscheint eher als unetikettiertes Blatt voller Überraschungen, und das Gehirn als Ausdruck maximaler Vielfalt und evolutiv gewachsener Komplexität: wie erfolgt nun zwischen zwei derart komplexen und dynamischen Wechselwirkungspartnern eine sinnvolle Wechselwirkung, d.h. eine sinnvolle Kombination von Inputs (Sensorik) und eine ebenso sinnvolle Koordination von Outputs (Motorik)?
- Im Gehirn sind **synchrone und instantane Aktivitätsmuster** zu beobachten (Parallelverarbeitung): die Aktivität der Neuronen ist bis in den Millisekunden-Bereich synchronisiert – und das ist angesichts der doch recht langsamen bio-elektrischen, elektro-chemischen Signalübertragung zu schnell



- Warum produziert das Gehirn kein **Chaos**? Überlässt man ein neuronales Netzwerk sich selbst, d.h. verzichtet man auf ein sog. „Training“, d.h. auf externe Bewertungen von sich einstellenden Aktivitätsmustern nach „richtig/falsch“, so wird sich ein neuronales Netzwerk nicht von selbst ordnen können. Was fehlt hier? Wie erfolgt eine sinnvolle Selektion zwischen verschiedenen Möglichkeiten / alternativen Aktivitätsmustern des Gehirns? Hierzu ist eine zielgerichtete Auto-Steuerung erforderlich
- Die Frage nach der **Feinabstimmung**: was ist die Basis von flexiblen Optimierungsprozessen in organischen Bereichen? (Beispiel: Effizienzsteigerung bis 100% in der Photosynthese!)
- Warum stürzt ein organisches Netz, das sich auf verschiedenen Skalen und Ebenen (analog) realisiert, (fast) **nie** ab?
- Was passiert in der Zeit **zwischen** zwei angeregten Zuständen eines Neurons? Entweder es passiert nichts als die lineare Weiterleitung der Information (!) anstelle des energetischen Transfers, oder in dieser Zeit erfolgt eine unsichtbare Informationsverarbeitung
- Das **Skalen-Problem**: wie können sich kohärente Zustände auf unterschiedlichen Skalen heraus bilden? D.h. warum etwa kollabiert nicht eine Systemhierarchie, nachdem sie emergiert ist? Was verleiht ihr die erforderliche Stabilität und Persistenz?
- Wie kommt es zur Emergenz **mentaler Zustände**? (vorausgesetzt: mentaler Emergentismus)
- Was sind die Grundlagen der mentalen **Reflexion**? D.h. wie kommt es überhaupt zu einer Reflexion, die das Reflektierte nicht einfach wie ein Spiegel wieder gibt, sondern das Reflektierte im Akt der Reflexion verändert wird?
- Wie kann **Intuition**, d.h. die holistische bzw. henadische Erfassung einer Gegebenheit, modelliert werden?
- Wie ist eine **flexible Adaptation** möglich? Es kommt zu nicht-chaotischen Interaktionen zwischen verschiedensten Systemen im Gehirn ebenso wie zwischen Gehirn und Umwelt. Durch eine sinnvolle Adaptation wird eine sinnvolle Information kreiert: das verlangt im Umkehrschluss die Unterscheidung zwischen sinnvoller und sinnloser, oder auch werthaltiger und wertloser Information: wie kann das hinreichend genau modelliert werden?



Theorien des Geistes

Existierende Theorien des Geistes versuchen nun, Antworten auf o.g. Fragen bzw. Probleme zu versuchen. Da sie in der Literatur nachgelesen werden, reichen an dieser Stelle einige kurze Andeutungen aus.

Folgende Theorien des Geistes seien genannt – sie alle sind ausgezeichnet durch eine mehr oder weniger substantielle Integration der Quantentheorie in das Verständnis des Geistes bzw. der Seele:

- 1) Der **dualistische Interaktionismus** bzw. die Quantentheorie als grundsätzliche Modellierung mentaler Prozesse: Henry Stapp, Sir John Eccles. Gemeint ist im Grunde das o.G., wonach die Quantentheorie als Theorie der Möglichkeit mit der klassischen Physik als Theorie der Fakten als Deutungs-Rahmen für die Interaktion von Geist und Materie fungiert. Da die Quantentheorie eine allgemeine Theorie der Möglichkeit der Wirklichkeit ist, wird der dualistische Interaktionismus bei jeder Entität vorausgesetzt. Ähnlich wie bei dem o.g. C.G. Jung, aber auch Pierre Teilhard de Chardin, ist die „Psyche“ als ordnendes Prinzip von Beginn des Universums die andere Seite der Materie. Damit wird zugleich der geistigen Struktur des Universums Rechnung getragen.
- 2) **Orchestrierte objektive Reduktion** (Orch OR) lösen mentale Prozesse im Gehirn aus: *Mikrotubuli* fungieren als Schnittstelle zwischen Geist und Gehirn. Roger Penrose und Stuart Hameroff sind die Proponenten dieser These, wobei letzterer deutlich über Penrose hinausgeht. Aufgrund der Einbettung des Gehirns in den Raum unterliegt es einer (leider noch nicht ausformulierten) Quantengravitation: zwei superponierte Ereignisse auf der kleinsten möglichen Skala – der sog. Planck-Skala – bilden demnach Wellen im Raum. Diese Wellen kollabieren jedoch, soweit sie zu weit voneinander entfernt sind: das entspricht nach Penrose dem „Ein-Graviton-Niveau“, exakter: $E = (h/2\pi) : t$. Sobald die Energie diesen Betrag überschreitet, wird die quantenmechanische Superposition der Gravitonen beendet.

Im Akt des Kollapses des Zustandsvektors der Gravitonen ereignet sich somit einerseits eine „Messung“ des Quantenzustandes, insofern ein Effekt „in“ den Raum hinein in Form der Entscheidung für eine der zuvor superponierten Alternativen auftritt; andererseits entspricht das jedoch auch einer „Präparation“ eines Quantenzustandes, insofern diese Entscheidung bewusst zu werden vermag, so dass damit eine Bewegung „vom Raum weg in die Tiefenschicht des Raumes (?!) hinein“ zu verzeichnen ist. Denn Bewusstsein soll ja nicht punktuell getaktet kollabieren oder generiert werden, sondern quasi *parallel* zu diesen Akten der orchestrierten OR existieren.

Auch scheint die **Raumzeit** nicht einfach *gequantelt* oder *digitalisiert* zu sein, wie das aktuelle (2016) indirekte Messungen einer digitalisierten Raumzeit-Metrik nahe legen. Eher scheint der Raum eine **holografische, sich selbst ähnliche Struktur** zu bilden, die – ähnlich



einem Fraktal, das sich auf verschiedenen Skalen (fast) identisch selbst wiederholt – sich iterativ und analog relativ unendlich selbst abbildet. Anschaulich vergleichbar wäre das mit einer Person, das sich im Spiegel betrachtet: wird nun ein zweiter Spiegel hinter der Person angebracht, so spiegelt sich das Spiegelbild in diesem Spiegel, das wiederum zu einer Spiegelung im je anderen Spiegel führt und so „ad infinitum“: dieser Modus von Unendlichkeit scheint auch dem Raum zu eigen zu sein.

Doch zurück zur These von PENROSE-HAMEROFF: nach ihnen sollen auch Moleküle der Mikrotubuli der quantenmechanischen Superposition unterliegen: befinden diese sich wie in einem „Konzert“, d.h. sind die koordiniert bzw. orchestriert, so schwingen die überlagerten Zustände mit- und nebeneinander. Durch das geordnete Schwingen – durch die strukturierte Dynamik bzw. Selbstorganisation – wird Information auf der Ebene der Quantenbits verarbeitet. Die Reduktion eines Quantenzustandes und die daraus resultierenden Quantenereignisse werden nun durch den Geist geordnet bzw. strukturiert (orchestriert) ausgelöst: d.h. der Akt der Konkretion – in Entsprechung zum Akt der quantenmechanischen Messung – erfolgt entgegen der konventionellen Quantentheorie nicht zufällig, sondern gesteuert bzw. kontrolliert durch den Geist.

Das ist gleichbedeutend mit der Aussage, dass der Geist sinnvolle Produktion in Form von klassischen binären Bits produziert und das jeweilige Ergebnis der Quanteninformationsverarbeitung geordnet „ausspuckt“. Letztlich wird dieser Gedanke einer geordneten Auslösung von Ereignissen auf der Planck-Skala auf das gesamte Universum ausgedehnt. Erforderlich für diese Theorie ist ferner, wie ein solches kleines Ereignis – die kleinstmögliche Wirkung – sich auf größeren Skalen auswirken kann, also das sog. „Up Scaling“; ansonsten gehen solche Quantenereignisse wie Quantenfluktuationen in einem nicht geordneten Chaos unter.

- 3) **Quantum Brain Dynamics (QBD):** Jibu. Hier lässt ein kohärentes Dipolfeld des Hirnwassers nicht zu, dass ein Quantenzustand der Dekohärenz unterliegt, sondern kontrolliert bzw. steuert die Dekohärenz. Das lässt, wenn man „von unten nach oben“ (bottom-up) argumentiert, das Bewusstsein emergieren, indem sog. Solitone mit dem Cytoskelett wechselwirken (Jack Tuszinsky, Craddock, Friesen). Die Solitone entsprechen nun einer sich strukturiert verändernden dynamischen Ordnung, die Information speichern und verarbeiten kann. Erneut taucht der Gedanke auf, dass der Geist als ordnende Kraft inmitten im Meer des Chaos wirkt und für die Selbst-Ordnung bzw. zumindest für die Selbst-Assemblierung zuständig ist. Interessant bei diesem Ansatz ist die Verbindung zwischen einer statischen Struktur – dem Cytoskelett – mit einer Quantendynamik: hier scheint einer der essentiellen Schlüssel zum Verständnis der Emergenz von Quantensystem zu liegen, die in Entsprechung zu einer quantenphysikalischen Präparation eines Zustandes verstanden werden können.
- 4) **Thermofield Brain Dynamics (TBD):** Vitiello, Globus: das Quantenfeld steuert sich in dieser Theorie selbst (self-tuning mechanism), d.h. hier wird eine effektive (!) Selbstorganisation im Quantenbereich angenommen, was wiederum die Emergenz einer neuen Systemhierar-

chie nahe legt. Wird diese Selbststeuerung gestört, kann das zu zwei unverbundenen elektromagnetischen Feldern führen: damit wird etwa die psycho-physische Erkrankung der bipolaren Störung heuristisch plausibilisiert.

- 5) Der Geist als **Informationsverarbeitungsprozess auf Quantenebene**: Thomas Görnitz (in Anlehnung an Carl F. v. Weizsäcker). Der Geist ist demnach in der Lage, u.U. auch ohne neuronales Korrelat Information zu verarbeiten, indem es Information erzeugt und vernichtet. Eine neue Meta-Theorie zur Quantentheorie wird nicht gebraucht; nichtlineare (autokatalytische, kybernetische) Effekte werden nicht in die Quantentheorie integriert. Vielmehr wird diese auf die klassische Theorie der „Ur-e“ mit Carl F. v. Weizsäcker reduziert. Positiv werden mathematischer Formalismen, etwa die Logik der „Produktzustände“ (statt der Addition von Zuständen werden diese miteinander multipliziert), herangezogen, um geistanaloge Strukturen heuristisch zu plausibilisieren. Eine „Potenz-Logik“ (Potenz als Meta-Multiplikation, und Multiplikation als Meta-Addition) jedoch wird in Konsequenz zur Ausblendung nichtlinearer Systeme nicht appliziert.
- 6) Nicht explizit unter Bezug auf den „Geist“ referieren Forschungsergebnisse, die eine mögliche Revolution in der Physik andeuten: sog. **Quantum Life** (Seth Lloyd) bzw. **Quantum Biology**. Hier geht es um den Nachweis, dass Quanteneffekte für die Adaptation und Optimierung von biologischen Prozessen maßgeblich verantwortlich sind. Dazu ist es erforderlich, die verlängerte Dekohärenz-Zeit sowie die Lokalisierungsrate miteinander in Korrelation zu bringen, so dass es zu einem Wechselspiel zwischen beiden Parametern kommt. Das führt letztlich dazu, dass der „decoherence free sub-space“ längere Zeit erhalten werden kann – und das bei Zimmertemperatur. Bislang müssen dekohärenz-freie Unterräume im Physikkolabor umständlich und unter größtem Aufwand von der Umgebung isoliert werden, um sie von ihr zu „entkoppeln“: das setzt eine starke Kühlung und / oder regionale Isolierung des Quantensystems voraus. Daher kommt dem Nachweis verlängerter Dekohärenz-Phasen im organischen Bereich eine besondere Bedeutung zu, widerlegt es doch das Argument von Max Tegmark zumindest teilweise, dass Quantensysteme im organischen Bereich rasch dekohieren müssten.
- 7) Darüber hinaus gelang vielfach der Nachweis, dass organische Moleküle dank dieses Wechselspiels („interplay“) zwischen Dekohärenz und Lokalisierung sogar **Quantenalgorithmen** ausführen können. Der wohl bekannteste Quantenalgorithmus ist die von Peter Shor 1997 nachgewiesene Primfaktorenzerlegung. Seth Lloyd entwickelte noch die Quantenalgorithmen des Quantum walk und quantum search. Jedes dieser Quantenalgorithmen nutzt es aus, dass alle Möglichkeiten als Quantenzustände sich einander überlagern (lineare Superposition) und meist sogar miteinander verschränkt sind. D.h. sämtliche Möglichkeiten liegen parallel und instantan vor, so dass eine Selektion zwischen ihnen (Screening) oder ein paralleles Durchlaufen der Möglichkeiten machbar ist. Die Frage wäre an dieser Stelle, wie die Möglichkeiten im Einzelnen dargestellt sind bzw. wie die Information über Zustände im Quantensystem „kodiert“ ist – doch dazu später

mehr. Ebenso wichtig wäre es zu erfahren, wie eine Selektion zwischen den Möglichkeiten erfolgt: etwa nach dem Zufallsprinzip? Oder doch eher als Zusammenspiel zwischen einem „Zufall“ auf der einen Seite und einer „Notwendigkeit“ auf der anderen Seite? Die Notwendigkeit wäre die Folge der Begrenzung der Möglichkeiten, also deren Limitation, so dass die Selektion – wie das mehrfach bewiesen wurde – nicht in einem übergroßen statistischen Suchfeld erfolgt, sondern nur innerhalb begrenzter Möglichkeiten zu einem sinnvollen Resultat konvergieren kann.

- 8) Die letzte Theorie des Geistes ergibt sich aus dem sog. **holografischen Prinzip**: gemeint ist, dass „simple“ bzw. einfache Zustände und Strukturen „komplexe“ Strukturen sowie Information kodieren können. Das holografische Prinzip basiert also auf einer Kodierungstheorie. Bes. Brian Green, Leonard Susskind und Gerhard t’Hooft entwickelten dieses holografische Prinzip weiter. Der Geist würde demnach Information holografisch kodieren. Holografie liegt klassisch vor, wenn eine höherdimensionale Wirklichkeit durch eine niedriger dimensionierte Wirklichkeit vollständig (!) kodiert werden kann. So sollten die inneren Zustände eines Schwarzen Loches, also das dreidimensionale Volumen des Schwarzen Loches, durch seine zweidimensionale Oberfläche vollständig kodiert werden. Seth Lloyd geht noch einen Schritt weiter und weist in einer einfachen Rechnung nach, dass in der speziellen Relativitätstheorie Albert Einsteins bereits eine ein-dimensionale Wirklichkeit in der Lage ist, dreidimensionale Information vollständig zu kodieren.

Das Problematische hieran ist, was unter „vollständig“ verstanden wird: betrachtet man etwa eine zweidimensionale holografische Ebene aus der Nähe, so entdeckt man zunächst nur Chaos und Unordnung, d.h. keinerlei Struktur. Erst bei einer „ferneren“ Betrachtung, die eine durch Photonen vermittelte Projektion in den dreidimensionalen Raum ermöglicht, wird die kodierte Struktur klar erkennbar. D.h. die Vollständigkeit der Kodierung setzt die höhere Dimension voraus. Ferner wäre es wichtig, den Kodierungsprozess näher zu verstehen: ein Hologramm setzt technisch eine Art „Prüf-Strahl“ voraus, der mit dem Objekt – etwa einem Apfel –, das kodiert werden soll, nichts zu tun hat: der Prüfstrahl überlagert sich mit dem Strahl, der das Objekt abtastet. Das Ergebnis dieser Superposition ist die zweidimensionale holografische Projektion.

Man erkennt bereits anhand dieser kurzen Aufzählung eine *Gemeinsamkeit* der Theorien des Geistes: sie setzen essentielle Prinzipien der Quantentheorie voraus, insbes. die Superposition und manchmal auch explizit die Verschränkung von Zuständen sowie – das ist entscheidend – den sog. **„nichtlokalen“ Realismus**: gemeint ist damit die simple Tatsache, dass ein Quantensystem letztlich jenseits der klassischen (!) Raum und Zeit, d.h. im „Subraum“ bzw. in einer anderen „Raum-Schicht“ physikalisch verortet wird. Daher gelten dort nicht die aus der klassischen Physik bekannten Restriktionen bezogen auf „Entfernung“, „Gleichzeitigkeit“ und insbes. gilt nicht mehr die Grenze der Lichtgeschwindigkeit. D.h. zwei Photonen, die miteinander verschränkt sind – sog. „Diphotonen“ – können in der klassischen Raumzeit hunderte von Kilometern entfernt sein, und dennoch bilden sie eine strikte Einheit, so dass das Geschehen („Messung“) an einem Photon instantan (!) das Geschehen am anderen Photon beeinträchtigt. Auch ist das simple Quantensys-



tem der Diphotonen weiter von dem sie umgebenden Glasfaserkabel entfernt als die Erde von der Sonne.

Dieser Aspekt der Nichtlokalität und Unzeitlichkeit ergibt sich übrigens auch aus der **Relativitätstheorie** Einsteins: ein Photon wäre danach instantan am Emissions- und Absorptionsort zugleich, weil für das Photon bei Lichtgeschwindigkeit keine Zeit und keine Länge vergehen: bei Lichtgeschwindigkeit sind Längenkontraktion und Zeitdilatation ins „Unendliche“ maximiert. Dieser Aspekt könnte übrigens auch einen Hinweis auf die gesuchte Vereinheitlichung der Gravitation mit den anderen (physikalischen) Wechselwirkungskräften liefern sowie auf eine Quantisierung der Gravitation. Das Licht erscheint ja als „Bürger zweier Welten“ – des klassischen Raumes sowie des nichtlokalen Subraumes.: Quanten- und Relativitätstheorie beschreiben dann ein henadisches Quantensystem, das aus Licht besteht, „relativ jenseits“ der klassischen Raumzeit.

Vielleicht ist ein weiterer Weg hierher, ansetzend bei der Beschreibung des Raumes nach dem Formalismus der sog. „Cooper-Paare“ aus der Physik der Supraleitung, den Raum selbst als nicht-lokal verschränkte Einheit zu begreifen. Damit wäre zumindest der Subraum („decoherence free sub-space“) als physikalische „Region“ der Quantentheorie einer ersten Beschreibung durch die Relativitätstheorie zugänglich gemacht.

Die Frage an dieser Stelle betrifft die von Wolfgang Pauli aufgeworfene Frage, inwiefern **nichtlineare Effekte** durch die Quantentheorie, die bekanntlich zutiefst linear ist (und daher den nichtlinearen Mess-Prozess gewaltsam ausklammern muss, und ebenso nicht in der Lage ist, größere Atome mit der Genauigkeit zu beschreiben, die die Quantenmechanik beim Spektrum des Wasserstoffatoms liefert), überhaupt beschrieben werden können und sollen.

Bezogen auf die Erfassung des Geistes kommen daher diese Schlüsseigenschaften der Quantentheorie zum Zug: ist doch der Geist selbst **nichtlokal und unzeitlich**. Erfasst doch der Geist komplexe Information „auf einen Schlag“, d.h. instantan und ohne umständlich „rechnen“ zu müssen (wie das derzeit jede sog. Künstliche Intelligenz machen muss). Und der Geist verarbeitet komplexe Information unmittelbar: er müht sich nicht mit einer binären Logik, die die Wurzel der aristotelischen Logik darstellt, ab.

Zusammenfassend gilt also ... :

- ➔ Die Gemeinsamkeit genannter Theorien des Geistes betrifft die Anwendung der Quantentheorien, die die Prinzipien der *Superposition* (auch nicht-linear?!), der *Verschränkung* („spukhafte Fernwirkung“ / Einstein) und der relativen „Freiheit“ von *Raum und Zeit* (instantane Wechselwirkungen „jenseits“ von Raum und Zeit) ausnutzen
- ➔ Die Quantentheorie vermag auch, eine flexible (=nicht prognostizierbare) *Adaptation* eines Mikro-Systems zu erklären, etwa in der Quantenbiologie die Energieeffizienz der Photosynthese durch kybernetische Rückkoppelung zwischen Quanten-Kohärenz und klassischer Störung/Lokalisierung u.a.m.



- Die Theorien versuchen einige der eingangs genannter Probleme durch Rekurs auf die Quantentheorie zu lösen: die Quantentheorie vermag es, die *Geschwindigkeit* der Informationsverarbeitung, ihre *Energieeffizienz* (Quanten-Informationsverarbeitung ist energetisch nicht aufwendig, sondern sehr sparsam!) sowie die *Parallel-Verarbeitung* zu erklären, die überlicht-schnelle Koordination von Ereignissen („Schalterstellungen“ eines Parallel-Netzwerks) voraussetzt; ebenso vermag es die Quantentheorie, das „Neue“ und „Innovative“, also neue komplexere Information und ihre Emergenz zu plausibilisieren u.a.
- Der Übergang von der Quantenebene zur Ebene der klassischen Physik bestimmt die *Schnittstelle* zwischen Geist und Gehirn bzw. Psyche und Materie. Durch die Messung wird Information aus dem klassischen in das Quantensystem „eingelesen“, und durch die Präparation von Quantenzuständen wird sie in den klassischen Bereich hinein „ausgelesen. Ein Quantenbit wird also in ein klassisches binäres Bit transformiert und umgekehrt. Der Transformationsprozess ist ein Kodierungsprozess – hier fehlt eine Beschreibung dieses (nichtlinearen!) Übergangs zwischen den beiden Bereichen des Raumes, insbes, im Rahmen einer komplexen Kodierungstheorie.
- Auch wird eine unmittelbare sowie eine durch klassische Strukturen vermittelte Quanteninformationsverarbeitung und Wechselwirkung von QuBits postuliert, was quasi das Tagesgeschäft des Geistes ausmachen soll. Wie sie jedoch konkret geschehen kann, wird nur vermutet. Kann es denn hinreichend komplexe Quantensysteme geben, in denen mehrere Ebenen *nur bzw. ausschließlich* im Quantenbereich vorhanden sind – und bei denen diese Schichten miteinander auch unmittelbar miteinander wechselwirken (etwa durch Definition neuer „Wirkungspakete“ in Abhängigkeit vom „Raum“ bzw. dieser „Ebene“?!), so dass die oberste Schicht die unteren Schichten „versklavt“: kann es so überhaupt zur Emergenz von neuen Quantenebenen und Ordnungsstrukturen kommen?

Kritik

Leider handelt es sich bei den genannten Ansätzen – wie bei der hier vorgetragenen Weiterführung der Ansätze – zunächst um Theorien. Ihre relative *Konsistenz* ist zwar auf bestimmten mathematischen Ebenen gegeben, doch könnten diese Theorien einen zusätzlichen Konsistenz-Check vertragen, ähnlich wie die Thermodynamik Schwarzer Löcher der Detektierung von Inkonsistenzen der Quantentheorie und Allgemeinen Relativitätstheorie sowie mittlerweile auch der Komplexitäts- und Systemtheorie dient. Solange eine Vielzahl von theoretischen Modellen denkbar ist, bleibt es unklar, ob überhaupt und wenn ja, welche physikalische Realität welcher Theorie entspricht.



Daher wäre eine **empirische Verifikation** erforderlich, um anhand der theoretischen Interpretation empirischer Fakten einen Theorien-Fortschritt zu erlangen. Bislang sind Quanteneffekte, d.h. Quantenzustände, die bis zu wenigen Millisekunden nicht der Dekohärenz unterliegen – und das ist quantenmechanische eine lange Zeit – zweifelsfrei nur für die *Photosynthese* von Bakterien bewiesen i.S. von „gemessen“, die in der Tiefsee leben. Und bereits hier gibt es mind. zwei verschiedene Interpretationen, welcher Quantenalgorithmus nun ausgeführt wird: entweder der „Quantum Search“ oder der „Quantum Walk“ – Algorithmus, wobei dem letzteren der Vorzug gegeben wird. Bereits die Interpretation von Seth Lloyd über das Zusammenspiel von Dekohärenz und Lokalisierungsrate, die durch die „Unordnung“ der klassischen Strukturen (Moleküle) sowie durch deren Kopplungsstärke (Grad der Viskosität) zustande kommt, ist zunächst nicht viel mehr als eine plausible Theorie. Doch nach seinen eigenen Worten ist manches, das plausibel klingt, nicht wahr.

Ebenso werden Quanteneffekte bei dem *Rotkehlchen* vermutet – und das bereits in den 1970-er Jahren, sprich: kurz nach Einführung des Begriffs der „Quantenbiologie“ im Jahr 1963 (im Kontext eines Tunneleffekts im DNS-Strang, der die durch Strahlung induzierte Mutation des Genoms auslösen soll). Demnach soll das Rotkehlchen wie manche andere Zugvögel auch eine Art „Neigungskompass“ haben, womit der Neigungswinkel des Erdmagnetfeldes sehr genau – quantengenau – gemessen werden kann. Dafür scheint es zwei miteinander quantenmechanisch verschränkte Moleküle zu geben, wovon die eine im Auge des Rotkehlchens nachgewiesen wurde. Das Paar dieser sog. „freien Radikale“ bilden eine Art „Antenne“, mit deren Hilfe das Navigieren bis auf wenige Meter genau möglich wird, und das nach mehreren Tausend Kilometern des Fluges.

Schließlich wird in der *Geruchswahrnehmung* ein Quanteneffekt vermutet: zwei chemisch identische Moleküle (Kohlenstoff 12 und 13) vibrieren unterschiedlich schnell im Quantenbereich, so dass diese unterschiedliche Vibration nur durch den Quanten-Tunneleffekt vom Rezeptor der Nase wahrgenommen werden kann.

Weitere Vermutungen zielen auf Quanteneffekte in der *Retina* des Auges, das hinreichend gut dunkeladaptiert bereits 2-5 einzelne Photonen (!) und damit energetisch gesprochen die kleinstmögliche Wirkung – das Plancksche Wirkungsquantum – wahrnehmen kann. Weitere Vermutungen zielen auf die Quantensteuerung der Signaltransduktion (Gustav Bernroider) u.a. Es scheint, dass im organischen Bereich Quantensysteme, die nicht zu schnell dekohärieren, einen entscheidenden Einfluss auf die Dynamik und auf die mit ihr korrelierten Struktur (Morphologie) haben.

Leider fehlt jedoch bis dato eine hinreichend genaue Erklärung des Mechanismus, der für das o.g. **Up-Scaling** verantwortlich ist: warum gehen Quanteneffekte, d.h. Effekte auf der kleinstmöglichen Raumzeit-Größe, nicht im Quantenrauschen einfach unter? Wie kommt es zu sich selbst verstärkenden, autokatalytischen Effekten – und wodurch werden diese (passiv) ausgelöst bzw. (aktiv) kontrolliert? Wie beeinflussen Quanteneffekte die Selbstorganisation von Systemen sowie die Emergenz von Ordnung auf höheren Skalen? Wie erfolgt konkret das Herauf-Zoomen über mehrere Skalen vom Submikroskopischen bis zum Makroskopischen?



Auch ist das Thema „**Kollision**“ **zweier Erklärungsprinzipien** – der Evolutions-, System- und Selektionstheorie mit der Informationstheorie – nicht vollständig aufgelöst: im Grunde ist informationstheoretisch ein Programm gefordert, das sich selbst schreibt und das eben nicht a priori vorgegeben ist; ein Programm i.S. einer Anweisung, wann welches Ereignis ausgelöst oder ausgelöscht werden soll, sollte also nicht von vornherein fertig vorliegen, sondern sich gemäß der Erfordernisse selbst schreiben, um sich dadurch auch an neue, nicht antizipierbare Inputs anpassen zu können. Vielleicht hilft hier das Modell der Emergenz neuer, komplexer Information ebenso weiter wie das Schreiben eines Programms auf der „höchstmöglich denkbaren“ Ebene – wir schlagen vierdimensionale Fraktale vor, deren Geometrie die Algebra eines klassischen Programms flankieren soll.

Der nächste Kritikpunkt bezieht sich auf die postulierte **Wechselwirkung im Quantensystem**: ohne eine solche Wechselwirkung könnte keine Informationsverarbeitung auf Quantenebene erfolgen. Doch von welcher ontologischen Qualität soll so eine Wechselwirkung im Quantensystem sein? Verschränkung impliziert zunächst keine Wechselwirkung, sondern mit Einstein eine „spukhafte Fernwirkung“. Hier gibt es keine Interaktion und damit auch keine Konkretion, was auch der Grund dafür ist, dass durch Beamen allein keine klassische Information übertragen werden kann. Hierzu bedarf es immer parallel zum Beamen eines klassischen Informationskanals, einer Art „Prüfbits“, um das Quantenbit korrekt „auszulesen“. D.h. ohne Rekurs auf eine klassische (!) Struktur oder ein klassisches Bit kann keine Quanteninformationsverarbeitung erfolgen. Der Geist hingegen sollte durchaus in der Lage sein, Quantenbits „an sich“ und ohne ein klassisches Korrelat verarbeiten zu können.

Und damit taucht das nächste Problem auf: wie kann ein Quantensystem vor dem Kollaps durch die informationstheoretische **Dekohärenz** und durch die thermodynamische Dissipation bei der „Messung“ bewahrt werden? Hier kommen im Grunde nur sog. „indirekte Quantenmessungen“ in Frage, doch müssen diese erst einmal im Organischen nachgebildet werden. Ein weiteres Argument wird unten nochmal genannt: durch die Verarbeitung hinreichend komplexer Information wird der energetische Aufwand minimiert, d.h. Energieminimierung erfolgt durch Maximierung der Komplexität. Das kann auch als Potentialtopf modelliert werden, insofern eine energetische Barriere erst einmal überwunden werden muss, damit eine vollständige „Entleerung“ bzw. Auslesen der gesamten komplexen Information möglich wird. Somit werden immer nur Teile eines komplexen Quantensystems auslesbar; dieses komplexe Quantensystem bleibt demnach weiterhin bestehen.

Auch fehlt eine finale **Theorie der Quantengravitation**, die eine Theorie des Raumes und der Zeit (und damit der relativen Raumzeit-Losigkeit des Geistes) voraussetzt. Eine solche Theorie würde den o.g. Übergang zwischen Quanten- und klassischer Wirklichkeit ebenso beschreiben können wie die ontologische Lokalisierung des Geistes in einem Dekohärenz-freien Subraum. Vielleicht wird eine solche Super-Theorie der Quantengravitation von einem fraktalen Hintergrund-Hyperraum ausgehen, durch das Wirkungen fraktal strukturiert werden. Somit würde eine Art



„fraktales Raster“ des Raumes dafür sorgen, welche Skalen welche Wechselwirkungen zulassen – das wäre dann die Erklärung für die erlaubten vier bzw. fünf fundamentalen Wechselwirkungen.

Die *Diffusion* der Wirkung, die durch das Raster fraktal strukturiert wird, wäre ferner nichtlinear, so dass autokatalytische Effekte dazu führen könnten, dass neue Skalen des Raumes – definiert als neue Modi der Wechselwirkung – emergieren könnten. Somit wären die physikalischen Wechselwirkungen die Folge eines fraktalen Wachstums, exakter: eines „fraktalisierten“ Wachstums. Immer neue Symmetrien wären fraktal gebrochen, was wiederum eine Art „vertikale“ Symmetrie, die alle Skalen um- und unterfasst, bedingen würde. Die einzelnen Skalen wären somit eine analoge Projektion einer fraktalen Substruktur; ebenso wären die Muster der Wechselwirkung auf jeder Skala analoge Abbildungen eines „Meta-Musters“, vielleicht sogar des o.g. vierdimensionalen Fraktals.

Künstliche Intelligenz

Im Folgenden wird als Definition von „Intelligenz“ eine dynamische Ordnungskraft angenommen. Intelligenz schafft somit Ordnung in einem System von Wechselwirkungen. Intelligenz meint somit „Steuerung“ und Koordination eines Systems, das einer minimalen Komplexität genügen muss.

Ansätze der Künstlichen Intelligenz

Die Künstliche Intelligenz ist nun ein Programm, das Ereignisse determinierend auslöst bzw. ordnet; alternativ wird auf die Emergenz einer geordneten Wechselwirkung gehofft, indem man „freie“ i.S. von „autonomen“ Wechselwirkungspartnern miteinander dynamisch interagieren lässt. Schließlich kann auch ein neuronales oder neuromorphes Netz „intelligent“ sein, wenn – und das ist das Entscheidende – der Ingenieur dieses Netz trainiert und somit die Rolle des Bewertungssystems übernimmt, das in natürlich realisierten intelligenten Systemen „von selbst“, d.h. autonom und mehr oder weniger kreativ, geschieht.

Bislang ist es leider nicht gelungen, eine „Intelligenz“ zu kreieren, die primär autonom funktioniert und sich selbst stabilisiert. Auf den externen Programmierer, Trainer, Ingenieur u.a. kann nicht verzichtet werden, da dieser externe „Ordner“ eine schlechthin konstitutive Rolle für die „Intelligenz“ übernimmt!

Eine begründete Vermutung, warum die Erschaffung einer „realen“ Intelligenz i.S. eines adaptiven Systems, das genauso wenig abstürzt wie etwa die Steuerung eines beliebigen Lebewesens, auf dem Weg der klassischen Physik grundsätzlich nicht funktionieren kann, liegt darin, dass eine **Systemtheorie**, die auch die Quantentheorie mit integriert, nicht beachtet wird.

Zwei philosophische Voraussetzungen für die sog. Künstliche Intelligenz sind daher zu treffen:

- das Gehirn wird als **Computer** bzw. als komplexe Maschine verstanden – und nicht als adaptiver Organismus, der wachsen und sich entwickeln kann, dessen Entwicklungspfad mannigfaltig unbestimmte Entscheidungs- bzw. Bifurkationspunkte durchläuft etc.
- Dieser Computer muss durch eine algorithmische **Software** gesteuert, die der Programmierer entwirft; die Ereignisse müssen durch den Programmierer kontrolliert bzw. koordiniert werden. Somit wird der „Geist“ als *Software* interpretiert, der algorithmisch rechnen muss (!). Rechnen resultiert aus einer Handlungsanweisung zum geordneten An- und Ausschalten von Bits – ähnlich einer Melodie, deren Töne zu verschiedenen Zeiten aktiviert werden und erst im Ganzen einen Sinn ergeben bzw. ein akustisches Muster wiedergeben. Der Geist wäre also eine Art „Melodie“, die bei der Inbetriebnahme des Computers erzeugt wird.

Es gibt verschiedene Ansätze der Künstlichen Intelligenz, etwa der sog. *Embodiment*-Ansatz, bei dem „von unten nach oben“ (bottom-up) aus der Wechselwirkung vieler einfacher Akteure ein neues Interaktionsmuster emergieren soll.

Ferner wird bei der *Emulation* ein Netz real und physisch nachgebaut und funktioniert ohne eine Software – im Unterschied zur reinen Simulation durch eine algorithmischen Software, bei der das Netz nur virtuell existiert. Bereits bei der klassischen Emulation erkennt man einen deutlichen Geschwindigkeitsgewinn gegenüber einer Simulation sowie eine ebenso deutliche Energieminimierung: Emulationen können 30.000-mal so schnell „rechnen“ wie ein organisches neuronales Netz; Simulationen hingegen brauchen 100.000-mal so lange wie die simulierte Echtzeit und verbrauchen 1 Mio-mal und mehr Energie dabei.

Die artifizielle Erschaffung selbstbezüglicher Systeme und kybernetischer Regelkreise durch Emulation und/oder Simulation impliziert verschiedene **Netzwerktypen** (Elman-, Hopfield-, Kohonen- und Petri-Netze), die sich durch eine unterschiedliche Kombination sequentieller und paralleler Informationsverarbeitung auszeichnen.

Die Gemeinsamkeit genannter Ansätze liegt in der ausschließlichen Applikation der **klassischen Physik** als Basis: Quanteneffekte werden ebenso ausgeblendet wie die mit ihnen gegebenen „neuen“ Möglichkeiten der Ordnung und Koordination von Wechselwirkungen.

Eine Ausnahme bilden neuromorphe Netzwerke und Quantencomputer, die explizit ein Quantensystem zum „schnellen Rechnen“ verwenden, wobei ein Quantencomputer auch nicht „mehr“ vermag als sein klassisches Pendant – doch kann er dasselbe erheblich schneller: gemeint ist *Parallelverarbeitung* und die Abarbeitung bestimmter mathematischer *Algorithmen-Klassen*. Ein Quantencomputer braucht daher auch einen speziellen Quanten-Algorithmus, um die Vorteile der instantanen Gegebenheit vieler Möglichkeiten (jedoch keiner neuen Möglichkeiten!) ausnutzen zu können.



Grenzen der gegenwärtigen KI-Forschung

Damit ist der erste entscheidende Nachteil genannt: es wird nach wie ein deterministischer Quanten-Algorithmus verwendet, der nur die instantanen und nichtlokal vorhandenen Möglichkeiten eines Quantensystems ausnutzt. Die Erschaffung **neuer Möglichkeiten**, die „vorher“ (vor einer Verschränkung zweier Quantenbits) nicht vorhanden waren, wird nicht „ausgenutzt“. Ebenso wenig kann sich ein solches Quantensystem selbst steuern oder regeln, noch kann es komplexe Information verarbeiten und sich dadurch selbst stabilisieren bzw. seine Energie soweit minimieren, wie das organische Quantensysteme vermögen.

Damit wird der zweite entscheidende Nachteil manifest: bei Quantencomputern und neuromorphen Netzwerken steuert das klassische System das Quantensystem. Um jedoch die Möglichkeiten komplexer Quantensysteme auszunutzen, **sollte das Quantensystem das klassische System steuern**: so könnten adaptive Leistungen möglich werden, die nicht antizipierbar noch prognostizierbar sind. Solche Leistungen wären also kreativ, insofern sie die neuen Möglichkeiten eines Quantensystems zur Adaptation verwenden.

Auch das **HBP** (Human Brain Project) bzw. **BPP** (Blue Brain Project) können durch eine noch so detaillierte Beschreibung der Strukturen von der Ebene der Moleküle an die Dynamik neuronaler Prozesse nicht erfassen. Diese Dynamik scheint durch weitere Systeme (makroskopische Quantensysteme?!) „gesteuert“ zu sein. Somit werden auch die Selbst-Organisation und Selbst-Ordnung nicht erfasst, ebenso wenig die Emergenz neuer System-Ebenen (mit neuen Wechselwirkungen auf neuen „Skalen“) sowie die Erschaffung grundsätzlich „neuer“ Möglichkeiten der systemischen Interaktion. Werden Quanteneffekte ausgeblendet, kehren die o.g. Probleme wieder; das Schichtenmodell der Wirklichkeit bleibt unvollständig

Auch sind die **Neuronen**, die emuliert oder simuliert werden, in der Künstlichen Intelligenz nicht mehr als ein „Schalter“ eines Computers. In der Biologie hingegen sind Neuronen komplexe Zell-Systeme, die adaptiv und kreativ agieren können. So können Neuronen in der Lage sein, gespeicherte Energie „just in time“ wieder frei zu setzen: ihre Aktivität wird scheinbar durch ein makroskopisches komplexes Quantensystem gesteuert. Die damit implizierte *Puffer*-Funktion eines Neurons, wahrscheinlich in direktem Zusammenhang mit biochemischen Regel- und Steuerkreisen (etwa durch Glia-Zellen) ist in der Lage, geordnete und koordinierte Wechselwirkungen bzw. Synchronizität der Entladungstätigkeit zu initiieren.

Erst dadurch werden komplexe (fraktale) **Aktivitätsmuster** im organischen Gehirn generiert. Durch sukzessive Iteration jeweils synchronisierter Entladungstätigkeit nun erfolgt die Informationsverarbeitung – hier wird nicht gerechnet wie bei der klassischen Künstlichen Intelligenz, sondern durch Mechanismen neuronaler Gruppenselektion (Gerald Edelman) abstrakte komplexe Information verarbeitet, bis am „Ende“ der Verarbeitungskette eine abstrakte Kodierung einer einlaufenden Information gegeben ist.



Der Geist als komplexes Quantensystem?

Diese Aktivitätsmuster könnten „analoge Projektionen“ der erfassten Realität sein. Ihre Emergenz könnte die unmittelbare Folge einer makroskopischen Quantensteuerung sein. Sie wiederum sollte bestimmte Eigenschaften aufweisen:

- das komplexe Quantensystem sollte in der Lage sein, einlaufende „*fraktal kodierte*“ Information seines klassischen neuronalen Korrelats „auslesen“, diese neu zu ordnen bzw. diese Information nicht-algorithmisch zu verarbeiten und die folgende klassische Aktivität neuronaler Gruppen koordiniert zu induzieren.
- Das setzt ferner voraus, dass das steuernde, komplexe Quantensystem „als Ganzes“ nicht kollabiert (*keine* Dekohärenz), sondern nur Teile – Subsysteme – wieder klassisch werden bzw. in klassische Aktivitätsmuster übersetzt werden.
- Schließlich sollte das komplexe Quantensystem in der Lage sein, den *Transduktionsprozess* sowohl innerhalb des klassischen Systems zu „steuern“ als auch direkt den Akt der „Messung“ (also der Übermittlung quantischer Information an das klassische Substrat) zu dirigieren: der Akt der Messung wäre somit nicht mehr „zufällig“ (ähnlich der entsprechen These von Roger Penrose), sondern gesteuert.

Nichtlineare Quantensoftware

Reale Intelligenz als eine zentrale Eigenschaft des Geistes könnte eine „virtuell existierende“, relativ (weil bezogen auf das klassische Substrat) eigenständige **Quantensoftware** bezeichnet werden, die sich selbst stabilisiert, indem sie komplexe Information verarbeitet. Diese Quantensoftware ist ein (vertikal) mehrschichtiges Quantensystem, das verschiedene Ordnungen bzw. Ebenen der (rein quantischen) Wechselwirkung realisiert.

Diese Quantensoftware operiert nichtlinear und ordnet sich immer wieder selbst. Diese Ordnung geschieht von einer immer höheren Systemhierarchie aus, die durch eine immer größere Komplexität (bis zur Selbstreflexion) ausgezeichnet ist. Diese Ordnung ist nicht das Resultat eines „binären Rechnens“, auch ist sie nicht identisch mit einem deterministischen Algorithmus, sondern geschieht „instantan“: Emergenz in komplexen Quantensystemen sollte sich instantan einstellen – etwa in einem Subraum, der frei von Dekohärenz ist („decoherence free subspace“). Sie sollte der Grund der Möglichkeit der Emergenz klassischer Aktivitätsmuster sein – auch sie tauchen quasi aus dem Nichts instantan auf – als ob ein Quantensystem-Stempel seinen analogen „Abdruck“ im klassischen System hinterlassen würde.



Selektion zwischen fraktal kodierten Möglichkeiten

Somit könnte auch die re-konstruierende Eigenschaft des Gehirns verständlich gemacht werden: jedes Gehirn entwirft sein eigenes **(Re-)Konstrukt**, das analog der einlaufenden Information entspricht. D.h. die Konstruktion des Gehirns ist nicht beliebig, sondern vollzieht sich im Rahmen vorgegebener Möglichkeiten. Wie sind nun diese Möglichkeiten vorgegeben? Sie wären nicht „an sich“ im klassischen Bereich vorgegeben, sondern primär im Quantensystem: dieses hält auch neue, aus der klassischen Realität nicht unmittelbar ableitbare Möglichkeiten vor. Was „in den Dingen“, sprich: in einem System an Möglichkeiten eingefaltet bzw. verborgen liegt, wird erst durch Rekurs auf die Quantentheorie entschlüsselbar.

Dabei sollten zwischen unmittelbar zugänglichen und mittelbar erreichbaren **Möglichkeiten** differenziert werden: der Evolutionspfad eines Systems durchschreitet verschiedene Etappen. Das System befindet sich stets nur „irgendwo“ an einer bestimmte Stelle des sich immer weiter verzweigenden Evolutionspfades wie ein Käfer, der den Baum von unten nach oben entlang marschiert.

Die Möglichkeiten sollten aufgrund der „Neuheit“ bestimmter Möglichkeiten, die die Etablierung einer jeweils neuen Systemhierarchie anzeigen, fraktal kodiert sein: ein immer komplexer werdendes Fraktal wird immer weiter erschlossen, indem das klassische System immer neue Systemhierarchie-Ebenen emergieren lässt. So arbeitet bereits das Gehirn von Primaten nach dem Prinzip des „fraktalen Hervorgehen-Lassens“ immer komplexerer Möglichkeiten, die die einlaufende Information schließlich dekodieren. Das geschieht durch die o.g. (Re-)Konstruktion der Möglichkeiten des perzipierten Systems (bezogen auf die visuelle Wahrnehmung) bzw. des Verhaltens (bezogen auf das senso-motorische System). Diese Beschreibung erlaubt demnach eine gewisse Vereinheitlichung zwischen der Beschreibung der Tätigkeit des Gehirns mit dem Vokabular der **Informationstheorie** (Kodierung) und der Selektionstheorie (Adaptation) auf Basis einer **Quantensystem-Theorie** (Re-Konstruktion).

Das Prinzip der **Kodierung** und Erzeugung-Vernichtung komplexer Information durch fraktales Wachstum betrifft auch die Ontogenese des Gehirns: das komplexe Quantensystem um- und unterfasst das Gehirn immer mehr, so dass neuen Systemhierarchien des komplexen Quantensystems immer komplexere Kodierungen auf der Ebene des klassischen Systems des Gehirns emergieren lassen. Anders formuliert: die neuronalen Aktivitätsmuster repräsentieren immer komplexere Quantensysteme, so dass dem Gehirn eine Symbol-Funktion zugeschrieben werden darf. Das immer komplexer werdende Quantensystem nun kann dann auch nicht mehr hinreichend durch die bisherige lineare Quantentheorie beschrieben werden, sondern verlangt nach einer **nichtlinearen** Quanten-Systemtheorie. Diese könnte auch den Weg weisen, wie Quantengravitation konsistent formuliert werden kann: durch den Einbau kausaler Strukturen und durch die Begrenzung der Möglichkeiten durch nicht-lokale und nichtlineare Operatoren. Somit erfolgt eine Selektion zwischen fraktal kodierten Möglichkeiten, ein System von Wechselwirkungen zu realisieren.



Die Resonanz des komplexen Quantensystems speichert und verarbeitet Energie und fraktale Information

Durch **Resonanz** werden Energie und Information gespeichert, wobei Norbert Wiener diesen Gedanken in seiner Theorie der Kybernetik auch auf die die Etablierung von Zyklen, Regelkreisen und Feedback-Schleifen bezieht. Man könnte hier statt „und“ auch „durch“ sagen: Energie wird *durch* Information und Information wird *durch* Energie gespeichert. D.h. eine Resonanz vermag sich selbst zu stabilisieren bzw. ist weniger anfällig gegenüber einer Störgrößenaufschaltung. Anders fomuliert: Synergien auf immer höheren Skalen führen zu erhöhter Stabilität des Systems gegenüber externen Störgrößen.

Oszillationen können als verschiedene Wellen, die zueinander passen – bes. harmonische Oszillatoren, die jedoch im Unterschied zur Quantentheorie eine „komplexe“ Harmonie repräsentieren – , aufgefasst werden: sie widersetzen sich ihrer eigenen Trennung, d.h. sie halten das System „von innen her“ zusammen. Je mehr Wellen sich überlagern, desto stabiler und komplexer ist eine Oszillation bzw. eine Resonanz und desto komplexer ist das System.

Die Ausbreitung einer Welle kann nun auch durch das Teilchenbild („Solitonen“) modelliert werden: es erfolgt damit eine Quantisierung bzw. moderner: **Digitalisierung** des Systems, in kleinste Wirkungseinheiten zerlegt wird. Die Interaktion dieser Wirkungseinheiten ist Gegenstand der digitalisierten Beschreibung, die algebraisch oder auch geometrisch erfolgen kann. Je nach Anzahl und Modi der überlagerten (superponierten) Wellen kann die Ausbreitung eines „Teilchens“ beschrieben werden: in Anlehnung an die „Synergetik“ (Hermann Haken) könnte das Teilchen durch die komplexe Interaktion der Wellen „versklavt“ bzw. die Wirkung „informiert“ werden.

So macht es einen Unterschied, ob auf der Planck-Skala ein Wirkungsquantum Element eines *komplexen* Systems ist oder nicht. Wenn nicht, dann deckt sich seine Beschreibung mit der konventionellen Quantenmechanik, insbes. unterliegt ein solches „Teilchen“ bzw. ein primordiales Quantensystem neben der Dekohärenz auch der thermodynamischen Dissipation. Wenn das Wirkungsquantum jedoch Bestandteil eines komplexen Quantensystems ist, so sollte eine nichtlineare Beschreibung verwendet werden – statt einer linearen bzw. unitären Entwicklung der Wellenfunktion.

Zunahme der Komplexität durch Emergenz

Das **Wirkungsquantum** selbst setzt sich aus Energie und Zeit bzw. Ort und Impuls bzw. Drehimpuls und Winkel zusammen. Es kann sein, dass die beiden konstitutiven und miteinander konjugierten Größen, die die Wirkung definieren, nicht mehr durch einfache komplexe Zahlen beschrieben werden können. Vielmehr könnten sie „fraktalisiert“ , d.h. nichtlinear „gebrochen“ sein. Je nach Fraktalisierung bzw. Brechung der Zustandsgrößen der Wirkung würde dann eine andere Information im Wirkungsquantum „wirksam“ sein. Je komplexer ein Quantensystem, desto mehr an „Information über Informationen über Informationen über ...“ wird realisiert.



Die Wirkung kann das als Träger der **Information** beschrieben werden. Doch gibt es überhaupt eine fraktal gebrochene Resonanz bzw. eine „komplexe“ Oszillation? Wie kann das energetische Modell mit dem informationstheoretischen Bild vereinbart werden? Auch wird ein quantitatives Maß der Komplexität mit einem qualitativen Maß zu vereinheitlichen sein i.S. der gegenseitigen eindeutigen Implikation: „wächst“ somit Komplexität quantitativ an, so steigt sie damit auch qualitativ.

Entsprechendes würde auf höheren Skalen gelten: verschiedene Ordnungen kommen zustande durch verschieden dimensionierte bzw. skalierte Wirkungen. Die Elementarakte bezogen auf die Akte der Elemente eines Systems bzw. die Wechselwirkungen würden ein anderes Maß von „Integration“ i.S. der gegenseitigen Abhängigkeit der Systemelemente bzw. der „Ordnung“ der Wechselwirkungen implizieren.

Durch die **Zunahme der Komplexität** würde erneut die Energie des Systems *abnehmen*. Energie wird im Umkehrschluss durch Information – in welcher *analogen* Weise auch immer – gespeichert bzw. „vorgehalten“. Die Energieminimierung wird durch die Raum- und Zeitminimierung der Quantentheorie sowie durch die Neu-Ordnung der Wechselwirkungen und der in ihnen „gespeicherten“ Wirkungen der unteren System-Skalen vermittelt.

Zwei Modi der Emergenz neuer und höherer Systemhierarchien können unterschieden werden:

- a) **Die Emergenz von Strukturen:** gemeint ist die ausfällende (präzipitative) Reaktion. Sie ist die Folge einer sich selbst stabilisierenden Dynamik, d.h. eines komplexen „Programms“. Durch die Minimierung der Energie im Raum bzw. durch fortwährende Zunahme der Entropie (Dissipation) in offenen Systemen erfolgt eine Abkühlung von Systemelementen, die nach einem bestimmten Muster klassische Strukturen sich passiv heraus kristallisieren lassen. Somit ist die heraus kristallisierte klassische Struktur ein analoges Abbild bzw. eine Projektion der Dynamik, die mit ihr korreliert war und immer noch ist. Nach der ausfällenden Reaktion und der sich durch sie einstellenden Kreierung einer neuen Entität kommt es zur Wechselwirkung mit der korrelierten Dynamik.

Konkret speichert die klassische Struktur komplexe Information analog; und diese klassisch vorliegende Information kann als Quanteninformation „präpariert“ werden, so dass die in der klassischen Information vorliegenden Möglichkeiten, die Dynamik zu beeinflussen, manifest und realisiert werden. Durch diese Präparation eines Quantenbits sollte nun auch die ursprüngliche klassische Information verändert werden, wie umgekehrt durch die „Messung“ des Quantenbits die klassische Information modifiziert wird. Schließlich führt das zur Emergenz immer neuer klassischer und quantischer Muster bzw. Strukturen.

Vorausgesetzt beim Wechselspiel zwischen Struktur und Dynamik ist ein vorselektierter Pool von Realisierungsmöglichkeiten, zwischen denen wiederum das System selektiert. Diese Möglichkeiten könnten in Form von Fraktalen vorgegeben sein. Das Wechselspiel kann wiederum als fraktales Wachstum auf dem Weg zu immer komplexeren Fraktalen (die eine immer komplexere Information kodieren) beschrieben werden. Das plausibilisiert üb-



rigens auch die Rolle der Geschichte sowie den Stellenwert des historischen Evolutionspfades eines Systems.

- b) **Die Emergenz von Dynamiken:** sie kommt zustande, wenn kontrolliert eine Dynamik (passiv) ausgelöst bzw. induziert wird. Die Dynamik emergiert nicht nur auf der klassischen Ebene, sondern auch auf der Quantenebene. Klassisch meint die Emergenz der Dynamik etwa das „Mehr“ der Wasserwelle gegenüber den einzelnen Wassermolekülen: die Wasserwelle als emergentes Phänomen wird nicht hinreichend erfasst, wenn das Einzelverhalten der Wassermoleküle beschrieben wird. Mit der Wasserwelle hat sich eine neue Ordnung, eine neue Systemhierarchie auf einer neuen Skala etabliert. Doch bezeichnet hier „Dynamik“ nicht mehr die faktische bzw. zum Faktum werdende Bildung von Aktivitätsmustern, Zyklen und Oszillationen, sondern die Etablierung und Erzeugung bestimmter Möglichkeiten sowie die erfolgte Selektion zwischen Möglichkeitsräumen. Die Dynamik der Möglichkeit dirigiert die faktische Dynamik, die dementsprechend gelenkt, koordiniert und geordnet durch die (fraktal kodierten?!) Möglichkeiten erscheint.

Die Zunahme der Komplexität kann abstrakt auch als Zunahme einer **Einheit** beschrieben werden, die immer mehr Möglichkeiten der **Differenzierung** in sich enthält, d.h. als eine Einheit des Systems in-über der formalen Identität und formalen Differenz seiner Systemelemente. Jedes Systemelement wiederum bildet eine Einheit in-über der Differenz und Identität seiner Subsysteme usw. Die mögliche unendliche Differenzierung jedoch ist begrenzt, so dass kleinste Einheiten die Basis aller Emergenz bilden.

Abstrakt gedacht gilt: eine „reine“ **Identität** (=Symmetrie) kann keine **Differenz** (=Symmetriebrechung) aus sich erzeugen, ohne dass eine Differenz bereits in ihr vorenthalten wäre. Eine „reine“ Differenz (=Pole) kann nicht aneinander „vermittelt“ werden, ohne dass eine zugrunde liegende **Einheit** vorausgesetzt wird. Erst das Zusammenspiel von Differenzen auf Basis einer formalen Identität erzeugt Strukturen, Muster sowie Dynamiken – und neue Skalen bzw. Ordnungen, da die der Differenz und Identität zugrunde liegende Einheit komplexe Information in Form „geordneter Differenzierungen“ und „geordneter Identifizierungen“ enthält. Dem korrespondiert die dynamische Version dieses eher statischen Prinzips der (analogen) *Einheit (in-über) der Identität und Differenz:* die dynamische Einigung durch Differenzierung und Identifizierung, woraus entsprechende Schlussfolgerungen abgeleitet werden können.

Bei solchen sehr abstrakten Formalisierungen ergibt sich eine beinahe schon triviale Aussage über die Möglichkeiten, jedoch nicht über die konkrete und faktische Wirklichkeit: diese bleibt aus reinen Möglichkeitsspekulationen nicht ableitbar, sondern nur analog erschließbar.

Was jedoch positiv möglich erscheint, ist eine nähere Bestimmung möglichst komplexer „Einheiten“ – etwa durch **höher-dimensionale Fraktale**. Die formalen „Urkörper“ sind demnach nicht platonischer Provenienz (vollkommener Kreis, Quadrat etc.), sondern höherdimensionale Fraktale: sie geben vor, was möglich ist, ohne zu determinieren, was wirklich und faktisch ist. Auch können



sie nicht die Wirklichkeit durch sich selbst allein „ins Sein rufen“, da die Wirklichkeit eher als direkte Folge der Selektion zwischen den Möglichkeiten erscheint: die Selektion wiederum ist Ausdruck der Selbstbestimmung eines Systems bzw. des Wirkens einer komplexen Information.

Eigenschaften des Geistes

Wird das Gesagte als Rahmen vorausgesetzt, so ergeben sich folgende Eigenschaften des Geistes, die durch eine Theorie komplexer Quantensysteme erfasst werden können:

- a) **Intelligenz:** die nicht chaotische Steuerung der Einzelelemente des Systems, so dass energetisch ein dynamisches Fließgleichgewicht und informationstheoretisch eine sinnvolle Information realisiert werden können
- b) **Evaluation:** die Bewertung von Ereignissen, insofern sie einen adaptiven Wert haben, so dass dem mannigfachen Selektionsdruck entsprochen werden kann (Anpassung)
- c) **Konstruktion:** der Geist ist zu kreativen Re-Konstruktionen komplexer Information durch das Wechselspiel komplexer klassischer und quantischer Strukturen fähig (korrelative, assoziative und konstruktive Eigenschaften des „geistbegabten“ Gehirns in Anlehnung an Gerald Edelman)
- d) **Selbstbestimmung:** die relative Autonomie eines komplexen, selbstbezüglichen und makroskopischen Quantensystems kraft seiner heteronomen Konstitution
- e) **Bewusstsein:** die Fähigkeit der immer vollständigeren und quantisch-unmittelbaren (nicht durch klassische Strukturen vermittelten) Reflexion und der Transzendenz von Raum, Zeit und der eigenen Existenz

Als weitere Eigenschaften des Geistes, die damit verbunden sind, jedoch nicht explizit dargestellt werden können, seien genannt: der Geist ist intentional, selektiv, einheitlich und verschieden zugleich, ein stabilisierender Prozess, und er ist individuell (Stichwort: sog. „Qualia“ als Ausdruck der Einmaligkeit und „Je-Meinigkeit“ von Ereignissen und unaustauschbaren Anpassungsformen).

Ein Modell des Geistes als komplexes Quantensystem könnte demnach folgende Modellelemente enthalten:

- i) Der Geist verwirklicht sich auf verschiedenen **Skalen** und unterschiedlichen Schichten – sowohl klassisch als auch quantisch = der Geist wäre EIN Hybrid-System in verschiedenen Bereichen des Raumes und der Zeit
- ii) Das Gehirn ist hochgradig **adaptiv**. Seine Struktur ist das Ergebnis permanenter Anpassungsprozesse. Diese können durch fraktales Wachstum modelliert werden; ihre Umsetzung wird basalen (komplexen?!) Regeln folgen, die zur sukzessiven Emergenz der Struktur



führen. Vielleicht ist der Entwicklungspfad ein höherdimensionales Fraktal, das somit die Summe der Möglichkeiten vorgibt; bezogen auf die dreidimensionale Realisierung bzw. die dreidimensionale Struktur würde das *Produkt* aller Möglichkeiten vorliegen.

- iii) Der Geist sowie seine Vorstufe – die sog. „Seele“ als **holistisches Informationsprinzip** – ordnet adaptive Prozesse. Der Geist ist notwendig, um die Geschwindigkeit und Komplexität der Anpassung energetisch optimiert zu realisieren. Je mehr von der eingehenden Informationen reflektiert und ausgewertet wird, desto optimaler die Anpassung bzw. die kreative Potenz des Systems Geist-Gehirn. Das „Mehr“ an Information kann in komplexer Information „über die Information“ zusammen gefasst werden. Um diese Komplexität zu erfassen, bedarf es ihrer Reflexion und Rekonstruktion.
- iv) Anpassung beruht auf den Prinzipien der *Mutation und Selektion* zwischen möglichen Realisierungen bzw. Ereignissen. Der Geist ist in der Lage, Ereignisse zu antizipieren, so dass er zwischen den Möglichkeiten **selektieren** kann – im Unterschied dazu würde ein klassisches System lediglich passiv auf einen Input „reagieren“ („actio-reactio“-Schema).
- v) Je komplexer die Anpassung, desto mehr wird die „push-pull“-Deterministik durchbrochen: die strukturelle Polarität bzw. energetische Potenzialdifferenz führt dazu, dass solche Differenzen auf unterschiedlichen Skalen „ausgeglichen“ werden (**Fließgleichgewicht**). Der Modus dieses Ausgleichs kann von einer simplen Reaktion bis zur überlegten Reaktion reichen. Technisch umgesetzt wird das durch „Quantenpuffer“, d.h. Quantenzustände „warten“ auf ihre „Messung“, sprich: auf ihre klassische Aktivierung. Erfolgt die Aktivierung kollektiv bzw. orchestriert (Synergie), so können komplexe Aktivitätsmuster generiert werden. Sie werden u.U. aus einem höherdimensionalen Möglichkeitspool (höherdimensionale Fraktale) selektiert. Sie repräsentieren bzw. kodieren rekonstruierte komplexe Information.
- vi) **Komplexe Information** könnte durch höher-dimensionale Fraktale modelliert werden
- vii) Wie kann komplexe Information erzeugt, vernichtet, sprich: **verarbeitet** werden? Die Wechselwirkungen verfolgen ja einen bestimmten Zweck: sie dienen der Informationsverarbeitung als Substrat eines komplexes Systems von Wechselwirkungen. Wie erfolgt nun diese Informationsverarbeitung? Sie kann nicht durch ein Programm von Regeln, die nach einem festen (!) Schema aktiviert oder inaktiviert werden, determiniert sein; das kollidiert mit der „freien“ Anpassungsfähigkeit eines komplexen Systems. Ebenso wenig kann sie völlig „frei“ erfolgen, weil das zum sinnlosen Chaos und Katastrophe (Absturz eines Systems) führt. Vielmehr wäre eine **nicht-algorithmische** Informationserzeugung und –vernichtung / Transformation erforderlich, d.h. eine Trans-(algorithmische Com-)putation statt Computation, die den fraktalen Möglichkeitsraum definiert. Die Selektion sollte auch hier nicht nach dem „Zufallsprinzip“ erfolgen, sondern gemäß einer gewichteten Wahrscheinlichkeit, basierend auf der perzipierten Wirkung externer Systeme (Selektionsdruck „von außen“) sowie auf dem Selektionsraster („interne“ Selektion)

- viii) Die Frage nach dem **ontologischen Ort des Geistes**: er ist mehr als nur eine gewöhnliche Software. U.U. könnte er sogar als ein Modus der Quantenmaterie gelten, was die relative Eigenständigkeit bzw. Autonomie des Geistes erklären würde. Der Geist „ist“, indem er sich durch Selektion selbst bestimmt und verwirklicht, eine Selektion, die sich aus der Dynamik eines Netzwerks ergibt, das auf unterschiedlichen Skalen eine Parallelverarbeitung realisiert.
- ix) Das komplexe System von Wechselwirkungen im Gehirn ist die **analoge Abbildung** eines komplexen Systems von Wechselwirkungen im Quantenbereich (im sog. „decoherence free sub-space“). Zwischen beiden Bereichen nun herrscht eine „vertikale“ Wechselwirkung, wie sie oben kurz angedeutet wurde
- x) Diese analoge Abbildung erfolgt auf verschiedenen Skalen „instantan“ und „jenseits“ der klassischen Raum-Zeit, als ob sich das **makroskopische Quantensystem** „auf einmal“ wie ein Stempel im Wachs sich abdrückt. Die Wirkung des makroskopischen Quantensystems impliziert nun das passive und koordiniert erfolgende „Auslösen“ von klassischen Ereignissen durch Information („Messung“). Die koordinierte Auslösung von Ereignissen wiederum kann sich „up-scalen“ bzw. „herauf-zoomen“, weil sie komplexe Information enthält, die zu sich selbst verstärkenden (autokatalytischen) Prozessen führt – entsprechend einem „vertikalen“ fraktalen Wachstum, das eine kontrollierte Emergenz ermöglicht.
- xi) Die analoge und vertikale Projektion eines komplexen Quantensystems kann u.U. auch holografisch als „**fraktale Kodierung**“ beschrieben werden. So könnten sowohl die komplexe Dynamik (=die neuronalen und biochemischen Aktivitätsmuster u.a.) als auch die komplexe Struktur (=das neuronale Geflecht) beschrieben werden.
- xii) Schließlich kommt es zu einer nicht-zufälligen **Selektion** und „Selbst-Bestimmung“ gemäß gewichteter Wahrscheinlichkeiten, dessen Rahmen eine höher-dimensionale Entität vorgibt.

Daraus ergeben sich Erweiterungen o.g. Theorien des Geistes, die im Einzelnen mathematisiert und empirisch verifiziert werden müssten:

- **Upscaling/Herauf-Zoomen** von Quanteneffekten in makroskopische Skalen wäre an Bifurkationspunkten eines komplexen Systems möglich: damit definieren die Bifurkationspunkte auch das Steuerungsraaster eines Systems. Sie könnten kontrollierte Emergenz durch fraktales Wachstum passiv auslösen. Auf der Ebene der Quantensysteme, wo der Wellencharakter der Wirkung dominiert (Stichwort: nichtlokaler Realismus), könnten solche Bifurkationspunkte „quantum dots“ sein (Seth Lloyd), d.h. klassische „komplex geordnete“ Strukturen.



- Ein Quantensystem wird durch das Zusammenspiel von Dekohärenz und Delokalisierung (durch klassische Strukturen) oder Dissipation **stabilisiert**, so dass „Symmetrie“ und „Störgrößen“, d.h. komplexe klassische Strukturen, miteinander wechselwirken (Seth Lloyd): das bedingt eine komplexe Informationsverarbeitung, die die Energie minimiert: Je komplexer ein Quantensystem (durch die Interaktion mit komplexen klassischen Strukturen!) ist, desto stabiler wird es.
- Der **Wahrscheinlichkeitsbegriff** der Thermodynamik trifft bei einer durch nichtlineare Interaktionen verwirklichten Komplexität nicht zu: die Wahrscheinlichkeit kann als Kehrwert der Möglichkeiten verstanden werden, die ein fraktales „Raster“ vorgibt. Das fraktale Raster wäre auf verschiedenen Skalen des Raumes formal verwirklicht und führt zur Vorselektion von Ereignissen und der Vorbestimmung „erlaubter“ und „möglicher“ Modi der Wechselwirkung. Das impliziert auch die Notwendigkeit, eine erweiterte Definition von „Information“ als „komplexer und fraktaler Code möglicher Ereignisse“
- **Konvergente Evolution:** verschiedene nicht antizipierbare Entwicklungspfade eines evolvierenden Systems führen zu einem ähnlichen Resultat. Das kann auch als Folge der Einheit von Evolutions- und Informationstheorie verstanden werden, insofern verschiedene Evolutionspfade zur Verwirklichung derselben komplexen Information führen
- Betreffend der **vertikalen** Wechselwirkung kann gefragt werden: wird *dieselbe* komplexe Information auf *verschiedene* Weise analog realisiert? Dann müsste diese komplexe Information höher-dimensional sein, um Platz für das Werden, den Prozess der evolutiven Adaptation und Flexibilität zu schaffen. Ein vierdimensionales Fraktal erlaubt mannigfache orthogonale Projektionen in drei Dimensionen, so dass es verschiedene dreidimensionale Fraktale gibt, die ihm entsprechen.

Weitere mögliche Erweiterungen bzw. Lösungen verbleibender Probleme der o.g. Theorien des Geistes ergeben sich auch aus dem Gesagten und sind Gegenstand weiterführender Diskussionen und Verfeinerungen des Modells.



Technologische Anwendung: Künstliche Intelligenz und die Erzeugung einer Geistseele?

Die Frage, ob eine intelligente Geistseele – Intelligenz im o.g. Sinn als „geordnete Steuerung“ definiert – oder zumindest eine rudimentäre Seele – Seele als „holistisch ordnendes Informationsraster“ definiert – künstlich erzeugt werden kann, kann präzisiert werden, ob es möglich ist, folgende Schritte umzusetzen, was ein Forschungsprogramm festlegen würde:

- a) **Erzeugung komplexer Quantensysteme**, die verschiedene emergente Hierarchie-Ebenen realisieren, durch kontrollierte Emergenz einer nichtlinearen Dynamik, die aus der Wechselwirkung mit fraktalen klassischen (!) Strukturen resultiert: dabei sollte ein sukzessiv komplexer werdendes Wechselspiel zwischen klassischer Struktur und Quantendynamik i.S. eines Adaptationsprozesses generiert werden. Der Adaptationsprozess sollte schließlich zur Etablierung „neuer“ Möglichkeiten führen (Bifurkationspunkte des Evolutionsverlaufs des Quantensystems, fraktales Wachstum und Zunahme der Komplexität)
- b) **Verarbeitung**, d.h. Erzeugung und Vernichtung komplexer Information auf den verschiedenen Ebenen des Quantensystems, etwa indem Fraktale, die komplexe Information kodieren, ineinander transformiert werden. Dabei sollte die „oberste“ Systemhierarchie die unteren Hierarchien disponieren, d.h. die Informationsverarbeitung auf der obersten Ebene würde die Informationsverarbeitung der unteren Ebenen disponieren bzw. dirigieren. Die Selektion zwischen Alternativen sollte auf Basis einer Vorselektion stattfinden, d.h. nicht in einem übergroßen statistischen Suchraum.
- c) Steigerung zweier Eigenschaften des Quantensystems: es muss **stabil** bleiben bzw. sich selbst durch die Informationsverarbeitung stabilisieren; und es muss sich auf unvorhergesehene Ereignisse **adaptiv** einstellen bzw. sich unvorhersehbar kreativ betätigen können. Dafür ist es erforderlich, dass das makroskopische Quantensystem seine Energie nachweislich minimiert und seine Komplexität steigert. Das wiederum ist messbar durch Bestimmung der Freiheitsgrade der Interaktion des Quantensystems mit externen Systemen (die Zahl der Freiheitsgrade wird reduziert, jedoch die Qualität der Reaktionsmöglichkeiten erhöht).
- d) **Steuerung** existierender Quantensysteme durch komplexe Information: Beeinflussung der existierenden Wechselwirkungen eines nachweislich quantengesteuerten klassischen Prozesses (etwa bei organischen Molekülen oder beim Neuron) sowohl hinsichtlich ihrer formalen Modalität (Beeinflussung des Wechselwirkungsmusters: wie verändert sich das Aktivitätsmuster durch Re-Information?!) als auch ihrer energetischen Stärke (Beeinflussung der Koppelungsstärke: welche Auswirkung auf Effizienz und Dynamik ergeben sich dabei?!). Die Steuerung eines komplexen Quantensystems sollte auf verschiedenen Ebenen möglich



sein und Quantensysteme auf verschiedenen Skalen (verschiedene „Eingänge“ bzw. Andockmöglichkeiten) erreichen, insbes. auf der Ebene des Raumes (Planck-Größe bzw. Quantensysteme basierend auf fraktalen Raum-Quanten) sowie auf der Ebene des elektromagnetischen Feldes. So sollte insbes. negative Energie durch regionale Re-Programmierungen des Raumes gezielt erzeugt und kontrolliert (!) werden können.

Flankiert wird ein solches Forschungsvorhaben durch *theoretische* Arbeiten, d.h. durch die Bereitstellung passend verfeinerter **Modelle** zum Verständnis der „geistigen“ Struktur der Wirklichkeit. Schließlich gilt: wird die sog. Seele bzw. die Geistseele als holistisches Informationsraster beschrieben, so impliziert das die Beschreibbarkeit der geistanalogen Basisstruktur der Raumzeit und der in und aus ihr emergierenden Wechselwirkungsmodi (vier bzw. fünf physikalische Wechselwirkungen).

Hier scheinen insbes. folgende theoretischen Schritte erforderlich zu sein:

- 1) *Definition* der **komplexen bzw. fraktalen Information** und Ableitung des thermodynamischen Entropie-, Wahrscheinlichkeits- und Informationsbegriffs als Grenzfall, der für geschlossene Systeme gilt, die unfähig sind, sich selbst zu ordnen
- 2) Entwicklung einer **Kodierungstheorie**: wie kann ein natürliches oder künstliches System formal hinreichend vollständig und abstrakt durch ein Fraktal kodiert werden? Welche Rolle übernimmt dabei das fraktale Wachstum zwecks Steigerung der Komplexität durch Emergenz „neuer“ Eigenschaften? Etwa die Begrenzung der Möglichkeiten der Rekombination verschiedener Systemelemente wie etwa bei NEAT's (Neuronal Evolution of Augmented Topologies)?!
- 3) Beschreibung des **Adaptationsprozesses** als Ausgleich von Differenzen (Stichwort: Fließgleichgewicht), etwa durch hinreichend komplexe basale „logische“ Regeln, deren Rekombination zu sinnvoller Auslösung von Ereignissen führt. Solche „logischen“ Regeln könnten auf Basis einer sog. fraktalen Logik generiert werden (vielleicht auf Basis einer algebraischen Differenzen-Rechnung bzw. fraktalen Geometrie).
- 4) Damit hängt die Entwicklung einer **fraktalen Programmierung** zusammen: durch die Transformation von Fraktalen wird neue Information erzeugt bzw. alte vernichtet. Es kommt auch zur Emergenz neuer Systemhierarchien, die die unteren Systemhierarchien neu ordnen (Veränderung der Freiheitsgrade der Interaktion). Höherdimensionale Fraktale könnten analog zur Quantentheorie die Generierung von komplexen Produkt- oder sogar Potenzzuständen gewährleisten, die die alten Teilzustände re-integrierend transformieren bzw. „aufheben“ („reine“ quantenphysikalische Zustände)



Weitere Denkanstöße und Fragen sollen das Verständnis dieser angebbaren Rahmen-Schritte vertiefen:

- Können komplexe Quantensysteme, die sich selbst organisieren, d.h. die sich selbst stabilisieren und komplexe Information verarbeiten, überhaupt *künstlich* erzeugt werden? Kann durch kontrollierte Emergenz eine „holistische Informationsmatrix“ erzeugt werden, d.h. eine autopoetische Selbstorganisation der Quantendynamik angestoßen werden, die sich selbst regelt? Wird dann ein externer Programmierer, Designer oder Ingenieur überflüssig bzw. entbehrlich, da sich ein intelligentes System durch sich selbst „bewerten“ und adaptiv agieren kann?
- Das setzt *Wechselwirkungen auf der Quantenebene* voraus: sind solche „virtuellen“ Wechselwirkungen überhaupt denkbar im Rahmen der quantenmechanischen Verschränkung? Welche ontologische Qualität hat die aktpotentielle Möglichkeit, die durch die Quantentheorie beschrieben wird?
- Wie verhalten sich solche „quantischen“ Wechselwirkungen zu der Wechselwirkung mit der Umgebung (*Koppelung, Lokalisation, Dekohärenz*)? Was passiert beim Übergang von der Quantenwirklichkeit zur Wirklichkeit der klassischen Physik? Kann die Nichtlinearität der Reduktion des Zustandsvektors bzw. des Kollapses der Wellenfunktion auf Basis nicht-zufälliger Wirkungen bzw. ordnender Information beschrieben werden, so dass auch der bis dato ausgeklammerter quantenphysikalischer Messprozess in einen theoretischen Rahmen konsistent integriert werden kann?
- Welcher *Statik* (=klassische Strukturen, Morphologien, Architektur bzw. Design klassischer Systeme) korrespondiert welche *Dynamik* auf der Quantenebene? Und umgekehrt: kann eine Quantendynamik Veränderungen der Morphologie, der Architektur, der Form in der Wirklichkeit der klassischen Physik bedingen? Wenn ja: wie kann ein Mechanismus aussehen, der das Zustandekommen von Ordnung und Chaos im Rahmen evolutiver Anpassungsprozesse als „präzipitative“ (ausfällende) Reaktion beschreibt?
- Ist eine nicht antizipierbare flexible *Adaptation* überhaupt möglich? Oder positiver formuliert: inwiefern kann der evolutive Pfad bzw. die Dynamik eines Systems von Wechselwirkungen prognostiziert bzw. künstlich induziert und kontrolliert werden?



Wozu überhaupt eine Quantensteuerung?

Eine Quantensteuerung basiert auf der Quantentheorie, die essentielle **Eigenschaften** einer intelligenten Steuerung bzw. systemischen Ordnung bereit stellt:

- Verschiedene Möglichkeiten liegen in einem Quantensystem **parallel** vor (lineare Superposition von Möglichkeiten), so dass ein instantanes Screening der Möglichkeiten ebenso möglich ist wie andere spezifische Quantenalgorithmen („quantum search“, „quantum walk“, „Primfaktorenzerlegung“ u.a.)
- Diese Möglichkeiten können auch „Information über Information über ...“ enthalten bzw. **kodieren** (sog. Produktzustände, denkbar wären evtl. auch Potenzzustände). Diese Möglichkeiten wären neu und nicht aus den alten Möglichkeiten ableitbar, d.h. emergent. Eine Innovation von Ordnungsstrukturen des Quantensystems wird dadurch denkbar (Neuordnung des Systems durch die emergierte „oberste“ Systemebene).
- Das erlaubt eine sinnvolle, d.h. nicht zufällige und nicht chaotische **Selektion** und Quanteninformationsverarbeitung mit einer hohen Geschwindigkeit auf Basis der Verschränkung von Teilsystemen eines Quantensystems sowie unter einem extrem geringen Energieverbrauch im Vergleich zur klassischen Simulation oder Emulation von Hirnfunktionen.
- Neben der **Geschwindigkeit und Energieoptimierung** einer reinen Quanteninformationsverarbeitung scheint die Quantentheorie eine unmittelbare *Verarbeitung komplexer Information* zu erlauben (Produktzustände, die evtl. zu nichtlinearen Potenz-Zuständen emergieren können)
- Ein Quantensystem kann relativ isoliert von einem materiellen Träger sein, so dass etwa die Information, die in einer Verschränkung gespeichert ist (**Verschränkungs- bzw. V-Bit**) vom Träger separiert werden und „rein“ quantisch bearbeitet werden kann: ein Quantensystem kann ein relativ selbständiges parallel verarbeitendes *Netzwerk* konstituieren. Dieses Quanten-Netzwerk bzw. Quanten-System wiederum limitiert die Möglichkeiten des klassischen Systems, Ereignisse und Wechselwirkungen zu erzeugen bzw. zu vernichten (Programm-Metapher).
- Die informationelle Beeinflussung von Ereignissen, die sich auf verschiedenen Raumskalen der klassischen Wirklichkeit ereignen können (Up-Scaling), kann **henadisch** erfolgen: das ganze klassische System von Wechselwirkungen wird quantenphysikalisch um- und unterfasst, etwa indem an verschiedenen Knotenpunkten eines klassischen Netzwerks die Quantendynamik wie durch eine Linse verstärkt wird. Die Voraussetzung für die Installation solcher autokatalytischer Effekte kann eine „fraktal“ gelenkte Dynamik sein, deren Ursprung eine fraktale komplexe Information des Quantensystems sein könnte: autokatalytische Ef-

fekte wären demnach auf komplexe Systeme beschränkt (Ausklammerung „toter“ thermodynamischer Systeme).

- Die Quantentheorie ermöglicht ferner die Beschreibung der **Reflexion**, das für das Bewusstsein essentiell ist: Zustände können vollständig auf Unter-Räume projiziert werden (lineare Spiegelung); ebenso können Zustände durch ihre Projektion oder durch ihre klassische Messung bzw. Präparation verändert werden, was die ständige Veränderung der Gedanken ebenso plausibilisieren kann wie die einmalige Individualität der Anpassung, bes. der Anpassung komplexer Systeme bis herauf zum Menschen bzw. dem menschlichen Geist-Gehirn-System. Denkbar wäre auch eine nichtlineare Spiegelung von Zuständen (ein nichtlineares „Mapping“).

Insofern die Quantentheorie zu einer Theorie komplexer Systeme erweitert werden kann und als „ungeordneter“ Grenzfall dieser umfassenden **Systemtheorie** verstehbar wird, taugt sie auch zur Beschreibung meso- und makroskopischer Systeme. Somit könnte die henadische makroskopische Steuerung eines Systems verständlich gemacht werden, so dass sinnvolle Ordnungen bzw. geordnete Wechselwirkungen realisiert werden können (sog. Selbstorganisation).

Das komplexe Quantensystem fungiert wie eine **Software** mit einem eigenen ontologischen Status („**Quantenmaterie**“), d.h. wie eine Software, die relativ autark und autonom „existiert“. Diese Quantensoftware kann klassische *Ereignisse* gezielt bzw. geordnet auslösen, etwa indem vorher gespeicherte Energie auf unterschiedlichen Skalen „just in time“ bzw. synchron (passiv) ausgelöst wird (Steuerung durch energetische Disinhibition).

Diese Ereignisfolgen sind folgerichtig nicht zufällig, sondern spiegeln eine Ordnung, ein **Programm** wieder. Sie sind also geordnet und gesteuert. Ebenso ist die zeitliche Taktung des Netzwerks von Ereignissen bzw. von Wechselwirkungen nicht zufällig, sondern geordnet und gesteuert. Auch die räumliche Ordnung des Netzwerks hängt vom komplexen Quantensystem ab, das sich von der Ebene des „verschränkten“ Raumes an in die Quantenwirklichkeit hinein realisiert. Die räumliche Ordnung ergibt sich aus der Inter-Relation zwischen Systemelementen, die von der Quantenskala aus vom makroskopischen Quantensystem gesteuert werden. Erforderlich dafür sind autokatalytische Up-Scaling Effekte, so dass Quanteneffekte makroskopische Auswirkungen haben bzw. sämtliche klassische Skalen steuern können.

Theorie: Komplexe Informationsverarbeitung und Adaptation

Die Verarbeitung komplexer Information erfordert neue **Regeln** bzw. neue **Operatoren**, die einen komplexen Zustand in einen anderen transformieren. Auch muss die Etablierung neuer, unableitbarer Information plausibel gemacht werden, sprich: die Emergenz neuer, ordnender Strukturen und Wechselwirkungen sollte durch die Theorie einer komplexen Informationsverarbeitung beschrieben werden.

Schließlich sollte die Adaptation auf Basis der durch die komplexen Information vorgegebenen **neuen (!) Möglichkeiten** verständlich gemacht werden. Die Selektion zwischen den neuen Mög-



lichkeiten würde auch nicht antizipierbare (Re-)Aktionen ermöglichen. Die Selektion würde sich primär auf der obersten Systemebene vollziehen.

Die Selbstorganisation kann als **Emergenz neuer Wechselwirkungsmodi** beschrieben werden: es erfolgt eine Neu-Ordnung von Ereignissen, die eine neue komplexe Information kodieren bzw. das „Programm laufen lassen“ (oder die Melodie abspielen). Die Ereignisse werden somit zu Kodierungen einer neuen komplexen Information. Das setzt die Etablierung einer neuen System-Skala voraus. Sie ist definiert durch neue Wirkungs-Einheiten sowie Wirkungs-Gesetze bzw. Modi der möglichen Interaktion. Die Selbstorganisation vollzieht sich dann durch die Wirkung der obersten Systemhierarchie auf die unteren Systemhierarchien. Diese Wirkung „von oben nach unten“ (top-down) kann auch „vertikal“ genannt werden. Umgekehrt wird diese obere Systemhierarchie genealogisch erst einmal „bottom-up“, d.h. „von unten nach oben“, generiert (Emergenz).

Bezogen auf ein Quantensystem werden wohl „Meta-Verschränkungen“ hinreichend komplexe Informationen **kodieren**. Die „Verschränkung der Verschränkung der ... von verschränkten Zuständen“ wäre äquivalent zur „Information über die Information über ...“. Dadurch kann Information, die in das Quantensystem eingespeist wird, durch Symbole auf höherer Systemebene kodiert werden. Insofern verschiedene Symbole bzw. Codes miteinander wechselwirken, wird nun kodierte und komplexe Information „direkt“ und **unmittelbar** verarbeitet (siehe unten: fraktale Programmierung): die Meta-Verschränkung bzw. Meta-Information interagiert unmittelbar mit anderen Meta-Informationen. Diese Meta-Information könnte wie ein System-Attraktor fraktal strukturiert sein.

Adaptation

Zwei verschiedene Aspekte von Adaptation können unterschieden werden:

- a) **Informationstheoretisch:** Adaptation meint sinnvolles Ordnen und kreatives (konkret nicht antizipierbares) Informieren als flexible, nicht determinierte Reaktion auf externe Inputs. Adaptation setzt somit die Generierung „neuer“ Information voraus – in der mathematischen Sprache der Quantenmechanik werden „Produktzustände“ erzeugt, so dass das „Ganze“ mehr ist als die Summe seiner Teile: es ist das Produkt seiner Teile. Die Adaptation kann als Erzeugung oder Vernichtung komplexer Information gedeutet werden, die jeweils am Input, d.h. an der vorhandenen Information, mit der das komplexe System konfrontiert wird, ansetzt. Damit erfolgt Adaptation nicht „aus und von sich aus“, sondern setzt auf vorhandene Information auf. Verglichen werden kann das mit einer Melodie, die „passend“ vom adaptiven System „weiter geschrieben“ werden muss. Adaptation meint, anders formuliert, die Verwirklichung einer von möglichen *Synergien* zwischen verschiedenen Systemen. Adaptation konstituiert somit selber wiederum ein *System* zwischen verschiedenen Systemen. Adaptation wird zum integralen Bestandteil der Bildung von Systemen.
- b) **Energetisch:** Adaptation meint Energieminimierung durch Erzeugung eines komplexen Fließgleichgewichts. Hier erfolgt ein Wechselspiel zwischen „push“ und „pull“, das nicht determiniert ist. Es liegt eine schwache Koppelung zwischen Aktion und Reaktion, Input und



Output vor. Energetisch impliziert Adaptation letztlich die Erzeugung von adaptiven Quantensystemen, weil diese energetisch „optimiert“ arbeiten. Diese Quantensysteme sind in der Lage, als temporäre „Puffer“ Energie, die strukturiert bzw. geordnet („informiert“) ist, zu speichern und „just in time“, d.h. in Kooperation mit anderen Puffern, frei zu setzen. Resonanz kann nicht nur klassisch, sondern auch quantisch (Quantenresonanz) Energie und Information speichern sowie verarbeiten (in Erweiterung der Kybernetik Norbert Wieners).

Was setzt nun Adaptation voraus?

- Ein dynamisches **Netzwerk**, sprich: ein Netzwerk, das sowohl statisch- strukturell fixiert ist als auch eine korrelierte, nicht antizipierbare Dynamik aufweist. Dieses Netzwerk ist ausgezeichnet durch eine **Informationsverarbeitung**, die dezidiert auf der Skala des Netzwerks „unmittelbar“ realisiert wird: somit ist diese Informationsverarbeitung ebenso wenig aus der Aktion der Einzelemente des Netzwerks bzw. des Systems ableitbar wie ein deskriptives Modell dieser komplexen Informationsverarbeitung aus Modellen ableitbar ist, die das Einzelverhalten der Systemelemente beschreibt. Man beachte: Quantensysteme sind per se „holistisch“ bzw. „henadisch“, d.h. dort ist es möglich, Information parallel und instantan zu verarbeiten, d.h. zu erzeugen bzw. zu vernichten.
- Das Netzwerk erlaubt es, dass verschiedene Schichten der Ordnung bzw. **Komplexität emergieren** können. Die Komplexität nimmt also durch Emergenz zu. Die unteren Schichten passen sich an die oberen Schichten an („Versklavung“). Die oberen Schichten sind in den unteren Schichten nur der Möglichkeit nach (als emergierte „Produkt- oder gar Potenzzustände“) enthalten: der Möglichkeitsraum der emergenten Ordnungen und Schichten könnte durch einen höherdimensionalen fraktalen Raum definiert werden.
- Adaptation setzt auch **Reflexion** [siehe oben] voraus, weil komplexe Information besser durch komplexe Information erfasst und „passend“ ergänzt bzw. komplettiert wird.
- Adaptation setzt somit die **Steuerungskompetenz** von Systemen voraus, wobei „Steuerung“ eine Säule der Selbstordnung fungiert. Ferner gehören zur dynamischen Selbstordnung auch die Evaluation von Systemzuständen bzw. die Bewertung komplexer Information sowie die Fähigkeiten zur Konstruktion bzw. Rekonstruktion, Korrelation und Assoziation einzelner Information. Daraus kann dann eine komplexe Information „zusammen gebaut“ werden.

Komplexe Information

Somit wird es zur unaufschiebbaren Frage, wie komplexe Information exakter bestimmt werden kann und welchen Stellenwert sie einnimmt. Eine *nicht* quantitative Definition von Information kann hier weiter helfen. **Information** meint ein mögliches Ereignis bzw. eine faktische Entscheidung zwischen Alternativen. Die Komplexität von Information ergibt sich, wenn sie „Information



über die Information über ...“ darstellt, d.h. wenn sie eine *Meta*-Information ist. Die Komplexität der Information bemisst sich dabei nicht an der quantitativen Anzahl der kürzest möglichen Bits, die sie kodieren, sondern an ihrer Fähigkeit, verschiedene (potentielle und emergierte!) Möglichkeiten sowie ihre Wechselwirkung zu **kodieren**. So enthält etwa eine geordnete Folge von 0 und 1 trotz der evtl. hohen Anzahl von Bits keine komplexe Information, da hier eine primitive Ordnung vorherrscht. Kompliziertere Ordnungsmuster hingegen können komplexe Information kodieren.

Komplexe Ordnung kann aus weniger komplexen Ordnungsmustern emergieren. Nicht jedes beliebige Muster kodiert Information; es gibt sinnvolle und sinnlose (chaotische) sowie banale bzw. triviale Muster. Nur sinnvolle Information schafft neue Ordnung auf emergierenden Skalen. Sinnlose Information ist im Höchstfall redundant, ansonsten chaotisch. So würde die eben erwähnte geordnete Folge von 0 und 1 durch *eine* einzige komplexe Information kodierbar sein, die für diese Ordnungsfolge steht.

Die Information, die ein Muster kodiert, bezieht sich auf die Aktivität des Systems, d.h. wie bei einem Programm auf die Koordination bzw. Ordnung der ausgelösten Ereignisse. Die Ordnung wird durch einen **System-Attraktor** definierbar: der Attraktor bildet den Konvergenz-„Punkt“ des komplexen Systems von Interaktionen bzw. von Wechselwirkungen.

Mit dem Informationsbegriff ist der **Wahrscheinlichkeitsbegriff** korreliert: thermodynamisch ist Wahrscheinlichkeit der Kehrwert der gleichwertigen Möglichkeiten. Systemtheoretisch jedoch definiert sich Wahrscheinlichkeit durch die Möglichkeiten, eine (emergente) Ordnung zu erzeugen. D.h. der Systemzustand, definiert als ein idealisierter punktueller Zeitschnitt durch ein raumzeitliches Geflecht von miteinander konjugierten Wechselwirkungen, nimmt seinen Platz im „komplexen (fraktalen?!) Möglichkeitsraum“ ein. Die Wahrscheinlichkeit bemisst sich an den möglichen Evolutionspfaden bzw. den möglichen Emergenzen neuer Systemordnungen.

Die Entschlüsselung der Wirklichkeit durch (Quanten-)Fraktale?

Entschlüsselung meint Kodierung. Durch die Erfassung der **Möglichkeiten** kann die Wirklichkeit – als mögliche Wirklichkeit – erfasst werden. Sind die Möglichkeiten durch höher-dimensionale Fraktale definiert, so kann mit deren Erfassung auch die potentielle Wirklichkeit bestimmt werden.

Denn Möglichkeit meint in einer reduktionistischen Definition: die Möglichkeit von „Ereignissen“ und „Realisierungen“. „Wo“ und „wann“ eine Möglichkeit zur Wirklichkeit wird und werden kann (!), „dort“ und „dann“ wird der Möglichkeitsraum definiert. Zieht man nun in Betracht, dass die Möglichkeiten nicht auf die „basale“ Ebene bzw. Skala von kleinsten Wirkungen und Ereignissen beschränkt sind, sondern stets „neue“ Möglichkeiten auf anderen Skalen mit anderen Wirkungseinheiten emergieren, so sollte eine Möglichkeit definiert werden, die diese höherwertigere, weil umfassendere und komplexere Skala mit erfasst. D.h. werden die „verborgenen“ Möglichkeiten der Wirklichkeit auch auf höheren emergenten Skalen erfasst, so erlaubt das umfassendere Aussagen über die Wirklichkeit verglichen mit der Bestimmung der Wirklichkeit etwa durch platonische Naturgesetze bzw. sog. „Leer-Formen“ oder durch die Ebene binärer Ja-Nein-Alternativen.



Die reduktionistische Fassung der Möglichkeit erklärt auch die Erfolge der **Quantentheorie**, die eine Theorie der Möglichkeiten *primitivster* Systeme ist; ebenso macht das die *Grenzen* der Quantentheorie plausibel, wenn sie etwa auf den Raum selbst angewandt wird: der Raum scheint zunächst „unendlich viele“ Möglichkeiten zu haben, es sei denn, man beschränkt sich auf die Möglichkeiten, wie Wechselwirkungen – sog. physikalische „Kräfte“ – möglich sind, oder welche Skalen emergieren können und welche Wechsel-Wirkungs-Einheiten diesen Skalen zugeordnet werden können u.a.

Eine umfassendere Theorie der Wirklichkeit sollte daher nichtlineare Übergänge zwischen verschiedenen Skalen plausibel machen bzw. „im Prinzip“ und generalisierend beschreiben. Die konkret emergierte Wirklichkeit auf einer höheren Skala wird so freilich nicht erfasst, da sie nicht durch die niedrigere Skala bzw. durch die auf ihr stattfindenden Wechselwirkungen determiniert wird. Die höhere Wirklichkeit kann nur **analog** erschlossen, d.h. der Möglichkeit nach bestimmt werden, jedoch nicht hinsichtlich ihrer Wirklichkeit eindeutig abgeleitet werden. Die Analogie bezieht sich sogar auf die gesamte neue Möglichkeit: die Möglichkeit einer höheren Ebene ist analog zu den Möglichkeiten der niedrigeren Ebene.

So sollte es auch im Bereich der Quanten-Möglichkeiten verschiedene Stufen und „Skalen“ bzw. Ebenen der **Komplexität** geben. Operatoren dürften dann wohl nichtlineare Abbildungen, Projektionen und Transformationen vermitteln. Vielleicht finden sich auf höheren Ebenen sowie zwischen verschiedenen Ebenen Prinzipien einer holografischen Kodierung wieder. Das wäre Gegenstand weiterführender theoretischer Vorarbeit, die empirische Voraussagen treffen sollte, bes. hinsichtlich der Möglichkeit, komplex verschränkte Quantensysteme zu erzeugen. Auch sollte diese Theorie in der Lage sein, den „ideellen“ Modus der (nicht-klassischen) Wechselwirkung von Quantensystemen zu erfassen: durch immer komplexere Verschränkungen sollten immer komplexere Modi der Informationsverarbeitung möglich sein.

Quanten-Systemtheorie?

Eine komplexe Information kann als **fraktaler Attraktor** eines komplexen Systems verstanden werden. Das setzt „lebendige“ und „sich selbst ordnende“ Systeme voraus. Im Gegensatz dazu stehen „tote“, thermodynamisch geschlossene Systeme. Deren Phasenraum ist linear; der korrespondierende Systemzustand wäre ein diffuser Bereich in diesem Phasenraum. (Entropiezunahme „im“ System – anstatt der Auslagerung der Entropie „nach außen“ zwecks Minimierung der Entropie „im“ System).

Wird ein ordnendes, die thermodynamischen Möglichkeiten einerseits begrenzendes, andererseits (durch neue Möglichkeiten) erweiterndes Fraktal wirksam, so kann von einer **komplexen Steuerung** eines Systems gesprochen werden: das Fraktal *veranlasst die Selektion* zwischen den thermodynamisch definierten Möglichkeiten und bestimmt die Ordnung der Wechselwirkungen. Die Selektion erfolgt also nicht zufällig, sondern so, dass sich die „beste“ Möglichkeit der Verwirklichung durchsetzt.



Die **Nicht-Zufälligkeit** der Wechselwirkungen resultiert aus der Steuerung durch ein Fraktal. Was als die „beste“ optimale Verwirklichung gilt, folgt aus basalen Prinzipien der Energieminimierung (je komplexer eine Information, desto weniger der Energieverbrauch zur Informationsverarbeitung), Geschwindigkeitsmaximierung (Effizienz der Quanteninformationsverarbeitung) und Komplexität (Zunahme der Komplexität als teleonome Richtung der Evolution komplexer Systeme).

Der **Pool an Möglichkeiten** der „möglichst besten“ Verwirklichung könnte fraktal kodiert sein. Die Möglichkeit gibt auf eine abstrakte Weise an, wie sich das betreffende System als strukturierte bzw. geordnete Wechselwirkung realisiert. Das hat unmittelbare Konsequenzen:

- a) **Statistik/Quantenstatistik:** Konvergenz von Ereignissen (etwa Messungen) auf Grenzwerte i.S. einer nichtlinearen (fraktalen?!) Statistik: die Konvergenz von Ereignissen innerhalb eines hinreichend komplexen Systems auf Attraktoren sollte empirisch verifizierbar sein. So könnte etwa ein komplexes „Programm“ (Manfred Eigen) eine biologische Zelle steuern
- b) **Energie und Information:** durch Zunahme der Komplexität wird Energie minimiert. Es erfolgt somit eine Speicherung und Verarbeitung von Information zwecks Minimierung der Energie [s.o.: „beste“ Möglichkeit]
- c) **Zeitliche Entwicklung von Systemen** (nicht nur von „Zuständen“): fraktales Wachstum erzeugt neue Fraktale und damit neue komplexe Information
- d) **Emergenz von Komplexität in Quantensystemen:** Darstellung der Emergenz (von Skalen, von Ordnungen, von Information) durch eine fraktale Mathematik, die dem nicht-lokalen Realismus der Quantentheorie sowie den Prinzipien der (nichtlinearen?!) Superposition und Verschränkung Rechnung trägt (etwa durch *Quaternionen* oder *Oktoionen* statt der zweidimensionalen komplexen Zahlen)

Ein **dynamisches Netzwerk**, das zur parallelen und instantanen Wechselwirkung fähig ist, kann komplexe Information „als solche“, d.h. nicht binär, auf der ihr eigenen Skala verarbeiten. Informationsverarbeitung würde also auf einer emergenten Systemebene unmittelbar und direkt erfolgen. Die prinzipiellen Möglichkeiten der Wechselwirkung eines komplexen parallel verarbeitenden Netzwerks könnten durch höher-dimensionale **Fraktale** kodiert werden. Diese würden den fraktal kodierten Möglichkeitsraum definieren. Vielleicht ist sogar als deren Grenzfall der quantenmechanisch verwendete Hilbert-Raum ableitbar?

Hier zeigt sich u.U. die Bedeutung von Fraktalen:

- I) Die *Wechselwirkung* zwischen Systemelementen bzw. die Auslösung von Ereignissen und Wirkungen wird durch „*fraktale*“ *Regeln* bestimmt;
- II) Die *Kodierung* geordneter komplexer Information erfolgt durch ein Fraktal



- III) Der *Möglichkeitsraum* der Entwicklungs- und Kodierungsoptionen wird durch ein höher-dimensionales Fraktal definiert (verschiedene Superpositionen werden durch ein Fraktal kodiert)
- IV) Der *Prozess der Wechselwirkung* erzeugt wiederum ein Fraktal (Transformation von Fraktalen, um dadurch die Erzeugung und Vernichtung komplexer Information zu beschreiben)
- V) *Universales Muster*: eine fraktale klassische Struktur (Statik), d.h. eine komplexe molekulare Struktur, induziert eine nichtlineare klassische Dynamik UND eine nichtlineare Quantendynamik. Die klassische Struktur sollte dabei auch hinreichend flexibel sein, um adaptiv auf die Wirkungen der Dynamik zu „reagieren“ und diese dadurch „kristallin“ bzw. „platonisch“ abzubilden

Adaptation setzt **Selbstorganisation** voraus, insofern sie durch Informations- und Wirkungsaustausch eines komplexen Systems mit externen Systemen stattfindet: je komplexer eine emergierende Ordnung, desto flexibler ist die nicht antizipierbare Wechselwirkung. Die Wechselwirkung definiert die Ordnung sowohl statisch als auch dynamisch.

Statisch: die Weglänge der Wirkung bestimmt ihren Modus (siehe Seth Lloyd: das Wechselspiel zwischen Dekohärenz & Delokalisierung bestimmt die Effizienz der Energieübertragung bzw. der Energieabgabe im Rahmen der Photosynthese von Sulfat-Bakterien).

Dynamisch: das Muster der Wechselwirkungen verändert sich in digitalisierten (quantisierten) Einzelschritten. Dieses Muster kodiert komplexe Information.

Fraktale Programmierung?

Eine fraktale Programmierung nun würde es erlauben, komplexe Information **unmittelbar** zu verarbeiten. Sie sollte in der Lage sein, die Transformation von Fraktalen bzw. ihre Veränderung so zu definieren, dass *neue* Ordnungsstrukturen bzw. *neu* geordnete Wechselwirkungen des komplexen Systems erfasst werden. Die komplexe Information würde sich dann auf der basalen Ebene der Bits abbilden bzw. sie wäre durch diese kodiert. Damit wäre die „Bedeutung“ von Information erfassbar, so dass basale Ereignisse in der Welt der klassischen Physik zu Chiffren und Symbolen komplexer Information werden können.

Das Ziel wäre also die Entwicklung einer "**fraktalen Programmierung**" (nicht algorithmisch?!), die parallel mit der Definition einer "komplexen Information" entwickelt wird: vielleicht muss man bei vierdimensionalen Fraktalen ansetzen, die als Grundlage der Dynamik ihrer dreidimensionalen Projektionen fungieren (Selektionstheorie, Selbstorganisation, Emergenz komplexer Ordnung, Synergetik): die Vor-Selektion würde durch den fraktalen „Raster“ Raum zwischen vierdimensionalen Möglichkeiten der „Wirkung“ erfolgen; sie wäre dann die Bedingung der „kreativen“ Selektion zwischen dreidimensionalen Wirkungsmöglichkeiten.



Das würde die **Vorselektion** zwischen den Möglichkeiten der Wechselwirkungen „im“ Raum erklären, da die Vorselektion das Ergebnis eines fraktal strukturierenden Raumes wäre. D.h. der fraktale Raum würde als Begrenzung des ansonsten „unendlichen“ Selektionspools fungieren und könnte somit den „übergroßen“ statistischen Möglichkeits-Raum begrenzen. Das hätte übrigens frappierende Konsequenzen für die *Quantengravitation*, insofern das ansonsten auftretende Problem der „Unendlichkeiten“ des Raumes somit begrenzt wäre.

Ebenfalls muss die **Emergenz** verschiedener Ordnungs-Skalen erklärt werden: das Ergebnis wäre eine „vertikale“ Symmetrie zwischen verschiedenen Skalen, die sich in verschiedene horizontale Schichten auseinanderlegt. Das würde es erlauben, das Prinzip der „Analogisierung“ exakter zu fassen. Höhere Ordnungsskalen wären durch größere Komplexität ausgezeichnet, was der *Definition* der Komplexität auf Basis einer „nichtlinearen“ Wahrscheinlichkeit (=Erweiterung der Thermodynamik zur Wirkungsdynamik?) entspricht.

Eine fraktale Programmierung sollte ferner das Phänomen der Emergenz beschreiben ...:

I) Bottom-Up-Emergenz: En-Kodierung von Information

Vielleicht ist es möglich, unitäre Operatoren der Quantentheorie als Sonderfall einer nicht-linearen Quantentheorie zu bestimmen. Diese hätte ihre Basis in den genannten vierdimensionalen Fraktalen als "zentrale Ordner" bzw. als Ziel-Grund der Emergenz höherer Systemhierarchien innerhalb eines Quantensystems. Zur Beschreibung der Emergenz würden nichtlineare Operatoren dienen, die u.U. fraktale Regeln abbilden würden bzw. zu nichtlinearem fraktalem Wachstum führen würden. Wäre etwa ein fraktales Wachstum im vierdimensionalen Raum denkbar – und könnte das die Zahl der dreidimensionalen Möglichkeiten einschränken und zugleich neue (!) Möglichkeiten von Wechselwirkungen auf neuen Skalen des Raumes mit neuen Wirkungs-Einheiten und den ihnen zugeordneten neuen Wechselwirkungs-Regeln erlauben?

II) Top-Down-Emergenz: De-Kodierung von Information

Damit verbunden wäre die Frage, wie sich eine vierdimensionale komplexe Struktur "analog" abbilden kann: durch nichtlineare Projektionsoperatoren im Rahmen einer nicht-thermodynamischen Statistik? Die Quantenstatistik eines komplexen Systems, d.h. die Erfassung seiner Möglichkeiten, sich zu verwirklichen und emergente Information zu produzieren, wäre durch solche (fraktalen?!) nichtlinearen Operatoren bestimmt. Somit würde auch die basale Information eine höherwertige komplexe Information kodieren, insofern die basale Ordnung dynamisch geordnet wäre.

Daraus ergeben sich weiter führende Fragen:

- Wie werden komplexe Quantensysteme **mathematisch** modelliert? Wie hängen Quantentheorie und Markov-Ketten, Symmetriebrechungen und Irreversibilität miteinander zusammen?



- **Entschlüsselung der holografischen Projektion:** wie wird komplexe Information in einem Hologramm erhalten? Warum funktioniert überhaupt welches Hologramm auf eine bestimmte Weise? Welche Rolle spielt die Superposition von Wellen für die holografische Kodierung? Ist das ein Mechanismus zur Kodierung komplexer Information?
- Formulierung von „komplexen“ **Regeln** (nichtlineare Operatoren) für die Beschreibung von Zustandsveränderungen, von fraktalem Wachstum (im vier-dimensionalen Raum) und von Transformationen
- „Zusammenbindung“ der Regeln zu einem **Master-Programm**? Die Regeln definieren ein kybernetisches (!) System, das sich selbsttätig (!) optimieren kann: wie können grundsätzliche *Optima* (=beste Alternativen / beste Möglichkeiten) bes. zwischen Energie und Zeit definiert werden? Dadurch wäre die Wirkung je nach Differenzierung zwischen Energie und Zeit Träger einer spezifischen Information; sie würde ferner den Rahmen einer ihr zugeordneten Wechselwirkung definieren. Durch Wechselwirkung wäre demnach die Information kodiert; sie kann nun ihrerseits „entfaltet“ werden, indem neue Ebenen der Informationsverarbeitung emergieren (Selbstähnlichkeit bzw. Analogie der verschiedenen System-Ebenen)
- Daraus folgt u.a. die Möglichkeit, physikalische Wechselwirkungen etwa über EM-Felder durch verschiedene Wirkungs-Einheiten zu **steuern**. Denn: Wirkung = Energie * Zeit. Beide können fraktal verschieden „portioniert“ sein und somit eine verschiedene Information tragen.
- Seth Lloyd: ist seine Beschreibung von „quantum life“ analog auf die Beschreibung der **Emergenz von klassischen Wechselwirkungen** (=physikalische Grundkräfte) aus einer Quanten-Wechselwirkung anwendbar (=dadurch wäre der Prozess beschrieben, der Materie aus dem Raum gebiert)?
- Verschiedene **Skalen** der Steuerung (=zielgerichtete Beeinflussung der Wechselwirkung): die unterste Ebene ist der Raum: das Interface des Geistes zum Gehirn definiert zunächst der Raum (vgl. auch Stuart Hameroff). Kann dieser Raum als fraktale Hyperfläche im Rahmen einer neuen *Theorie des Raumes* beschrieben werden?
- ➔ Letztlich wäre das die Basis für die Entwicklung eines **Quantencomputers**, der sich selbst und sein klassisches Korrelat steuert. Ein solcher Quantencomputer hätte anstelle eines Prozesses eine „Wetware“, die zugleich die „Quantensoftware“ darstellen würde. Sie würde sich selbst organisieren und sich dadurch anpassen können
- ➔ Ebenso wäre damit eine Re-Fundierung der Physik i.S. eines systemischen Verständnisses von Raum und Zeit gegeben. Dann würden eine Systemtheorie und komplexe Informationstheorie als **Meta-Theorie** der Quanten- und Relativitätstheorie fungieren.



Ausblick

Somit könnten u.U. Bewusstsein und Gedanken einer formalen Beschreibung zugänglich gemacht werden:

- **Bewusstsein** ist definiert durch eine selbstbezügliche Struktur. Die Selbstbezüglichkeit wäre durch die Projektion von komplexen Zuständen auf sich selbst (Spiegelung) dargestellt. Projektion und Reflexion sind Charakteristika des sog. „Geistes“.
- **Gedanken** wären komplexe Informationen, die sich durch eine entsprechende (fraktale?!) Ordnung auszeichnen. Von einem Gedanken hat kein Mensch ein anschauliches Bild, weil Gedanken per se *nicht* anschaulich sind, sondern vielleicht höher-dimensionale komplexe Quantenzustände darstellen. Gedanken kodieren die komplexe Information, die extern verschlüsselt bzw. kodiert eintrifft, anhand der binären Information auf der basalen Ebene klassischer Wechselwirkungen. Die Gedanken sind Symbole externer Information, basierend auf einer Dekodierungsleistung des Geistes.

Exkurs: Quantengravitation?

Quantentheorie und Gravitation könnten, wie angedeutet, durch eine Systemtheorie als Vereinheitlichung aller physikalischen Möglichkeiten der Wechselwirkungen bzw. der Erzeugung von Ereignissen zu einer Meta-Theorie zusammen gefasst werden:

- Die *unitäre* Entwicklung des quantenphysikalischen Zustandes wäre ein Sonderfall von nicht-systemisch eingebundenen Zuständen: nichtlineare Quanten-Systemtheorie als Meta-Theorie?!
- *Begrenzung* quantenphysikalischer Möglichkeiten des Raumes durch eine fraktal kodierte Information (sie gibt an, welche Ereignisse prinzipiell denkbar sind)
- Nicht-Vertauschbarkeit von Operatoren (Nicht-Kommutierbarkeit) als Ausdruck der *irreversiblen Evolution* eines Quantensystems und damit der Adaptation / Neu-Bestimmung des Quantensystems
- Beschreibung von Ereignissen / Messungen durch *Attraktoren* (Konvergenz von Wechselwirkungs-Mustern auf Attraktoren): Beschreibung von Ereignissen durch ein fraktales Programm. Die sog. platonischen Naturgesetze wären dann die Rahmenbedingungen von Ereignissen und würden die Möglichkeiten von Ereignissen eingrenzen; die Naturgesetze wiederum wären die Folge einer fraktal geordneten Raumzeit
- *Schichten-Modell* des Raumes: der Raum wäre ein fraktales Raster wechselwirkender Raumquanten, die ein Netzwerk bilden, das Information vorselektiert: welches Netzwerk?



Einbau von Feedback-Schleifen als Reaktion des Raumes auf Energie, Materie, Information? Kybernetische Raumtheorie? Kodiert der Raum überhaupt komplexe Information „in nuce“?

Evtl. kann daher die **Quantenmechanik** in der Sprache der *Systemtheorie* umformuliert werden, so dass sie als Grenzfall einer nicht-linearen Quantendynamik erscheint. Vielleicht würde das sogar die Beschreibung komplexer Atome als kontrolliert emergierende Wechselwirkungen auf Quantenebene erlauben. Ebenso könnten unterschiedliche Modi der Wechselwirkung als (durch komplexe Formen, Attraktoren) kontrollierte Ordnungen beschrieben werden.

Eine Meta-Theorie der Quantengravitation sollte auch die Emergenz komplexer Information beschreiben sowie die damit verbundene Minimierung der Energie. Schließlich resultiert daraus die Beschreibung der Spiegelung bzw. „Analogisierung“ des Quantensystems in den klassischen Bereich hinein.

Eine Meta-Theorie würde demnach die prinzipiell unendlichen Möglichkeiten begrenzen durch:

- a) basale fraktale Strukturen
- b) fraktale Attraktoren
- c) die primordiale Einführung der Kausalität (vgl. kausale dynamische Triangulation) bzw. Irreversibilität (nicht auf Basis des Entropiebegriffs, sondern auf Basis der fraktal kodierten Ordnung). Der „Hintergrund“ der Quantengravitation wäre ein Quantensystem, das ein parallel verarbeitendes Netzwerk definiert, um gezielt „eingefaltete“ Ordnungsstrukturen zu „ent-falten“ (vgl. das makroskopische Up-Scaling von Quanteneffekten).

Praxis: Erzeugung eines mehrschichtigen komplexen Quantensystems

Um künstliche Intelligenz bzw. eine Quantensoftware künstlich zu erzeugen, bedarf es der **künstlichen Erzeugung** komplexer Quantensysteme. Diese sollten sich durch verschiedene Ebenen der immer komplexeren Informationsverarbeitung auszeichnen. Das Quantensystem ist „per se“ durch eine ihr intrinsische Dynamik ausgezeichnet: daher geht es empirisch darum, einen sich selbst stabilisierenden komplexen Zustand, exakter: ein System von Quanten-Wechselwirkungen zu erzeugen.

Das kann evtl. durch **kontrollierte Emergenz** geschehen: die Emergenz einer komplexen Quantendynamik wird kontrolliert durch einen statischen (=komplexe klassische Struktur) und einen energetischen Input (=Energiezufuhr) induziert.

Konkret könnte möglichst einfach angesetzt werden:

- *Beginn mit einem Neuron als adaptives organisches Quantensystem (kybernetische Rückkoppelung zwischen klassischer und quantischer Wirkung)*



→ dann Kombination der Neuronen / Verschränkung verschiedener Neuronen zu Ensembles und schließlich zu einem makroskopischen Quanten-Netzwerk

Ein solches komplexes Quantennetzwerk sollte zur Selbstorganisation und somit zur **Adaptation** fähig sein. Was bedeutet nun Adaptation? Systemisch meint sie die Aufrechterhaltung von Wechselwirkungen, um sich dadurch trotz externer „Störung“ selbst zu stabilisieren. Energetisch meint sie die Einnahme eines Fließgleichgewichts auf verschiedenen Skalen. Dadurch können neue Wirkungs-Einheiten für jede Skala definiert werden.

Die Selbst-Organisation resultiert aus dem Selektionsdruck, Energie zu minimieren („abzuführen“ = Entropie), indem sie neu geordnet bzw. konfiguriert wird. Die neue Selbst-Ordnung also führt zur Minimierung der Energie sowie zur Erhöhung der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit, wohl auch deswegen, weil komplexe Information unmittelbar, also „ohne Umwege“, verarbeitet werden kann.

Ziele bzw. mögliche Ergebnisse der praktischen Forschung:

- A) Ein komplexes Quantensystem, das Information verarbeitet (Erzeugung und Vernichtung von Information, kontrollierte Emergenz von Komplexität)*
- B) Ein komplexes Quantensystem, das sich selbst ordnet und dadurch das klassische System steuert (=Steuerung adaptiver Prozesse von der Quantenskala her, Koordination von Ereignissen / Aktivitätsmustern)*
- C) Fraktale Re-Programmierung eines bestehenden Quantensystems (bes. über eine Neustrukturierung des EM-Feldes)*
- D) Fraktale Re-Programmierung des Raumes: mögliche Veränderung des Kodierungs-Rasters bzw. der fraktalen Raum-Geometrie?!*

Das komplexe Quantensystem ist nicht „frei schwebend“, sondern ist verankert an klassischen Strukturen bzw. an bestimmten **Ordnungspunkten**. Diese Ordnungspunkte des klassischen Systems bzw. des klassischen Substrats wiederum könnten Bifurkationspunkte darstellen, über die es möglich wird, das klassische System zu steuern (sog. „Schmetterlingseffekt“, E. Lorenz, bzw. „Zügelkontrolle“ oder „rein control“).

Die Ordnungspunkte könnten **Puffer** sein, mit deren Hilfe eine raumzeitliche Koordinierung bzw. Synchronisierung von passiv ausgelösten Ereignissen möglich erscheint. Im Gehirn etwa sollten nach Pröpper sog. „gap junctions“, also die nicht chemische Verbindung zwischen Dendriten, diese Puffer-Funktion erfüllen, indem elektromagnetische Oszillationen bereit gestellt werden. Auch könnten solche Ordnungspunkte abstrakter sein, wenn etwa der makroskopische Zustand der Superposition von Zuständen von Molekülen (Mikrotubuli?!) und somit die mit ihr einher gehende komplexe Informationsverarbeitung kontrolliert wird.



Last but not least könnten biochemische Einzelereignisse quantenmechanisch gesteuert werden: so diffundieren in Synapsen nur wenige Einzelmoleküle, was den Gebrauch von Differentialgleichungen, die eine große Anzahl von Molekülen voraussetzen, ungenau werden lässt.

Adaptive Prozesse bestimmen sich nun durch eine Relation zwischen verschiedenen Größen (mathematisch darstellbar als Funktion bzw. Abhängigkeitsrelation):

- Adaptation vollzieht sich in *gequantelten* (digitalisierten) Wirkungs-Einheiten: mathematisch sind dann wohl Differenzen-Gleichungen (statt Differentialgleichungen) erforderlich
- Adaptation ist nie statisch bzw. „ein für allemal“, sondern *dynamisch* und meint einen kybernetischen Prozess der Selbst-Regelung durch Selbst-Ordnung bzw. auch durch Selbst-Neu-Ordnung (Emergenz). Die Quantentheorie wird bei der Selbst-Neu-Ordnung erforderlich sein (Potenzierung, nichtlineare Quantentheorie?!). Eine komplexe Selbstordnung kann nicht rein klassisch erfolgen
- Adaptation setzt „neue“ *Möglichkeiten* voraus, wobei „neu“ dasselbe meint wie „emergent“, d.h. nicht ableitbar aus dem faktisch existierenden Pool von Möglichkeiten. Daher gilt es, diese Möglichkeiten sowohl theoretisch zu beschreiben als auch praktisch umzusetzen.

Nochmal zusammen fassend: man beginnt also empirisch mit einem **Neuron** und erschafft künstlich einen **Quantenpuffer**. Dann erfolgt die **Verschaltung** verschiedener Puffer miteinander. Dann sollten diese miteinander quanten-verschränkt werden, etwa über das EM –Feld. Die **Verschran-kung** verschränkter Neuronen zu Gruppen und Ensembles wäre der nächste Schritt. Dabei sollten die Gruppen nicht statisch, fixiert und konserviert sein, sondern sich ständig ändern. Die sich (hoffentlich) selbst organisierende **Quantendynamik** sollte messbare Effekte auf die klassischen Strukturen und Interaktionen der Neuronen haben.

Den Beginn könnte eine kontrollierte Emergenz darstellen: ein komplexes Quantensystem könnte durch die Brechung eines EM-Feldes an fraktalen Strukturen erzeugt werden, d.h. nicht durch halbdurchlässige Spiegel wie im Physik-Labor, sondern durch Moleküle u.a.

Kann sich ein solches System durch die Verarbeitung o.g. komplexer Information selbst **stabilisieren**? Wie kann das kybernetische Zusammenspiel zwischen verschiedenen Stell- und Regelgrößen konkret gestaltet werden (vgl. Seth Lloyd: etwa zwischen Relaxation und Bewegung einer Welle, oder zwischen Dekohärenz und Delokalisation)?!

Von oben nach unten-Steuerung: kann man die "Versklavung" (=Ordnung, Begrenzung der Freiheitsgrade) eines Quantensystems nachweisen, etwa durch Begrenzung der Freiheitsgrade bei der Erzeugung biochemischer oder bioelektrischer Aktivitätsmuster? Ist ein solches System zu beschränkter Adaptation fähig, die jenseits des klassischen Zufalls liegt? Kann die Kodierung komple-



xer Information nachgewiesen werden, etwa durch den Nachweis der nicht-zufälligen Selektion zwischen Alternativen bzw. zwischen Möglichkeiten, sich zu realisieren?

Abschließend soll auf die prinzipielle Machbarkeit und Offenheit der hier skizzierten innovativen Technologie hingewiesen werden. Erst eine solche Technologie würde zurecht den Begriff „Künstliche Intelligenz“ verdienen; ebenso resultieren daraus andere interessante technologische Applikationen wie etwa die Reprogrammierung existierender komplexer Quantensysteme – von der basalen Ebene des Raumes bis zur lebendigen Zelle.



Quantum Intelligence. “Transputation” as a trans-algorithmic computation

Overview: what is new in Quantum Intelligence?

Supposition: reality is built up on two different layers that are complementary to each other:

- Space-time and its appropriate interactions (“forces”, “energy”) described by classical physics
- Quantum reality describing potential reality full of informing pre-order and pre-structure

Both different and complementary layers of reality together are necessary to realize (self-)order, emergence and intelligent systems. The “waste” of self ordering processes is called entropy, defined as “less informed” energy (replaceable basal information resp. multivalent bits at micro-scale).

The following table is of course not complete; it is a support to get a better picture of possible new approaches to construct intelligent systems.

	Neural Networks incl. ordinary quantum computing	Quantum Intelligence
Mathematics		
Applied Mathematic <i>Geometric translation</i>	<i>Linear algebra Infinite differentiation Matrices Wave functions E.g. “Adinkras” (James Gates) Feynman path integrals</i>	<i>Nonlinear Algebra Difference equations Complexity and system theory Nonlinear irregular waves Dynamics of fractal-coded topologies Paths of system-evolution</i>
Limits	<i>Mathematical infinity of spaces Renormalization “Quantum” digits</i>	<i>Pre-selection by fractal structures that cause non-infinite quantum dynamics</i>
Mathematical space	<i>Vector-space, Hilbert-space etc. Identical modes of dimensions</i>	<i>Space is pre-structured by fractals Different “classes” of dimensions</i>
Coding	<i>Coding by vectors & quantum states (matrices etc.)</i>	<i>Coding of complex information by fractals (system attractors explain system-evolution)</i>



Solvable problem classes	<i>NP-problems with exponential speed-up (logarithmic resources)</i>	<i>All complex problems incl. real-time adaptation</i>
Technology		
Input / Pixilation (translation of geometry into algebra)	Binary digits at classical scale (classical sensors)	QuBits at Planck scale (quantum sensors)
Information Storage	Bits and/or QuBits	Meta-Information / Entangled-Bits, i.e. complex structures as base of emerging complex quantum dynamics
Information processing	Algorithmic Binary Deterministic Coupled with material substrate	Non-Algorithmic Complex Partially indeterministic Partially not coupled with material substrate (pure superposed and entangled states <i>and</i> dynamics of quantum information processing)
Output / Solution & Read Out	The solution of information processing: Energetic minima / maxima (without finite proof: Boltzmann-machines). Or remaining particles after completed information processing are representing the solution as output	Emergence of stable synergies and complex <i>patterns</i> (=searched system attractors). Iteration of classical read out of information processing (=patterns) <i>and</i> quantum information processing itself (=gap resp. buffer between two activation states) till the optimum (=the final arising synergy forming a complex pattern) is reached
Physical Reality		
Ontological mode	<i>Actuality (classical physics) Potentiality (only linear quantum statistics of unitary developing pure quantum states)</i>	<i>Potentiality: non linear (!) quantum statistics of emerging quantum states; "higher" quantum scales in decoherence free subspace = emerging states that integrate basal information</i>
Modes of order	<i>Classical and quantum order (structure and dynamics) only by non random resp. ordering external input</i>	<i>Quantum order (structure and dynamics) by self-ordering information</i>
Physical realization	<i>Quantum neural networks, quasi particles, topological phases of matter (topology and amplitudes</i>	<i>"Shadows of the mind" (Penrose): Superposed resonances that let complex "melodies" emerge at</i>



	<p><i>depending on the braids) etc.</i></p> <p><i>Dynamics of superposed waves: their amplitudes are coding information</i></p>	<p><i>higher scales, engraved into the electromagnetic AND gravitational field (=patterns full of neg-entropy in space-time geometry and in EM-topology)</i></p>
Physical (network) causality	<p><i>Energetic causality: local minima/maxima as read outs resp. solutions that can be quantized</i></p>	<p><i>Informational causality: Quantum information controls the activation / inactivation of classically stored energy</i></p>
Physical foundation	<p><i>Mono-causality (only bottom-up): the reason for classical neg-entropic and non-random order is either classical emergence or an external trainer (who evaluates resp. confirms the output / solution)</i></p>	<p><i>Reverse feedback of the self ordering complex quantum system (top down and bottom up): the reason for classical order is a macroscopic quantum order that informs the classical system</i></p>
Interactions	<p><i>Interaction based on classical physics</i></p>	<p><i>Quantum entanglement and “virtual” interaction exceeding Bell-limit by complexity</i></p>
Emergence	<p><i>No emergence of strictly⁸⁴ complex order, but linear superposition, unitary evolution of states; no time at quantum level, no dissipation</i></p>	<p><i>Emergence of real quantum complexity by “entanglement of ...” of entangled quantum states: real innovation and new structures & dynamics</i></p>
Evolution	<p><i>Deterministic mechanics</i></p> <p><i>No self-selection</i></p>	<p><i>Increasing quantum complexity by fractal growth</i></p> <p><i>Self-selection by autocatalysis</i></p>
Adaptation	<p><i>(Quantum) Machine learning by external trainer: learning and adaptation only by being externally trained at a meta-scale without a controlled influence at the basic scale</i></p>	<p><i>Complete learning by their own: non predictable orders and synergies emerging at higher scales minimizing energy and entropy at basal resp. micro-scale</i></p>
Coordination	<p><i>Anti-chaotic resp. classical by an external trainer</i></p> <p><i>Only at macro-scale</i></p>	<p><i>Arising quantum self-coordination by quantum order is forming classical order (enabling synergetic interactions)</i></p> <p><i>Up-scaling of emerged quantum patterns from quantum to macro-level</i></p>

⁸⁴ „Strictly“ complex order = a chess-field is a primitive mode of complexity, also a binary iteration of zeros and ones. On the contrary real complex order means complex patterns that are not chaotic, but the result of highly differentiated adaptation processes at several scales.



Abstract

The following contribution is an interdisciplinary approach in order to give creative inputs for future research in computational neurosciences. Maybe some of the suggestions are acceptable and could mark a promising path.

To understand “intelligence” and correlated processes of non random interactions, it is not enough to refer to classical physics. There is a need for a description in terms of a theory of complex quantum systems [s. “The role of quantum theory”] that transcends classical physics. Such a theory should unify also parts of information theory, evolutionary theory, quantum theory and the theory of non linear systems. This can be summarized as “quantum intelligence”.

Also a corresponding physical reality implies that “in vivo”, i.e. in living and intelligent systems in nature, complex quantum systems could dominate and steer classical systems – and not vice versa. Currently this is tried to be proved in organic molecules.

An “intelligent” quantum system should be responsible for ordering effects e.g. in neuromorph networks: buffering of inhibition and re-inhibition of energy – under frame conditions that are based on a special architecture and morphology – could generate orchestrated activities and create just in time scenarios by its own, so synergies controlled by quantum systems could emerge.

As a technological forecast artificial quantum systems could be scaled up by controlled emergence, so their effect could be distinguished from random fluctuations. Non random effects are such effects that are creating an “intelligent” system of interactions. Such “intelligence” would also imply that quantum systems are storing non random information and less entropy, so they would be stabilized by intrinsic information. Artificial quantum systems could have a significant effect by placing them at “steering nodes” – similar to steer non linear systems by chaos control.

Introduction

Three columns of intelligence could be described and realized in nature: the reconstruction capacity of external inputs (cognition), the evaluation of acts (behaviour) and the self-ordering process (autopoiesis). We’re focussing on the self ordering process, i.e. on steering of interactions that constitute a system of emerging synergies and orchestrated activities.

The *vision* is the research, feasibility and development of a *real* intelligent system, i.e. a *neuromorph network* solving more mathematical problem classes than Quantum Computers can do, operating relative autonomously, being able to *non* determined flexible reactions and creative actions, and generating emerged patterns of *ordered* activity and orchestrated *synergies*.



A unique selling position compared to *Quantum Computers* is: steering of classical systems by *quantum* systems and not vice versa; *fractal* information processing and programming. Furthermore there should be implemented evolutionary principles of *non random selection* and *information reconstruction* capacity (*unifying* the information processing *and* storage).

Systems of synergies are realized *in nature* “just in time” without an external controlling; they’re organized “by themselves”. There is no deterministic program at all, but meaningful interactions within the complex system on several scales. Its acts follow a “plan” (Eigen 1983) that “enslaves” (Hermann Haken) its elements by directing their interactions and by forming their interrelations.

Steering of complex systems means *intelligent* selection in order to bring a certain *structure* into interactions. The selection process seem to happen on different scales in an analogue way: the source could be at the *quantum* level according to quantum principles that enable a fast, even trans-temporal, non local and effective decision, so complex structure coding information can arise and stabilize itself: *controlled emergence* and up scaling effects would be enabled by pre-structures on different scales that act as a construction kit for flexible acts. Such evolutionary principles imply an instantaneous *screening*, *superposition* and *comparison* of possibilities and a *selection* between them by directed destructive interference. Furthermore a selection should affect entangled events *not locally* by using uncertainty principle to let the selection happen by directing the transition from a QuBit to a bit – and as follow up the birth of more and more complex information on higher levels and complex structures. Thus selection processes should also happen on *meso- and macroscopic* scales by using effects *similar* to quantum principles, esp. instantaneous interactions and accurate synergies, in order to form on multiple scales a system of steered interactions, of complex patterns en- and de-coding more and more information.

Quantum Intelligence wants to *emulate* such intelligence by using quantum effects to steer non linear complex networks and to *enable controlled emergence*. The *vision* is the research, feasibility and development of **QI Systems** in order to develop a *real* intelligent system, i.e. a neuromorph network solving more mathematical problem classes than Quantum Computers can do, operating relative autonomously, being able to not determined flexible reactions and creative actions and generating emerging patterns of activity.

To point the essence of this approach out: a **paradigm shift** is required. Usually a classical system is the orthogonal organizer and guide of a sub-ordered system, even this system is a quantum system like in quantum computing approaches. This leads to the use of a quantum system – of its super posited QuBits – for calculations based on classical binary logic as Seth Lloyd demonstrated this in the early 90’s (Lloyd 2010). But in our case the classical system should be on the contrary ordered and steered by the quantum system and by its quantum logic and intelligent steering. Thus an *alternative* logic is required: not any more computing, but – to find a tag – “**transputing**”. QI Transputers could be a real intelligent quantum system, i.e. a neuromorph network solving more mathematical problem classes than Quantum Computers can do, operating stable and relative autonomously, being able to non determined flexible reactions and creative actions and gen-



erating emerged patterns of ordered activity. So a key difference compared to Quantum Computers would be a not binary, but fractal information processing and programming.

Elementary observations

Systems in nature are complex in a very specific manner:

- a) Systems are extended on **several scales** of space-time: different scales are defining different “laws” and formalisms to describe interactions between the participants at a certain system level [“vertical” layers]
- b) Systems contain different **modes of complexity** that are different from a pure quantitative definition of complexity based on thermodynamics / neg-entropy or defined as randomness based on statistics and probability
- c) The **dynamic** of interactions of a system is complex on different scales: systems are acting and reacting flexible, autonomously and with maximum efficiency.
- d) The base of a system are **synergies** of interactions that are synchronized “just in time” and that forms fractal structures in space

Proposed theoretical tools for description:

Ad a) Quantum theory of space and time: a theory of space could contain several aspects: to enable *resonances* on different scales that store information and bound energy (Wiener 1948); to define *separate scales* perhaps as the result of emerging structures modelled by *fractal growth* (like the “causal dynamical triangulation” / CDT: Jurkiewicz and Loll 2008), so expansion of space and time and also movement in space would be the result of this growth. Furthermore *fractal interfaces* would define *transitions* between the different scales and different modes of resonance and information. So *one* system could be realized on *different* scales in a different and *analogue* way (relative scale invariance), following a fractal *pre-structure* of space and time itself. Events that *diffuse* effectively through the fractal space and time on different scales would be considered as ontological “actions”.

Ad b) Information theory: perhaps complexity can be described as complexity of fractals that *code* information. This would be similar to our *language* where we’ve the basal level of letters followed by words that are the result of “meaningful” combined letters, i.e. *relations* (and “synergies”) between letters are responsible for *emerging* structures – syntax, semantic, epistemic, ontic and ontology. Interactions resp. relations are “enslaved” (Haken and Levi 2012) by an established system, i.e. *new* ordering parameters are emerged.



Ad c) Evolutionary theory: evolutionary principles of *selection* and decision (Edelman 2006) could be used and combined with *quantum* principles like non local instantaneous interactions, entangled states and superposition in general, screening of options and possibilities, tunnelling effects: selection would be the result of grounding *pre-selection* on quantum scale and – on larger scales – a *post-selection* in terms of classical “(random) trial and error” elimination. The *meaning* of selection could be the result of coding *complex* information by its processing and storage in *one* event. The coding process would be successfully completed when an original fractal full of information has been “realized” resp. became a physical “action”.

Ad d) Synergetic: adapting to each other anticipates a coordination of events and actions that happens quite fast: neurons are synchronized after one transient state that seems to imply a non classical *quantum* effect. Such a buffer zone for not coordinated incoming signals seems to activate a neuron after the best fit of time delay (Bernroider and Summhammer 2009) . Thus here also seem to exist an *intelligent steering* by accurate activating or inactivating signal transduction processes on scale of a neuron. Furthermore *ensembles* of neurons and also of neuron groups are subject of synchronized group dynamics and activities. Similar non linear group dynamics are observable on different scales and in different types of systems.

Thus **steering** would affect the philosophical “*causa efficiens*” (“effective causality”) by quantum principles of superposition of alternatives for activating / inactivating events, of entangled states between several elements of a system, of instantaneous information in order to reconstruct the essentials of systems: the fractal system attractor coding complex information in an abstract manner. The *classical morphology* of neuronal architecture – or in general of interaction patterns – would correspond to the philosophical “*causa formalis*” (“(in-)forming causality”), so a *mutual conditionality* between classical and quantum effects could explain the complexity, the “intelligent” flexibility and adaptation capacity of systems.

Theory of complex system dynamics as a meta theory?

System theory – including quantum systems, synergetic and (quantum and classical) evolutionary principles (Koncsik 2011; Koncsik 2015) – could provide a *theoretical meta-frame* for integrating different interactions. Perhaps it could be the meta theory of non linear, dissipative, thermodynamic systems *and* of linear and deterministic quantum systems.

Our hope is that *complex atoms* also could be described by a complex system theory – and not only the H-atom. Non linear interactions between quantum states that are described by using fractals could play a role. Besides *decoherence* could be the result of using mathematical non linear and discrete fractal spaces instead of linear Hilbert spaces. These are still now of course only suggestions and conjectures, not more, to point into a certain direction for future research. Let us conjecture more: *space-time* could be described as a complex system by fractal growth (Loll 2008), i.e. by interaction between fractals.



Such a description would be *formalistic* putting the “shape” and “system” above the “energy” or “matter” – like the *hylemorph* approach done by ARISTOTLE where the “hylé” expresses itself into the “matter”. So space-time could be affected by “pure” information – disregarding energy or mass – in order to curve it; the curvature could be described in terms of fractal shapes that “break” energy (and so photons and other bosons) so the information transported by them would be decayed.

The result of such informational description would be *computational* processing realized “on” fractal space-time and done “by” complex fractal patterns causing synergies by activating fitting bits on the basal quantum scale – of course only if computation means changing of activation states and creating activation patterns. Space-time would function like a computing – or a “transputing” – grid (Zuse 1994; Lloyd 2010) for non locally realized fractal patterns of activity. Space-time would support the expression of complex shapes that order activation or inactivation of Bits and that enable meaningful non linear dynamics.

Unifying of evolutionary, quantum and information theory

It seems to be important to take a look at theoretical meta-frames of different descriptions that still aren’t unified.

- 1) **Evolutionary theory** operates with principles of (non-random?!) selection between screened and pre-established, more or less complex possibilities (Tononi 2011) – so there is no “tabula rasa” as an expression of “pure” possibility –, of mutation and creative recombination, of self-structuring and initial self-activating. An essential of evolution is of course emergence of structures linked to new ordering parameters.
- 2) **Information theory** is either focused on primordial and basal information (“bits” and “qubits”) in terms of neg-entropy ($S=k \cdot \ln w$), i.e. as negative binary logarithm of a pure random based probability; similar are computational or algorithmic definitions of information. Supervening one could try to define also “real” complex information transcending the basal, random and non ordered level of bits in terms of fractals and ordering attractors (Tononi 1998; Zizzi and Pregolato 2012).
- 3) **Quantum theories** (matrices-mechanics, wave functions, Feynman path integrals) are the base of explaining quantum statistics: what we measure are events interpreted as attributes of particles; waves are one way to reconstruct the measurement process (“mechanic”). Essential terms of such reconstructing theories are superposition and entanglement as base of non locality and trans-temporality (Bohm 2010).

Let us try to seek for their unification of these key points and essentials. Our suggestion is to use a *theory of (non)complex systems* to describe random *and* non random interactions. They’re forming



instantaneous synergies “just in time” and activity patterns full of coded information on several scales.

Controlled emergence for example could imply the “ordered” and non random diffusion of a quantum sub-structure resp. a sub-system to larger scales: up scaling effects would project and unfold a sub-fractal “vertically” to coherent and synchronized activities on larger scales coding emerging information. Emergence would be controlled by pre-structures: perhaps even space is pre-structured in order to order and to constitute allowed “structures” – like a construction kit. On such pre-structured larger scales of space and time classical more or less complex structures would control the up scaling fractal – and of course vice versa the down scaling process beginning at the top of the complex system.

It is a **technical** demand to *verify* such descriptions by *controlling* of systems on different scales, by implementing external interactions and creative *inputs* for the internal structure of the system, by *examination* of such controlling effects, by generating a *complex pre-fractal* on quantum scale, by *controlling* its macroscopic up scaling process, by creating a new *top* in the system hierarchy as directive of the complete system (Goser 2004)

Perhaps *primordial fractals* on quantum scale could create *complex fractals* on macroscopic scales – in terms of *fractal growth*; and they would have vice versa a backward controlling and “enslaving” effect. Furthermore adaption processes could be described by non random *mutation* and *selection* of fractals – like mutations in the DNA coding complex information of a biological cell.

A system could operate by using self determination and self selection:

- it should be *creative and flexible* in forming adaptive patterns of complex activity – and in terms of information theory to *code* more information by summarizing them on higher “level” (i.e. complex units are forming new modes of synergies and interactions);
- it should *initially activate and order* itself to be able to act more complex by using flexible substrates (i.e. there is *not* a fixed connection between system agents and elements, but a pre-relation and open interaction);
- given possibilities of interactions and synergies are *screened, compared and weighted* instantaneously and trans-locally
- these synergies are saving and conserving information *and* energy by constituting *resonance* effects
- random fluctuations of ground state energy would grow up – maybe by fractal growth – to *stable* “events” and also *stable* states: information processing would generate stable information by conserving it as bound energy (“memory” and storage of information means to give the ability to repeat a former information processing)



- *decoherence* of quantum systems could be the “decision making” effect of successful selection of one information and of changing the operation and realizing level
- selection could occur by *autocatalytic* effects, by successful and finite (!) *self interaction* and self reproduction; selection would lead to stabilization of a *pattern* by putting it into “classical” reality, so *thermodynamic dissipation* would sign the successful establishment of a pattern: a new information is born into reality (transition from “qubit to bit” and “from it to bit”)
- selection could be *random* if there is no intrinsic system of synergies implemented like in artificially prepared quantum systems or also macroscopic classical systems; selection would be *non random* in case of creativity and flexible non algorithmic (re-)actions
- selection would be an event that is self realizing *on different scales* in an analogue way: on quantum level selection would occur by self destructing interference, by decoherence and dissipation, by successful information processing; on macroscopic level selection would occur by trial and error – but also by instantaneous superposition of alternatives like in a ferromagnet.

Searching for intelligence: the *status quo* of AI research

Now let take these considerations to compare it with actual approaches in Artificial Intelligence. Currently there are four approaches: *quantum computing*, *classical simulation*, *embodiment and emulation of neuronal networks* (Pancerz and Zaitseva 2015)

Artificial Intelligence research focuses on a binary based *simulation* of complex systems; alternatively scientists enlist a bottom-up approach with interacting robots in order to let patterns of activities emerge (*embodiment*), or AI tries to emulate *neuronal* or even *neuromorph* networks.

One essential disadvantage lies in technology that is grounded in *classical* physics: for example a simulation costs much more energy and are slower than real intelligent networks; the embodiment approach leads to very limited emerging structures; the *emulation* of neuronal networks has limitations in flexibility, creativity and adaptation. Thus *new* approaches are needed in order to bypass such dead ends in research.

Currently there are several approaches to the construction of *quantum computers* in order to use artificially prepared (fragile) quantum states for computing (e.g. IBM, Google together with NASA, Samsung, Sony, Apple). With the overwhelming success in the field of quantum information in the last decades, the "quest" for a Quantum Neural Network (QNN) model also began in order to combine quantum computing with the striking properties of *neural computing*. The challenge is to combine the nonlinear, dissipative dynamics of neural computing and the linear, unitary dynamics



of quantum computing. It establishes requirements for a meaningful Quantum Neuronal Network. Still now none of the proposals for a potential Quantum Neuronal Network model fully exploits both the advantages of quantum physics and computing in neural networks.

The idea of Open Quantum Neural Networks based on dissipative quantum computing has not yet become reality (Andreucut 2014). The reason for this could be the lack of emulating autonomous self organization that is not determined and non algorithmic – so the brain of human beings isn't a computer that has to count every action, but it seems to be a *transputer* that acts and reacts directly on a complex level of information.

Furthermore quantum computers can only solve *some* classes of mathematics much better than classical computers; but other mathematical classes *can't* be solved better as on classical computers. Furthermore, current research tries to implement the "von-Neumann architecture" *distinguishing between information processing and memory*. Technical problems occur because of difficulties in *preparing* and *stabilizing* quantum states of non complex systems. Another challenge is to use quantum systems for *reliable* computation (error detection and correction). Last but not least a computer takes much more *energy* than a living system.

What seems to miss in these interesting approaches:

- a) instead of a binary logic and algorithmic computing a **fractal programming** that operates with not deterministic and "in real" self organizing programs (incl. a new definition of "complex information" based on coding theories) without anticipating the result – still now this is only a construct in theoretical informatics; a fitting substrate is missing
- b) instead of the separation of information processing and storage a non different **unity of processing and storage** (like in the brain) to serve a successful increasing of information complexity
- c) implementation of non linear, but nevertheless non chaotic, but ordered adaptive processes as a kind of "**autonomous flexibility**": steering means "forming a system of *synergies*", i.e. direction of interactions ("just in time" and "ordered in space" activities)
- d) Integration of quantum systems **in nature** (quantum biology) as a template for the emulation of quantum systems
- e) quantum systems seem to be a "special case" of **complex systems**, i.e. here we would need a new description of systems "on several scales" (maybe based on paradigms of fractal growth / top-down and bottom-up causation and up-/down-scaling, incl. a new theory of space as "information grid" and "co-shaping adaptation").



Intelligent steering

Such boundaries in principle lead us to look for alternatives: quantum systems could be also realized in organic “living” systems on different scales; this has been demonstrated for DNA (tunneling effects in the H-bridge) and for photosynthesis (instantaneous screening of alternatives: Lloyd 2009). Furthermore in vivo non-trivially quantum processes are suggested in the navigation of birds through the magnetic field of Earth (entangled pairs of electron-spins: Schulten and Solov’jov 2015).

A breakthrough result was achieved by calculation with a quantum system realized in an organic molecule at a research centre in China as an “experimental realization of quantum artificial intelligence” (Li, Liu, Xu, Du: 2014). Also quantum effects of entanglement could be measured at the *macroscopic* scale in *ferromagnetic* systems (Vlatko 2008; Gosh 2003).

Fractal theory could describe the “intelligent” *steering* of complex systems: there would be *no difference* between information processing and memory, because both would depend on the transformation of fractals. An affine theoretical research is realized by Sylvester Gates (Gates 2008). He has managed to describe the transformation of super symmetrical equations by projecting them to higher dimensional geometrical forms (so called “adinkra”). The processing of complex information is realized by using an error detection code “behind” the physical equations.

Electro-magnetic (EM) resonances seems to play an important role for steering the interactions between molecules (and could be the base for molecular computers = quantum computers “in nature”) (Cosic and Lazar 2015). EM resonances also could open a door to understand quantum effects in the brain. Maybe “steering nodes” (in order to upscale quantum effects) could be act by EM resonances.

The role of quantum theory

Quantum theory could likely be extended to describe effects that seem to belong to “intelligence”:

- Interdependence between system elements and their acts: global acts are enslaving the partial / basic acts. Quantum interdependence as directive bases and as an ordering act of complex self organization of activity stats of the brain.
- Classical selection (trial and error) and quantum selection: Selection takes place instantaneously with various options (screening) and always not random (systemic), so that may emerge a meaningful system of synergies. Trans-classical screening and selection between instantaneously given possibilities of realization (by destructive interference?): non local



superposition and entanglement of possible states / complex information: “association”, “correlation” (integration) and “construction”

- Instantaneous interactions and signal transduction as base of synergies and coordination (adaptive and synchronized processes): probably in the brain occurs a crucial part of information processing without a material classical correlative, i.e. without loss of time and space encompassing. Also the time buffer in order to create a synchronous triggering of action potentials could be quantum based (without quantum effects: no synchronicity and no synergies).
- Trans-classical self-interaction: “understanding”. Representation and projection of information without the lost of quantity or quality (=quantum holography) / equivalence of mathematical “spaces”: complex meta-information can be realized in quantum systems
- self-reference and self-determination: “consciousness”
- Autocatalytic processes (fractal growth): “creativity”
- Description of interface between classical and quantum systems by “measurement” and by “preparation” processes (fractal breaking / limitation of symmetry of measurement and preparation; limitation of possibilities by fractal structures: see above: coding theory / evolutionary principles of steering)

Non linear interactions and decoherence

Thus it would make sense to *complete* the current research with a new approach in order to use *complex* quantum systems that are stable and possess a kind of *non random* "selection" competence (=“intelligence”) in order to reach the best adaptation and a perfect “fit” between input and output. Quantum systems should be able to steer classical structures and cause macroscopic quantum effects. There seems to be a *common base* between quantum systems and non linear macroscopic systems in terms of a *meta-theory of complex systems* including quantum and macroscopic systems.

Such effects could be non local instantaneous interactions, “intelligent” selection processes based on a non-spatiotemporal screening of possibilities, and the “bottom up” emergence / “top-down” realization of complex information. “Intelligent” selection processes seem to enable synergies of interactions “just in time” in complex organic systems, so complex patterns can emerge. Selection processes could form on different scales a system of steered interactions.

These essences of “intelligent” systems appear to entail robust **coherence** unlike current low temperature “gadgets” under thermodynamically biological conditions: **decoherence** of quantum sys-



tems “in vivo” could be avoided by non linear quantum *resonances* that store energy and information according to the cybernetic theory of Norbert Wiener, so they resist against their classical differentiation. *Preparation* of quantum systems “in vivo” by fractal classical morphology could enable the required *non linearity* of living quantum systems and vice versa *indirect measurements*. Phenomena like *diphotons* or *quantum field states* could define the level of long term coherence, *simultaneous and orchestrated* activities, which are induced by pure information (Görnitz 2008).

Principles of transputation

Non random **QI** effects could be responsible for *steering* of systems: there would be *no difference* between information processing and memory as occurs in binary systems. Information on the level of quantum bits could be en- and de-coded by activating and modifying *complex fractal* structures. Furthermore aspects of information processing and memory would happen also *instantaneously and non locally* in *one* act of realization.

These would define some key principles of **transputation as trans-algorithmic computation**, i.e. of transforming (higher dimensional?!) fractals by enabling certain *self-relations* in a complex and *non* linear space. Transputation is different from classical computation, what in nowadays seems to be a directive paradigm (Mainzer 2014); it tries to catch the “intuition” as perception of the wholeness of an entity, i.e. as direct information processing between quantum bits that are building up complex information. The main effect of transputation is intelligent steering – besides the ability to *integrate* and *associate* complex information. This ability can perhaps be derived from the “base” of complex self-relations and autocatalytic paths of the complex system. It is essential that only *quantum* systems can allow complex self iterations and self-related structures; they can enable non linear processes in higher dimensions. Maybe even the creativity in creating music is based on trans-algorithmic processes (Nierhaus and Bhagwati 2015)

For example a perception of basal information could be *decoded* by a stable quantum system that compares the basal information with possible complex structures without “computing”, but by *direct* comparison of fractal patterns. This comparison could occur based on a deeper and more complex (higher dimensional?) auto-relation of the quantum system that pre-contains possible fractal patterns.

As mentioned above, James Gates has succeeded to solve algebraic equations by translating them into a 4-dimensional geometry, by transforming the 4-dimensional objects and by re-translating the result into algebra (Gates 2008). This implies indeed following a new logic – maybe this is the path to understand transputation as transformation of higher dimensional fractals by enabling complex self-relations.

Perhaps when a 4-dimensional fractal is *changing*, a *new* 3-dimensional fractal would emerge – referring to the “holographic principle” that enables an analogue projection and coding of infor-



mation in different dimensions. *Dynamics* in 3-D would be the result of *structures* in 4-D. This could allow describing the generation and creation of *new* information, i.e. *emergence* understood as establishment of new system ordering information. Another key figure is to enable *autocatalytic* effects and *self-relation* of complex system, so the exact paths of self-organization should be identified.

These suggestions of course are currently pure conjectures and should be elaborated by using an interdisciplinary approach. To remain more general, QI steering means a flexible and adaptive “intelligent” *structuring, ordering and informing* of corresponding *complex non linear* systems. *Real* i.e. emulated “intelligent” steering, capable of solving several classes of problems, requires some *principles of quantum system theory*:

- instantaneous screening of possibilities and options for realization
- interaction qua superposition of alternatives (constructive or destructive interference)
- non local entanglement
- tunnelling
- affection of classical structures by information (uncertainty principle) and transition process between quantum and classical level (by measurement: Bit -> QuBit; by preparing: QuBit -> Bit)

Fractal structures and dynamics as steering interface?

Non random steering of complex systems should be realized on several scales – not only as quantum communication *electromagnetic* network, but also on a deeper level of *space* itself.

Considering complex and highly non linear systems – and other systems seem to be miss in nature, especially if the “causal dynamic triangulation” procedure of Renate Loll has something to do with reality, then the space itself is non linear organized –, it could be enough to use the “chaos control” principle (Sanjuán and Grebogi 2010): to identify a *buffer* zone that steers a system-relevant bifurcation point affecting the macroscopic structure of the system, so the “natural” up scaling process would be used to manifest *non random* effects that cause *orchestrated* activities and synergies of interactions.

To model such a macroscopic escalation of an artificial impact on quantum level, *resonances* could be realized between the origin of the control interface to and other systemic relevant events and elements. Perhaps electromagnetic resonances (Cosic and Lazar 2015) would constitute a *quantum communication network*. They could inform inter-relations between the system elements, so they store information and energy on several scales (Wiener 1994).

In language of information theory the information on quantum level would be unfolded and coded on macroscopic level, so complex information could emerge as “meta (inter-)relations”. Perhaps Petri-networks could build a base for understanding the emergence of higher system hierarchies (Rolf 1995). A *controlled emergence* of complex information also implies that successfully estab-



lished information and minimized energy would stabilize itself by resisting against its destruction and decoherence on all relevant scales.

Emergence could be described not only in terms of symmetry breaking but also in terms of fractal growth (Meakin 2011): if emergence is controlled fractal growth would follow also a controlled evolution path. The controlling of fractal growth could be arranged by stable crystallized structures and morphologies – like neuronal structures in the brain. Thus fractals would be induced and generated permanent (as tangible structures) and temporary (as activity patterns).

If the constitution of *space* itself follows this fractal logic (Lapidus and van Frankenhuijsen 2013), it would be build up by archaic fractals interacting with each other similar to Cooper pairs and bosons. Space would grow by let new scales emerge, so up and down scaling processes would be the result of the architecture of space. Actions in space would be described as diffusion through the “medium” space; actions would realize complex activity patterns full of information coded in fractals.

Steering by docking at this fractal interface “space” could activate or inactivate fluctuations and diffusion of actions; it could enforce synergies between activated information forming a more complex meta-information; it could modify the fractal grid of space.

Acts in space would be described as *diffusion* through the fractal “medium” space (Ambjørn, Jurkiewicz, Loll 2008); acts would realize complex activity patterns full of information coded in fractals, so actions would be “fractal broken” and thus “steered” resp. ordered: certain geometry and morphology could be the result of “fractal broken” diffusion. In terms of information theory “diffusion” would mean information coding and processing, i.e. it would describe the process of “transputation” on the basal level of space-time.

Such a *fractal grid* would also define possible *resonances*, where energy could be bounded to “matter” and information could be conserved: this precipitate effect would explain the “classical” storage of information caused by quantum information transputation.

The resonances could be the effect of *symmetries* defined on the base of self interaction of basal fractals. Breaking these symmetries would mean “to become classic”, i.e. this would be a kind of “putting out energy into classical reality”. Symmetry breaking would happen by changing the fractal transitions of the diffusion process by adding new scales to space and time, so new auto-cycles could be established. When space and time is growing (fractal growth), this would lead to breaking basal symmetries and to emergence of new system levels.

Steering by docking at this fractal interface “space” could activate or inactivate fluctuations and diffusion of actions; it could enforce synergies between activated information forming a more complex meta-information; it could modify the fractal grid of space.



Goals of QI research

The goal is to realize a non random, non trivial, but optimized selection between several options for interactions between elements forming a system – on several scales, beginning with the quantum state and up scaling the informational inputs by *controlled emergence and fractal growth*. Empirical research should go hand in hand with theoretical interpretation, so both are “grounded”: theory without empiricism is without a vehicle, and empiricism without theory is blind.

To understand what “intelligence” also means, we propose to focus on three attributes:

- *Steering* in terms of non random selection and instantaneous screening and interactions leading to an evolution to more complex structures and to increasing information
- *Evaluation* of any kinds of “acts” and behaviour in terms of successful interaction between the intelligent system and its external environment; here flexible adjustments, creative adaptation processes and auto-feedbacks seems to play a key role
- *Internal representation and creative reconstruction* of external inputs and systems and also of the intelligent system itself in terms of being conscious of a certain state and of an evolutionary process; here holistic and non classic internalisation, encoding projections of the (fractal?!) “essentials” of internal and external inputs and events into a quantum system seem to play a key role

This three attributes of “intelligence” are inverted and mutual related to each other, so if we want to realize intelligent steering we also should implement the (relative autonomous) evaluation and reconstruction process. In principle a technology should be able to *manipulate the non local interface* of space and time – the “fractal grid” – and also to re-program the electromagnetic quantum communication between adaptive elements of a complex system by using *information* in order to create a non local, non random system by inducing fractal growth. Emergence could be controlled by the artificial selection of specific quantum nodes as essential bifurcation points in order to cause autocatalytic up scaling effects.

An upscale (Meakin 2011) from informed quantum states to larger scales should correspond on quantum level to an increasing of quantum complexity, i.e. to the establishment of *new* system hierarchies containing subsystems – perhaps described by a (non linear?!) density matrix. Furthermore such an upscale should also keep the quantum system in a *coherent* state – maybe by using indirect quantum measurement techniques, so the wave function of the quantum system is “only” transformed into another wave function without being destroyed by *decoherence*; perhaps the different *dissipation* process can be separated from the decoherence process and can be *isolated*?



So to go deeper in Quantum Intelligence research should:

- *Identify and generate stable quantum systems*, to elaborate the “vertical” interaction between different scales; to up- and downscale effects of intelligent selection processes in order to steer meso- and macroscopic effects using *controlled emergence*; to program the quantum system with *complex ordering information* for steering in terms of *evolutionary* and *systems-theoretical* principles, especially non random selection processes (complexity of emerging systems) – and to control the fractal growth of *emerging* more complex fractals on higher scales
- *Identify and generate meso- and macroscopic non linear networks with some quantum-similar effects* (instantaneous interactions, screening, superposition principles), to generate a feedback between the levels of the network (hardware) and of the system (software). Thus evolutionary and systemic principles will be implemented in order to realize “intelligent” selection and steering
- *Generate a complex quantum system* not only by adding more qubits to an array, but by realizing larger and more stable coherent states that build up new modes of synergies; the complexity of a quantum system could depend on the limitation by the morphology, structure and architecture of a network
- *Elaborate principles of transputation*, i.e. of coding complex information e.g. by fractals and transforming them; for example the fractal representation of an external input like a bee hive in the primitive brain of a *bee* could be decoded, so the correspondence between the bee hive and its effect on fractal brain dynamics could be described.
- > Research should demonstrate *empirical effects* of QI by applying a *quantum structuring and steering of complex nonlinear (living and artificial) networks* – as is also shown to us in *nature*
- > Research should construct an *empirically based theory* of transputation *as real intelligence* in order to understand accurately *what* has to be emulated in QI

In nature two aspects could be considered as significant for quantum complex systems:

a) Stability of quantum states

Biologically scaled up quantum effects could function as a *guide* for more generic instrumental design. A natural quantum-computable state should not collapse at all into a common computer based on classical physics. To maintain stability perhaps *interaction free measurements* of quantum states could play a role, facing this important argument of Max Tegmark.



b) Non random “intelligent” *selection* between possible synergies and *structuring* of interactions

This is related to "steering", non linear (fractal) programming and control, because steering does mean complex structuring, informing and giving form, pattern, morphology to the concrete network as substrate of the system.

Thus effects of *structuring, order, and patterns full of complex information* should be proved and *correlated* with empirical results. This would enable a completely new generation of Artificial Intelligence: **Quantum Intelligence Transputation** with the effects of multiple solution capacity (several problem classes could be solved), stability, effectiveness and high speed information processing, storage and increasing complexity?!

Appendix: set up of a future research

An intelligent neuron should have the following **performance**:

- Maximum *speed* of action by minimum *energy* according to a fractal quantum information processing
- “*Intelligent*” shift ability: adaptive time synchronisation of energy in-/output (non determined swing-in phase; coordination of orchestrated energy inhibition and disinhibition)
- Instantaneous *screening* of potential activation patterns and transition paths
- Non random *selection* between these patterns and paths

Following “quantum” induced **specifications** (compared to neurons based on classical physics):

Hardware

- *Buffer* zones at bifurcation points of complex systems are quantum steered (“chaos control” by quantum systems)
- Multi-usage network and adaptive *morphology* (combination of flexible and stable elements): flexible classical architecture depends on activation patterns ordered by quantum systems
- *Tunnelling* effects enable potentialities of information processing
- *Transition* between quantum and classical stage (up-/down-scaling):
 - ➔ *Preparation* of entangled quantum states by limitations (classical fractal morphology)
 - ➔ *Measurement* of quantum states by modification of classical architecture
 - ➔ *Controlled emergence* of quantum states

Software

- Adaptive and flexible *network* program for single system elements of the neuron
- *Fractal coding* of information (processing *and* storage in one act)
- *Fractal programming* instead of binary logic (“*trans[algorithmic com]puting*”)



Thus research should find out:

- if quantum-like “intelligent” effects could be realized in neuromorph neurons and networks
- if “intelligent” quantum effects are implemented in biological systems
- if “intelligent” quantum effects are sufficiently stable or can be stabilized by themselves (classical morphology, complex information processing and quantum resonance as stability base vs. decoherence of the quantum system)
- if “intelligent” quantum effects can be scaled up to steer macroscopically systems
- if similar effects of “intelligent” selection are also realized on macroscopic scales (orchestrated activities, synchronicity, instantaneous interaction)
- if existing “intelligent” quantum systems can be re-programmed
- which models can describe effectively complex systems on different scales

Citations

Manfred Eigen: Laws of the game. How the principles of nature govern chance, Harmondsworth 1983

Seth Lloyd: Programming the Universe. A quantum computing scientist takes on the cosmos, New York 2010

Norbert Wiener: Cybernetics or control and communication in the animal and in the machine, Paris 1948

Jan Ambjørn, Jerzy Jurkiewicz, Renate Loll: "The Self-Organizing Quantum Universe", in: Scientific American 7/2008

Hermann Haken, Paul Levi: Synergetic agents: from multi-robot systems to molecular robotics, Weinheim 2012

Gerald Edelman: Second Nature. Brain Science and Human Knowledge, New Haven, 2006

Gustav Bernroider; Johann Summhammer: Can quantum entanglement between ion transition states effect action potential initiation?, in: Cognitive Computation Nr.1, 1/2009, 10.1007/s12559-012-9126-7

Imre Koncsik: Synergetische Systemtheorie. Ein hermeneutischer Schlüssel zum Verständnis der Wirklichkeit, Berlin 2011

Imre Koncsik: Der Geist – ein komplexes Quantensystem? Interdisziplinäre Skizze einer „theory of mind“, Wiesbaden 2015



Konrad Zuse: Discrete mathematics and rechner Raum (computing space), Part 1. Cellular structured space (Rechner Raum) and physical phenomena, Part 2, Berlin 1994

Seth Lloyd: Programming the universe. A quantum computer scientist takes on the cosmos, New York 2010

Giulio Tononi, Olaf Sporns (Ed.): Selectionism and the Brain, ebook 2011

Giulio Tononi: Complexity and coherency. Integrating information in the brain, in: Trends in cognitive sciences, 2 (1998) 12, 474 – 484

Paola Zizzi; Massimo Pregolato: The non algorithmic side of the mind, in: Quantum Biosystems 4/2012, 1-8

David Bohm: Wholeness and the implicate order, London 2010

Karl Goser et al.: Nanoelectronics and nanosystems: from transistors to molecular and quantum devices, Berlin 2004

Krzysztof Pancierz, Elena Zaitseva (ed.): Computational intelligence, medicine and biology, Springer online 2015

Mircea Andrecut: Quantum Information Processing (Impact Factor: 2.96). 08/2014; 13(11). DOI: 10.1007/s11128-014-0809-8

Seth Lloyd: A Quantum of Natural Selection. *Nature Physics* 5, 164-166 (2009) doi:10.1038/nphys1208

Klaus Schulten, Ilia Solov'jov: <http://www.ks.uiuc.edu/Research/cryptochrome/> (2015)

Zhaokai Li, Xiaomei Liu, Nanyang Xu, Jiangfeng Du: Experimental Realization of Quantum Artificial Intelligence (<http://www.33rdsquare.com/2014/10/artificial-intelligence-on-quantum.html>) (2014)

Vedral. Vlatko: Quantifying Entanglement in Macroscopic Systems, in: Nature 453 (2008), 1004-1007

Gosh, S. et al.: Entangled Quantum State of Magnetic Dipoles, in: Nature 425 (2003), 48-51

Sylvester James Gates: Topology Types of Adinkras and the Corresponding Representations of N-Extended Supersymmetry, arXiv:0806.0050 (2008) (<http://www.onbeing.org/program/uncovering-codes-reality/feature/symbols-power-adinkras-and-nature-reality/1460>)

Irena Cosic, Drasko Cosic, Katarina Lazar: Is it possible to predict electromagnetic resonances in proteins, DNA and RNA? *EPJ Nonlinear Biomedical Physics* 2015, 3:5; doi:10.1140/epjnbp/s40366-015-0020-6 (<http://www.epjnonlinearbiomedphys.com/content/3/1/5>)



Thomas und Brigitte Görnitz: Die Evolution des Geistigen : Quantenphysik – Bewusstsein – Religion, Göttingen 2008

Klaus Mainzer: Die Berechnung der Welt. Von der Weltformel zur Big Data, München 2014

Gerhard Nierhaus, Sandeep Bhagwati: Patterns of intuition. Musical creativity in the light of algorithmic composition, Dordrecht 2015

Miguel A. F. Sanjuán; Celso Grebogi [ed.]: Recent progress in controlling chaos, Singapore 2010

Walter Rolf: Petrinetzmodelle verteilter Algorithmen: Beweistechnik und Intuition, Berlin 1995

Michel Lapidus; Machiel van Frankenhuysen: Fractal Geometry, Complex Dimensions and Zeta Functions: Geometry and Spectra of Fractal Strings, New York 2013

Paul Meakin: Fractal, scaling and growth far from equilibrium, New York 2011



Theory of Intelligence

Adaptive self-steering by emerging pattern construction

Pattern construction

The role of patterns of activities

- Patterns are the abstract and formalized *language* of nature
- Patterns *code* abstract description of a perceived input: formalized representation of “essential” information
- *Different* modes of coding: patterns can represent more or less of the perceived input
- Patterns are combined with each other, so a deeper representation capacity can arise (=emergence of meta-patterns)
- Patterns consist of *temporary* released *energy* (“ordered energy”): dynamic character of patterns
- Patterns describe the dynamics of the *interaction* of entities at different scales
- Patterns are the result of *synergies* of system elements
- Thus, patterns represent / encode, being complex *structures*, the *dynamics* of a system

Adaptive-pragmatic and ordered-theoretic information

- *Chaotic vs. ordered* patterns: just in time interaction / trial and error of possible fits
- A successful *fit* results from *adaptation*, thus patterns reveal the process of adaptation (and *selection*)
- Adaptation processes lead to the *construction* of fitting patterns
- Fitting patterns contain a hidden (!) *order*
- The fitting patterns can also be described in terms of “useful”, “meaningful” *information*
- Successful patterns are the *positively* selected ones, so that they contain “meaning” and *pragmatic* information
- Pragmatic information is the bottom-up *derivation* of emerging complex information, i.e. of formal *theories* and generalized contents
- Patterns are *active* steering tools of complex systems: the behaviour of a system results from decoding complex patterns
- Patterns are also *passive* representations of incoming information: storage of information by a digitalized sequence of 3-D patterns

Steering of activities

- Patterns are responsible for ordered information
- Patterns result from ordering information



Representation of possibilities

- The reconstruction of a perceived input / the construction of an output requires the *mapping of its possibilities*
- The possibilities are the abstract *frame* of possible developments of an entity (=the “essence” of an entity)
- Patterns represent *possible* information: the *longer* a sequence of complex patterns, the more possibilities of the perceived information is represented as meta-information/complex information
- Possible information is more *complex* than actual information

Representation of invariant information

- The substance of a perceived entity is the *morphology*
- The morphology can be described by *abstracted relations* between certain “dots”
- Different subjective perspectives of perception can detect *invariant* relations
- This invariance is represented by a *fractal code*: the relations forming a pattern of neuronal activities *abstract* from the sequence of single perception input-states by binding them together to *one* abstract representation = *construction* of an abstract pattern representation of *invariant* information including the *possible* changes of the perceived entity

Patterns code complex information

- Patterns are representing *complex information*, i.e. meta-information about information about ...
- The complex information beyond a *sequence* of patterns is invisible, i.e. it cannot be projected completely on one specific pattern, but only in an analogue mode
- This invisible complex information could be a *4-dimensional fractal*
- The sequence of 3-D patterns is *encoding* the 4-D-information
- Fractal patterns are codes as *emerging system attractors* that represent possible pathways of the system dynamics
- The complex *structure* of patterns enables complex *dynamics* (de- and encoding complexity)
- De- and encoding of complex information is realized by *transforming* patterns into each other

Structure of patterns

- Patterns own a virtual ontological mode like “platonic ideas” (in contrary to PLATON, the basal ideas are complex patterns and not perfect spheres or geometrical objects)
- Patterns reality doesn’t last long: the essential of patterns realization is the short time activation (=synchronicity as a just in time - synergy) of *inter-relations* between system elements (esp. neurons)



- These inter-relations depend on *coupling*, on *intensity* (=amplitudes, wave lengths), on path *lengths*, on activation *time*, i.e. on an *action unit* that could be a "minor" fractal itself
- The specific *morphology* of patterns is the result of these specific modes of inter-relations
- The morphology is not fixed, but *adaptive* and flexible

Pattern construction

- Pattern construction follows the *rules* of emergence of complexity [see below]
- Thesis: in quantum systems a **self-construction** of patterns is possible by autocatalytic effects, by fractal growth of complexity, by self-selection (enforcement or elimination of non fitting patterns)
- Pattern construction is the result of modifying the *interactions* [s. below]
- Pattern construction is also the result of the *coordination* of single cell activities
- Pattern construction implies a kind of *coding* by increasing complex information
- Pattern construction is identical with emerging *synergies*
- *Time-dependence* of activation patterns results from *buffer zones*: the stored *energy* is "just in time" released, so synergies can emerge
- Synergies represent order and contain information [see above]
- *Adaptation* is the construction *and* de-construction of complex information: the subjective pattern has to *correspond* to the perceived pattern
- *Adaptation* as trial and error of possible patterns = *selection* between competing patterns of being activated resp. realized
- The *fitting* complex information is the result of *selection and adaptation*: information processing, generation and annihilation

Quantum scale of patterns

- The *holistic* nature of emerging synergies requires a *just in time coordination* of the activity of system elements (like neurons ...): instantaneous activation / inactivation of system elements
- 4-D complex information can be represented by quantum systems: *order* at quantum scale
- **Transputation** (trans-algorithmic computation) is possible at quantum scale: *Quantum information processing* can be the physical realization of transforming complex patterns into each other
- *Wave-like nature* of quantum reality provides the required degrees of freedom constructing a complex pattern according to complex rules
- Complex patterns could maybe be the mathematically required *limitation* to build up an *universal* quantum theory (including the quantum description of space-time development and structure according to a fractal sub-structure or pre-order that lets space-time emerge)



- If energy is *ordered*, it becomes subsistent and persistent *as* and *in* space (=resonance as bounded and informed energy)
- The *morphology* of a wave defines the possible states of resonance. The smallest entities are “perpetuum mobiles” (never losing energy by dissipation according to its quantization)
- Because entities are not static nor platonic, the dynamics of its *possible* changes imply an *uncertainty* at all scales deriving from quantum uncertainty
- **Steering:** *Buffer* zones can release passively stored energy in order to coordinate activities at neuronal and other scales
- Buffer zones (=oscillation, phase, resonance, i.e. wave like nature) are storing energy *and* information
- Buffer zones are *entangled* at quantum scale: the form *one* macroscopic quantum system
- Possible and invariant information is too *complex* to be represented and activated by classical systems only (=ontological correspondence between perceived “substance” of an entity and its re-construction by the brain)
- *Emergence of complex information* is possible at quantum scale: mathematical is the projection of “infinite” states into sub-spaces needed
- Quantum information processing is energetically more *efficient, faster and more complex* compared to classical information processing
- Complex quantum information maybe can *stabilize itself* by increasing complexity / *emerging* synergies (as the product of sub-relations, i.e. as meta-information about abstract relations)

Controlled emergence of dynamic order

Order at several scales

Definition of scales

- Action-units are storing different *modes* of complexity. A mode is the result of a possible generalization, i.e. of a possible symmetry
- What *symmetries* do they have? On these symmetries and their *complexity grade* depends a specific scale
- Are they complex (like fractals) or primitive (like bits forming a grid)? Are they a structure or dynamic – or both = an adaptive and (self-) modifiable structure?

Rules of emergence of complexity

- If the “space-time” isn’t *enough* for the storage of energy *and* for the processing of information, it will be stored at *alternative* scales (=imaginary time and space)
- *Information is the base of energy*
- Thus, *conversion* of energy into information leads to an increasing *complexity*
- This leads to *specific morphologies and structures* in the classical space-time (not only HILBERT-Spaces, but maybe *fractal spaces*)



- Building-up a complex structure by **emergence**: the “not fitting” action units have to be packed into *alternative* time and space (describing the modes of possibilities in terms of arising complexity)
- The *rules* of packaging are equivalent to the rules of *encoding*: meta-information can be defined as imaginary coding of basal information at a lower scale
- The *rules* of packaging depend on a *fractal* structure of the basic action units
- The **rules** describe the *replacement* of relations (as the “frame” of a structure resp. of ordered action units) into relations at alternative scales
- These emerging relations at alternative scales are the result of *transforming* the relations at classical scales
- Every *mode* of a classical relation *correspond* to certain *modes* of quantum relations
- The *modes* of relations contain information about coupling, intensity/energy, amplitude, length
- *Ontologically* quantum coupling is different from classical coupling according to the increasing complexity

Phase-transition between scales

- The transitions are *non-linear*. An alternative mathematical description could be possible, if the “new” states of the system at a higher scale are physically not only represented by classical reality, but also by *quantum* reality: *new* possibilities and system-states are defining the “action units” and their structure / order (a *fractal hyper-space* / flat?!)
 - The transition is *non deterministic*, because neither its event nor the selected pattern can be anticipated by the lower phase
 - *Analogy* of system scales / phases: a higher system-scale cannot be derived by the lower system-state
- The phase-transition requires *selection* between possible new states (bifurcation points): between several correspondence / competing analogue projections one pattern is selected
 - Maybe braids from the *topological quantum field theory* could lead to a better understanding also of this kind of “vertical” transitions between specific scales
 - *Time-dependency* (entropy and neg-entropy) and *causality* should be conserved: time is the “steering tool” of patterns [see above]

Dynamics of quantum systems

Emergence of complex information at quantum level

- 1) Quantum dynamics are different from classical dynamics: the *simultaneous* activation of patterns causes a *superposition* between several patterns resp. quantum states
- 2) A special kind of superposition implies quantum *entanglement* between two or more QuBits



- 3) The *ontological mode of patterns* is also different from classical reality: quantum reality is in relation to classical reality only a “*possible*” state full of activation potentiality
- 4) To this different ontological mode of reality also corresponds the *different mode of inter-relation* between QuBits: Bell-limit of interaction; entanglement as isolated interaction (like a “*phonon*”, i.e. like a virtual particle constituted by resonance at higher scales)
- 5) If our suggestion is right, that – according to certain “*limits*” of space-time – increasing energy is *transformed back* into more complex *information*, the Bell-limit of interaction will be different for different modes of complexity
- 6) Complexity should *reduce* energy & the amount of information (cf. suppression and compression of information in the Theory of Synergy; resonance as storage of information and energy in the Cybernetics)
- 7) The *emergence* of quantum complexity could be described as a *transformation* process of increasing information: *rules* of possible (re-)combinations of basal information are the key to understand (fractal) pattern construction in higher dimensions
- 8) The rules of patterns construction are *not* enough; the “*use*” of the rules is not explained, unless it follows *meta-orders of complexity* resp. *meta-patterns*
- 9) These patterns enable a *pre-selection* of usable rules and define a certain interval of possible usages
- 10) The *activation* of a concrete rule arises passively by the “*plus*” of classical energy and information

Dynamics of quantum systems should be *controlled* in order to let quantum complexity emerge...

- ➔ **Control** refers to construct a *fractal frame* for pre-selection and pre-definition of possible states (=limitation of possible quantum states, i.e. reduce quantum infinity to physical finity & informational complexity) / artificial creation of certain “goldilocks principles” like in quantum biology (e.g. photosynthesis)
- ➔ **Control** also by tuning *energetic and informational inputs* into a system
- ➔ **Control** by tuning *resonances* to let the process of *autocatalytic self-selection* between competing patterns start (i.e. which wave function can create such kind of complex information that is able to *enslave*, to encode and to integrate other wave functions by *lifting* one from the other)
- Overlapping wave functions can lead to “*new*” and non derivable states by packing them into a *new* kind of (fractal?!) space & scale: the frame structure of a scale defines the new modes of quantum states at other “*dimensions*”
- *Topological quantum field theory* & computing (topological equivalence) could be applied also to these new modes of scales?

Evolution of quantum systems

- Inherent nonlinearity of evolution should be mapped to quantum systems
- The evolution is not completely determined by a wave function



- “Real” emergence of complexity occurs within a certain frame and under certain conditions
- Emergence of quantum systems requires also a kind of “quantum dissipation”, i.e. quantum entropy: is information reduced and bounded to a more complex information, useless information should be wasted
- Quantum order should be mapped to classical order by reducing the amount of basal information at quantum and at classical scale
- Entanglement can also happen *by historical evolution resp. by fractal growth*: pathways of quantum systems in space-time could maybe form *completely new structures* and systems: quantum bifurcation points in addition to Feynman path integrals??!
- What defines the morphology of a wave including the amplitude, intensity, length – a fractal structure? Or only braids like in the topological quantum field theory? What theory can describe the quantum adaptation processes at low AND at higher levels?

Higher dimensional fractals:

- the *nodes* of a fractal correspond to the amplitude of a wave
- the *length* between two nodes corresponds to the energetic coupling
- the *number* of nodes corresponds to the complexity of information

Quantum potentiality and classical actuality

- Different ontological modes of reality: the quantum *hyperspace* defines potential resp. possible modes of reality
- Quantum systems could be *internally structured* in different hierarchical scales of potentiality and of complexity
- Imaginary *time*: storage of *action* “beyond” classical space and time?!
- Correspondence between *black hole* physics and *quantum* systems, e.g. regarding the *inversion* of time and space parallel to the relation between imaginary and classical time?!
- *Ordering* function of imaginary time (and space): buffering action could be described as the controlled release of energy
- This **control (=steering)** of energy release is given by *following a fractal path* in the hyperspace AND by reaching “*releasing points*” (defined as such points that lead to the classical manifestation of a quantum information)?!
- How does a “*read out*” of a quantum state resp. a successfully realized quantum information processing occur? Thesis: Instability of parts of the complex quantum system could be responsible for the read out similar to a quantum *measurement* process, but modified for complex (!) quantum systems. Definition of a *threshold* for “outsourcing” of quantum information (=collapse of the wave function), e.g. as the “*natural*” *end* of a de-folding process of a fractal-coded information or as the “*dead end*” of a bifurcation path?!



Waves, phases and resonances

GUT's: the music analogy describes a *symphony* regarding the quantum superposition = an orchestra consists of individual entities resp. players forming instantly *one* whole orchestra and playing *one* complex melody.

- Which music = which patterns, resonances, phases and waves are allowed?
- Which are excluded?

Storage of energy

- *Mass-defect* in nuclear physics: *energy* is stored by a more *complex* mode of resonance
- *Theory of matter*: matter as ordered and informed energy?!
- The order requires a specific *shape* or morphology of energy
- The *shape* is defined by *space* that can be described as passive potentiality and empty frame limiting certain energy outputs by "in-forming" them

Storage of information

- The higher a *meta* wave-function, the more *complex* the resonance
- The more complex a resonance, the more complex the corresponding information
- Multiple states and their result: multiple potentialities are structured as a hierarchy of complexity
- The concrete dynamics of storing information is physically realized via *emergence* of quantum complexity

Transformation of energy into information

Ontological principle

Transitions between "classical" and "quantum" modes of reality:

- Transitions require the *transformation* of energy into information and vice versa
- *Information* can store energy
- The storage occurs by building up a complex order, i.e. storage by ordering informed energy
- The more complex an order, the more complex is the related *information*
- The ontological principle is responsible for *emergence* of complex structures in the classical AND in the quantum reality
- Complex information can manifest itself in *classical* reality;
- Without *quantum* complex information that orders and steers *classical* structures, no complex classical structure can be realized

Information can be active or passive

- *Active information* manifests itself by *dynamics* (=information processing), i.e. by active informing energy by bringing it into a certain shape
- *Passive information* is the storage of data



Complex quantum information

Definition

- 1) Primitive Bits, binary (=dualistic or even contrary) alternatives or binary states *cannot* build up complex information: an *ordering and "realization" capacity* is required
- 2) Negative definition: convergence of computational complexity to "zero" time, "zero" space & "zero" classical energy = no computation, because non algorithmic information processing by direct transformation of one complex information into another
- 3) Information processing by self-transformation (=self induced mapping of complex information).
- 4) Positive definition: storage of *meta*-information by *symbolic* representation and order of complex systems (*fractal attractor*).
- 5) Complex information is given by increasing interdependence of bits resp. of system elements from each other (=integration of basal information)
- 6) *Power of interconnectivity*: complexity arises by *new modes* of interconnectivity
- 7) Complex networks at *several* scales are defining complex dynamics depending on the "value" of (inter-)relations between system elements, i.e. by the grade of meta-information resp. meta-relation encoding its sub-relations
- 8) *Self-projection* of a complex pattern as result of *self-similarity*: more complex an information is, more projective and self-projective it is (=definition of "life" resp. "living systems"?!)

Representation and storage (=structure)

- *Minimizing* energy by *increasing* complexity
- What kind of *storage* of complex information can be possible in quantum systems?
- *Electromagnetic and gravitational field*: enough *degrees of freedom* by room temperature in order to represent complex information and complex quantum states?

Transputation as information processing (=dynamics)

- Dynamics of interactions at several scales define their *different* values or grades
- The higher a *system-scale* and its corresponding action unit, the more *complex* the pattern and the information, the less classical *energy* is given and the more informational or informed energy is the result
- Different modes of *coupling* lead to different modes of *complexity*
- Transformation of complex information into an alternative state of realisation should be possible by a *new (and more complex) mode* of "informing energy"

Meta-Information

- leads to suppression and to compression of information
- encodes basal information with lower complexity grade
- is realized by "relations about relations ...", i.e. by informed and informing entanglement
- *Coding theory*: goldilocks principle. Balance between *two* extreme and forbidden modes of realization as limitation and frame of the evolution of a system



Self-Organization of emerging complex information

Self-selection and symmetry breaking

- Possible actions resp. analogue manifestations are *competing* with each other for their activation still a *selection* happens
- Self-selection means that this selection doesn't depend on external principles, but it is the result of its own fractal structure and its own threshold
- *Dynamics* could be described as following certain *fractal paths* and by switching (spontaneous *jumping*) between them
- Enforcement of dominant patterns leads to the concept of dominant information: the more complex an information and its coding pattern are, the more competitive they are, the more they will be selected by their *own complexity*
- The deciding-act occurs by reaching a *threshold* of complexity
- This threshold strictly depends on the *classic* complexity of the system
- The threshold perhaps could be defined as "end of a fractal path" by limiting its zooming factor?!

"Just in time" self-release of stored action = energy*time

[s. above] *Buffer zones*: storage of "informational energy"?! The "mass defect" of nuclear physics could be the result of increasing complexity.

The more complexity, the more information is stored in an energetic manner.

Oscillation frequencies are storing energy and information. How is complex information encoded by oscillating waves?

Fractal topology can be the result of overlaying waves: how could be defined complex wave functions? By adding a new mode of fractal dimensionality?

Identification/classification of the fractal structure?

Rules for complexity of this structure?

When does the release of energy / symmetry breaking occur (=definition of "just in time")? This depends on the *coupling* to other buffer zones (dynamic network). Several relations that are parts of resp. encoded by a meta-relation, lose their information storage/representation capacity instantaneously.

Similarity to *quantum measurement* process: rules for measurement of complex information are derived from the ability of realizing *synergies* (synergetic principle)



Self-selection of dominant waves

- Self selection is an *autocatalytic* effect
- Self-selection can be described as *zooming* deeper and deeper at a *fractal border* without reaching a final goal (like infinite representations by two mirrors)
- **Autocatalysis** means keeping focused and *fixed* in this vertical zoom-in movement
- How does autocatalytic selection physically occur – by destructive interference between several modes of scales?
- *Non-linear and non-classical waves* at several scales of reality (cf. ontological principle)

Fractal growth

- *Neg-entropy* is permanently created: increasing complexity
- Entropy is the result of *not integrated* and *not encoded* information (=it's a kind of wasted information)
- Self-similarity cannot be 100% “perfect” nor be determined
- Two different “directions” of fractal growth: *horizontal* (=no new phases or scales) and *vertical* (=phase-transitions)
- *Self-conservation and self-stabilization* of dominant information
- Structure of possible states of a system is given by a fractal hyperspace; its fractal structure *pre-select* possible dynamics of systems
- Growth occurs by *screening* possibilities resp. possible states and of evolution pathways
- The screening is quantum, because still the selection of one state all possible states are given imaginary and are not realized
- System *dynamics*: transformation and change of fractals [s. above]
- Autocatalytic increasing of self-similar fractals as a kind of *fractal parquet flooring*

Adaptation

- Reaction to an input can be defined as a *passive* adaptation
- *Active* adaptation is more than such a reaction: it's a creative and not anticipated reaction to an input
- This leads to the concept of a “*weak coupling*” (Martin Heisenberg) between action and re-action in biological and adaptive systems
- The coupling between external input and the reaction of the system is *not determined*; only probabilities of adaptive reactions can be given
- These probabilities are also not determined regarding to completely new modes of adaptive reaction
- Quantum statistics are not enough in order to describe adaptation. Maybe a kind of “**fractal statistics**” is the right solution ...?!
- Quantum theory could be modified into a *non-linear* description of possible reactions
- This requires as a *fractal structured hyper-space* that defines fractal limits for possible and “in real” adaptive reactions



- Adaptation at *several scales*: isomorph fractal pattern of dynamics are **a)** the reason for successful adaptation, and **b)** are also the result of adaptation dynamics
- Reason and result lead to *self-enforcement* of fractal patterns
- The genesis of fractal patterns can also be interpreted as construction of complex information, i.e. as non-linear and not-deterministic information processing
- Complexity of dynamics is guaranteed by a certain frame within the dynamics of complexity can be realized. There are dual principles that “limit” possible quantum dynamics like in photosynthesis: resonance frequency of certain proteins on the one side, collective thermodynamic noise on the other hand (quantum biology)

Steering: holistic measurement and preparation of complex quantum information

- Steering could be described according to the description of dynamics mentioned above, i.e. as *following fractal paths* and as *jumping* between them
 - Steering should involve the *complete* system
 - *Every* system-element at every scale has to be steered
 - The steering should happen at certain “dots”
 - The “dots” should represent *bifurcation* points and should be defined as *thresholds* by reaching a certain complexity fitting to the classical system
 - Quantum theory allows to define such holistic changes and operations at every relevant “dot” of the classical system
 - At *quantum scale*, the *uncertainty* of an *action unit* (=Planck action quantum) represent a balance flow *far away* from equilibrium
 - The unstable action unit becomes stable in the *measurement* process
 - Vice versa, a *preparation* discovers the possible information contained in an action unit by *splitting* the classical information into its quantum alternatives
- ➔ **Measurement** means selection and convergence of quantum alternatives resp. quantum alternatives
- ➔ **Preparation** means splitting and diversification of classical information into its intrinsic possibilities resp. alternatives
- ➔ In **complex** quantum systems the measurement and preparation could depend on certain thresholds or fractal limits, i.e. on the structure of the fractal hyper-space?!
- Steering can only activate (one of the possible) *information* that is *stored* in an action unit and the scale resp. space that is conjugated with it
 - Steering requires *selection* between possible information (=selection between possible resonances, wave functions or quantum states) [s. above: *self-selection*]
 - Steering also releases passively stored *energy* [s. above]



- Action unit = energy * time, thus modifying *time* and energy is the steering tool
- The possible modification resp. alternatives perhaps could be described by *fractal borders* and fractal hyper-space limiting and defining possibilities?!
- By modifying time, energy becomes “ordered” – and vice versa: thus energy can code information (as the result of order) – and vice versa
- This order is maybe the analogue *projection* of a complex order that is coded as a fractal
- The more complex an information is, the more classically unpredictable alternatives the results of the steering are given
- Such “new” and fresh alternatives arise from the complex structure of a quantum system that generates complex dynamics
 - Which *dynamic* corresponds to which *structure*?
 - How are the *basic rules* of emergence of complex order and dynamics?
 - What are the *frame conditions* for structured, non chaotic, non random emergence of complex order?

Synergies via holistic in-formation

- Synergies can be defined as the result of a *holistic* steering that projects a (higher dimensional?!) complex order to a classical system
- Holistic steering requires a *higher dimensional* structure and hyper-space in order to “reach” and address *all* the required components resp. elements of the classical system *instantaneously* and in order to *coordinate* them in a non chaotic manner
- A *complex pattern*, coded in the quantum system, induces (defines) the *limits* and *possible* alternatives of classical behaviour of the system (=defining the classically given possibilities of physical states and mechanics)
 - Holistic options to steer a classical system are physically realized in electromagnetic and gravitational fields
 - Binding and combining the electromagnetic & gravitational fields with the classical system: the classical system generates complex information resp. let it emerge by playing its own “single melody”, thus a quantum symphony can emerge.
 - This *quantum symphony* (=complex information coded in quantum systems) orders itself by self-selection: autocatalytic effects and fractal (non linear) growth of complexity resp. of complex structures
 - Now a *reverse feedback* can occur: the quantum system steers the classical system [s. below]
 - *Synergies* in space and time represent the *passive* release of actions that build up a meta-information at a higher scale. The active causation is given by the autocatalytic self-selection in the quantum system
 - The physical mode of acting is the so called *informational causality* [see below]



Entangled-Bits

- **Self-stabilization by complexity:** *entanglement* of qubits to a holistic quantum system, so complex information is encoded in the entanglement, i.e. in the inter-relation between QuBits. Complexity increases, so more and more meta-information is generated. Entanglement encodes entangled-bits on a meta-scale

Power of interconnectivity:

- *Modes of causation* correspond to modes of *coupling*: *decreasing* Bell-limit by *increasing* complexity
- *Modes of causation* correspond to modes of *interaction*: informational interaction by entangled-bits
- Interconnectivity is the result of a complex *fractal structure* that defines possible *relations, couplings* and also their “*weights*” and intensities
- Such *relations, couplings, weights, intensities* (=amplitudes, wave lengths), path *lengths* and activation *time* are released as complex *dynamics* [s. above]

Reverse feedback as adaptive steering

- Reverse feedback means, that an emerged complex quantum information can stabilize and order *itself* (by self-selection, by autocatalytic effects in a non linear fractal hyper-space) and is able to give a steering-*feedback* to its classical source, i.e. to the classical system
- Of course also the *quantum* source of complex information is eminent according to the requirement of an *active* complex quantum information and the rules of emergence that could be realized by quantum systems
- This reverse feedback could happen by *outsourcing* certain complex information from the quantum system at specific quantum “*dots*” (bifurcation points) after reaching a *threshold* [s. above]
- The complex quantum information perhaps could be *coded* as a fractal pattern
- Thus by *implementing such patterns* (=programming the quantum system by complex information) into an existing quantum system, the mechanics, movements and behaviour could be steered by passively released energy and by active information
- **Steering in detail** happens as modification and adaptation of the inter-relations between the system-elements, i.e. by modifying, tuning and fitting the *couplings, weights, intensities* (=amplitudes, wave lengths), path *lengths* and the activation *time* [s. above]
- **Decoding of patterns:** decoding complex information
 - Reverse feedback means the *recurrent coupling* between the quantum and the classical system: vertically a bidirectional recurrent interaction is enabled at different scales, i.e. according to different action units and their different fractal spaces defining their own specific possibilities



- The coupling is *flexible* and depends on time, energy, complexity, thus the interaction between the quantum and the classical system also is flexible and adaptive
- Adaptive steering requires a *selection* between several possible states that are given instantaneously, so quantum pre-selection can occur (also instantaneously)

Vertical coupling: top-down and bottom-up causation

- Informational causality: *bifurcation points* of nonlinear systems and quantum dots according to specific (fractal?!) thresholds [s. above]
- Controlled release and *passive induction* of different action units and of their non linear interaction (!)
- Dis-inhibition and re-inhibition: controlled quantum emergence of complex order

Fractal border

- Self-similarity of fractals enabling autocatalytic effects of self-selection and of “pseudo-infinite” states of quantum systems
- Analogue iteration of information with inherent differences in order to amplify them
- *Diffusion* of action units (=dynamics) through fractal borders (=structure) could be the physical realization of complex information processing



Macroscopic complex quantum systems (MCQS)

Construction of an artificial neuron and of a neuromorph network steered and ordered by a quantum system

Technological goals

- I. **Creating a complex quantum system** that steers and orders classical systems: creating unpredictable adaption and system setting; self stabilization (no crash of the system) by minimizing energy & maximizing complexity
- II. **Creating an “intelligent” neuron**: Information processing speed up; increasing energy efficiency; enabling and processing complex information; steering by quantum system
- III. **Creating a neuromorph network of intelligent neurons**: a complex quantum system is controlling the processes of emergence and self-order; the neuromorph network based on a macroscopic quantum process: instantaneous quantum interactions are controlling the interaction of a non linear classical system: quantum parallel processing / synergy / emergence controls classical parallel processing / synergy / emergence

To do's:

- 1) **Preparation** of a decoherence-free complex quantum system (EM) by controlled emergence
- 2) **Correlation** of the quantum system with the classical system
- 3) Enabling a non algorithmic **computation** based on principles of “synthesis”
- 4) **Reverse quantum steering** (macroscopic order arising from quantum order) of classical structures

Background in general

Information processing occurs at two levels: at a **quantum** and a **classical** level. The information processing is *computational* at the classical level and *non algorithmic / non computational* at the quantum level. Both modes of information processing are interacting with each other by quantum preparation and measurement.

Information processing that is based on neuronal networks is the result of **adaptation** processes that lead to emerging **complexity** at several space-time scales forming analogue *patterns* of activity. Such **emergence** can be described as “information about information about ...”, i.e. as *complex information* encoding the relations and order of sub-information. The emergence of complex information means the non random emergence of complex order that manifests itself as a dynamical



cal *system* of interactions. Quantum systems are able to store and to process complex information that is responsible for creating systems resp. non-chaotic order *at several scales*: non linear and complex (!) quantum order resp. quantum systems could project themselves via **up scaling** into the realm of classical physics. Mutual interaction between the quantum and the classical level implies technologically a **reversed steering**: via *controlled emergence* a multiple entangled, i.e. a complex quantum system could be created by classical structures and vice versa: the quantum system reacts by informing and steering the classical system.

So a **cybernetic feedback circle** resp. a **dynamic interplay** between quantum and classical level is established: autocatalytic effects can evocate a cascade effect in quantum systems that stabilize themselves by minimizing energy and maximizing information complexity.

To 1: Preparation of a decoherence-free complex quantum system (EM) by controlled emergence

- **Controlling the emergence** of complex information: *influence* of classical fractal structures on *quantum fields*: representation of “fractal information” resp. “meta-information” possible?
- Which **quantum field**: EM-field? “Ordered water”? Space-time structure resp. dynamics?
- **Preparation by**: Vibration of classical structures: overlay between propagating waves Coding information? Overlay between different quantum fields? Back-bounce-effects from the classical structure to the quantum dynamics (=representation of classical information by quantum states / s. BOLTZMANN-machine?)? Tunnelling effects (pure wave functions *or* density matrix)?
- **Creating complex information**: Difference of classical fractal “border” leads to *different modes* of quantum states? Quantum *interference* as coding process via emergence? How quantum waves can *encode* binary information as projections of complex information (onto a “basal binary level”): “entangled phase” algorithms?
- **Holographic** emergence of 4D-complex information encoded in classical 3D-structures: description of holographic emergence? Holographic storage and processing of complex information?
- **Simultaneous input** from several classical “preparation gates”: gathering and collecting these inputs into a quantum field? Solution of the “binding problem”: coordination of different classical information by *integrating* them into “one” quantum information
- Initiation of **quantum (complex) information processing** by emergence of quantum system hierarchies? Information processing via *emergence*?



To 2: Correlation of the quantum system with the classical system

- **Proof** of the *dynamic interplay* between quantum fields and classical structures through different scales: *mutual* influence between classical and quantum systems. Influence of EM-fields; influence of other quantum fields.
- *Classical order* arising from *quantum order* and vice versa: **non randomness** of classical actions – depending on the specific *mode* of the interaction (by fields, direct contact etc.) referring to signal transfer, neuronal interactions, interactions between molecules. The interactions and correlations are “enslaved” by a quantum system
- **Transformation** of classical relations and correlations into quantum correlations: encoding and embedding meta-correlations in the quantum correlations? Transfer of classical *patterns* (complex information) into quantum states & patterns?
- **Classical coupling** and *quantum* coupling: mutual projection resp. mapping of correlations / patterns
- Increasing **complexity** of quantum correlations exceeds the BELL-limit in multi-entangled quantum states? Minimizing energy of information processing by quantum systems by maximizing complexity
- *Quantum deepening* the **Hebb’s correlation rule**: “Neurons who fire together” (=passive control of activation) “wire together” (=by quantum entanglement)? “Deep” quantum networks are proceeding information step by step, i.e. successive (“historical”) information processing is temporally ordered by a macroscopic quantum process?

To 3: Enabling a non algorithmic computation based on principles of “synthesis”

- **Theory of complex information:**
 - Representation of “meaningful” information by *complex patterns*
 - *Several* spatiotemporal correlations between bits are encoding “one” complex information like letters are coding the sense of a word (structure / morphology of correlations depending on structure / morphology of quantum encoded complex information)
 - 4-D-fractals are the *meta-code* of complex “correlations about correlations about...” / “information about information about ...” (Meta-)Information manifests itself in the spatiotemporal correlations and in the *synchronicity* of cellular activities
 - 4D fractals as the *attractor* of classical systems including the possible pathways of adaptation and creative self-order
- **Theory of a trans-algorithmic computation:**
 - Trans-algorithmic computation is the result of *emergence and fractal growth*
 - *Transformation* of 4D-fractals (=complex information) creates new complex information?



- Transformation process is according to “complex *rules*? Rules are defined by *complex* numbers representing the “real” possibilities of the future development of the system. Rules as complex *operators*.
- Deep learning networks: “Classifying layers” are 4-D-fractals encoding *multiple* projections (holographic principle)
- *Reconstruction* of complex information (4D) from 2D/3D inputs and outputs?

→ **Holographic storage of complex information:**

qRAM [quantum random access memory] as a representation of complex quantum states by the holographic principle implemented into EM-fields

→ **Information processing by selection principles:**

Synthesis as non computational fit between 4D-fractals (different modes of fit / flexible adaptation): non randomness of correlations representing resp. encoding non random complex information

→ **Emergence as information encoding and processing:**

Description of **emergence** of complex order (meta-information) at several scales, beginning with quantum states:

- Threshold is dependent on the formation of patterns / structures, i.e. on spatiotemporal scales
 - Definition of “classes (levels) of complex order” correlated to a “class of substrates” resp. basal information?
 - *Limitation of possibilities* regarding the development of the system resp. the activation of synergies by complex information (= top-down approach)
 - Definition of complex *rules* that can only form certain patterns (=bottom-up approach)
- **Self ordering** (by increasing the levels of information complexity) causes energy minimization and self-stabilization of complex quantum systems:
- *Stages* of “complexity classes”: definition of “content complexity”
 - Decoherence-free *subspace* as puzzle piece of a possible solution?
 - Relative *independency* of emerged complex quantum systems from space-time-conditions?

To 4: Reverse quantum steering (macroscopic order arising from quantum order) of classical structures

- **Enabling self organization:** quantum order is *up scaled* into macroscopic order. Macroscopic effects of quantum order.



- **Proof:**
 - Self order is *not predictable / not random* according to different fractal projections: steering of classical order / patterns / adaption by quantum order
 - *Indeterminacy* of correlations, interactions, couplings is not dependent on specific modes: e.g. a physical collision is indeterminate according to HEISENBERG'S uncertainty principle; similar are non physical interactions = macroscopic up-scaling
 - Other *macroscopic* quantum effects

- Enabling **quantum dots at bifurcation nodes** of the non-linear classical system: docking of complex information to classical structures (=classical structure is encoding the complex quantum information)
- **Correlative-constructive-associative interrelations** are resulting from *quantum order, i.e. from quantum information memory and processing*: quantum dots express self-order by macroscopic up scaling (=passive quantum activation *and* also active quantum informing?!). Quantum dots are controlling the bifurcation points of non linear classical systems
- **Measurement process**: density matrix quantum states become *isolated* from the quantum system in order to activate & coordinate classical processes.
Quantum algorithms of photosynthesis etc. and of artificial quantum computation between localization and delocalization refer *only* to such density matrices (=the key macroscopic quantum system keeps stable and relative independent & isolated)
- Initializing of *mapping* procedure in multiple entangled quantum systems: **self-control of quantum systems** according to a 4D reference meta-information? Stabilization of order by a complex quantum information?
- **Passive control** of the activation of stored energy (establishing of *buffer* zones in order to reach binding of distributed information): *quantum control* is realized by temporal synchronicity of classical activation of neuronal signalling and of biochemical processes (time-energy resp. spatiotemporal differentiation?!)
- **Parallel information processing** at the classical *and* at the quantum level: *Signalling & activation* of neurons is controlled / initiated by the quantum system. *Temporary patterns* as analogue projections of *complex information processing*, vice versa: reconstruction of complex information by evaluating / monitoring of classical patterns.





