

Interview mit Prof. Dr. Hermann Haken, durchgeführt von Claudia Bergomi und Wolfgang Tschacher am 19.2.2013 in Stuttgart

Synergetik

TSCHACHER: Ich habe mich viele Jahre mit Synergetik¹ befasst und sie als Forscher genutzt. Im Zentrum der Synergetik steht Selbstorganisation, aber was ist überhaupt Selbstorganisation? Ist es eine Prozesseigenschaft von materiellen komplexen Systemen und auch von mentalen komplexen Systemen? Oder ist es Eigenschaft einer mathematischen Struktur?

HAKEN: Ganz oberflächlich würde ich zwischen Organisation und Selbstorganisation unterscheiden, etwa an einem Beispiel: Ein Bildhauer formt eine Statue, d.h. es entsteht eine Struktur, etwa ein Porträt, durch explizites Zutun von aussen. Im Gegensatz dazu würde ich als Selbstorganisation bezeichnen, wenn ein solches Porträt von alleine entstünde, ohne Zutun eines Bildhauers.

Im täglichen Leben haben wir es oft mit Strukturen zu tun, die von Menschenhirnen erdacht und von Händen geschaffen wurden. Die Natur hingegen hat dies eben nicht an sich, sondern Pflanzen und Tiere entstehen ja von alleine. Ich sehe also zunächst den grundsätzlichen Unterschied zwischen Organisation und Selbstorganisation...

TSCHACHER: Die Frage ist also: *Wer* erzeugt Ordnung oder Organisation...

HAKEN ...genau, sowie: was ist überhaupt Ordnung, wie entsteht sie von alleine? Wir vermuten in Strukturen, die wir in der Umgebung wahrnehmen, immer Ordnungsprinzipien. Was heisst Ordnung? – dass die Teile in einem bestimmten, wohldefiniertem Zusammenhang stehen und auch in einer wohldefinierten Weise kooperieren.

TSCHACHER: Die Beispiele, die du meist anführst, sind materielle Systeme... wird in der Synergetik ursprünglich immer an materielle Systeme gedacht?

HAKEN: Das ist richtig, aber die Frage ist natürlich: wie geht unser Geist mit diesen materiellen Substraten um? Wie verarbeiten wir geistig diese Eindrücke, was bedeuten uns diese äusseren Erscheinungen? Man erkennt als Prinzip unseres Geistes, Ordnung in das Chaos bringen und Bedeutungen erkennen zu wollen. Insofern entsteht die Behandlung der Selbstorganisation in einem Wechselspiel zwischen dem, was auf uns von aussen zukommt und dem, wie wir geistig und handelnd darauf reagieren.

TSCHACHER: Selbstorganisation als zentrales Phänomen ist also zunächst materielle Selbstorganisation, auf die der Geist dann reagieren kann? Oder könnte man sagen, auch von deiner Biografie her, es handelt sich eher um eine mathematische Struktur, mit der man beschreiben oder modellieren kann, wie sich allgemein Strukturen bilden?

HAKEN: Unsere Idee war letzten Endes, allgemeine Prinzipien herauszuarbeiten: welche Selbstorganisationsprinzipien gibt es in der Natur oder auch im menschlichen Bereich,

¹ Haken, H. (1977). Synergetics – an introduction. Nonequilibrium phase-transitions and self-organization in physics, chemistry and biology. Berlin: Springer.

unabhängig von der Art der beteiligten Teile. Es macht den Reiz dieses Ansatzes aus, nach ganz allgemeinen Prinzipien zu suchen. Das geht nur auf einer genügend abstrakten Ebene, damit kommt automatisch die mathematische Behandlung herein. Das Interessante ist aber nun, dass es hier eine Art eins-zu-eins-Korrespondenz gibt: Man kann Sachverhalte sowohl mathematisch durch Gleichungen oder mathematische Größen beschreiben, wie auch verbal ausdrücken.

TSCHACHER: Einen zentralen Teil der Synergetik hast du als "zirkuläre Kausalität" bezeichnet...

HAKEN: Dieser Begriff bedarf zweifellos des Nachfragens. Ich muss gestehen, dass ich in diesen Begriff durch die mathematische Behandlung "hineingerutscht" bin. Wir befassten uns ja mit dem Paradebeispiel des Lasers. In einer normalen Lampe wird Licht durch einzelne Atome erzeugt, die Wellen unabhängig voneinander aussenden. Beim Laser kommt es dazu, dass die Atome sich von alleine in Ihrem Ausstrahlungsverhalten so arrangieren, dass eine völlig gleichmässige Welle entsteht. Diese gleichmässige Welle wirkt wie ein "Ordner", wie eine ordnende Hand. Die einzelnen schwingenden Elektronen in den Atomen sind gewissermassen wie Boote auf einem See, über den eine Welle läuft, und dadurch schwingen die Boote im Takt auf und ab. Das ist also der eine Akt der Kausalität, die entstehende Welle wirkt wie der Puppenspieler, der Puppen tanzen lässt. Aber, und das ist das Neue, umgekehrt wirken die einzelnen Atome wieder zurück auf den Ordner, nämlich indem sie durch ihr Ausstrahlungsverhalten diesen Ordner erst generieren. Beides zusammen habe ich als zirkuläre Kausalität bezeichnet.

TSCHACHER: Also können die Teile den Ordner verstärken! Kann man das so sagen?

HAKEN: Nicht nur verstärken, sondern allein durch ihr Zusammenwirken schaffen sie erst den Ordner. Da ist eben eine gedankliche Hürde, vor der wir stehen: einerseits nehmen wir den Ordner als gegeben an, er erzeugt das gleichmässige Verhalten der Teile, zugleich erzeugt das gleichmässige Verhalten der Teile wiederum den Ordner.

TSCHACHER: Erzeugen im Sinne von "kausal bewirken" oder im Sinne von: "der Ordner ist nichts anderes als das gleichmässige Verhalten der Teile"?

HAKEN: Das ist nun eine ontologische Frage. Die Ontologie des Ordners wird uns immer wieder begegnen. Welche Eigenschaft hat der Ordner? Beim Laser kann man das nachverfolgen: Zunächst einmal schaffen die einzelnen Atome durch ihr Ausstrahlen einzelne Lichtwellen. Und diese Lichtwellen werden dann verstärkt; unter den Lichtwellen gibt es Konkurrenz, und diese Konkurrenz führt dann zur Auswahl einer speziellen Lichtwelle. Diese ist der Ordner. Wenn dieser Ordner da ist, dann versklavt er die einzelnen Teile.

TSCHACHER: Also hat der Ordner, die makroskopische Ordnung, einen kausalen Einfluss auf die Teile.

HAKEN: So ist es in diesem Fall. Aber es gibt auch Fälle, wo der Ordner gewissermassen eine Fiktion ist, eine mathematische Größe, bei der wir offen lassen müssen, was sie ontologisch bedeutet.

TSCHACHER: Du sagst, in unterschiedlichen selbstorganisierenden Systemen ist die

Ontologie von Ordner und Teilen unterschiedlich? Also man kann manchmal von zirkulärer Kausalität sprechen, und manchmal würden wir das Korrelation nennen müssen?

HAKEN: Dann handelt es sich nur um parallele Erscheinungen. Das Wort Zirkularität bringt eine künstliche Interpretation hinein. Man kann mathematisch beim Laser zeigen, dass es zwei Sätze von Gleichungen gibt; die einen beschreiben die Lichtwellen, die anderen die Atome. Diese Gleichungen sind aneinander gekoppelt, so dass die Lichtwellen einerseits das Verhalten der Atome bestimmen, und umgekehrt die Atome das Verhalten der Lichtwellen. Das ist wirklich eine materielle Beziehung, die man im Sinne der Physik als kausal bezeichnen muss. Das ist mathematisch eins zu eins nachvollziehbar: Du kannst das Lichtfeld ausdrücken durch die Aktion der Atome, und die Atome durch die Aktion des Lichtfeldes. In anderen Fällen jedoch ist es wirklich nicht mehr so eindeutig, da müssen wir etwa Gleichungen für die einzelnen Teile in neue Kollektivbewegungen transformieren und dürfen dann die Kollektivbewegung als Ordner ansehen. Das ganze ist dann schon wesentlich abstrakter geworden.

Mikro/Makro

TSCHACHER: Anwendungen solcher Mikro/Makro-Zusammenhänge sind ja besonders interessant für Leute, die über mind und matter nachdenken. Dabei ist eine gängige Idee: Die Mikro-Ebene ist das Gehirn, die Makro-Ebene der Geist, und Kontrollparameter, die das beeinflussen, entstammen dem Körper oder der Umwelt. Würdest du dem zustimmen oder würdest du eher meinen, dass mind und matter beider emergent sind bezüglich eines beiden zugrundeliegenden Substrats? Was dann eine eher monistische Vorstellung wäre...

HAKEN: Es lag für mich nahe zu sagen: die Teile sind die einzelnen Neuronen, also was materiell passiert. Der Ordner ist, was sich makroskopisch ausbildet, die Konfiguration der einzelnen Neuronenzustände. Diese bekommt aber dann eine neue Bedeutung, als etwas Abstraktes, als der Geist. Aber das wäre nur die eine, die materialistische Ansicht: Die Neuronen sind das Primäre und der Geist das Sekundäre. Die andere Möglichkeit ist, dass ich beim Ordner ansetze, was ich mathematisch durchaus tun kann: der Ordner ist dann primär, als Versklaver der einzelnen Teile. Das entspräche dem Idealismus. Oder man kann sagen, dass Ordner und Teile sich gegenseitig bedingen: Das ist mein Standpunkt, den schon Spinoza eingenommen hat, wie ich später erfahren habe. Es entsteht wieder die Frage, was dieses "Sich-gegenseitig-bedingen" bedeutet? Da gibt es die parallelistische Interpretation, und anderseits die Idee, dass hier wirklich ein logischer Zusammenhang besteht, der aber nicht mehr kausal begründet werden kann.

TSCHACHER: Dann wäre also zirkuläre Kausalität im zweiten Sinne zu verstehen, nicht als eigentliche Kausalität, sondern als ein anderes Zusammenhängen...

HAKEN: Als eine rückwirkende Beziehung, eine selbstreflektierende Beziehung, die man mathematisch sofort niederschreiben kann. Ich führe als Beispiel Newtons Gesetz an: Kraft gleich Masse mal Beschleunigung. Das ist an sich eine mathematische Identität, aber wir führen neue Begriffe ein. Wir haben eine Idee, was Kraft ist und was Beschleunigung. Beides sind eigentlich zwei völlig verschiedene Begriffe und trotzdem, mathematisch gesehen, wird eine Beziehung hergestellt.

TSCHACHER: Ist das nicht eigentlich nur eine definitorische Beziehung?

HAKEN: Nicht unbedingt, denn du hast verschiedene unabhängige Größen, die messbar sind. Du könntest die Kraft mit einer Federwaage messen, die Beschleunigung mit Länge und Zeit, und die Masse nochmals anders.

Schwierig wird's dann, wenn man die mathematischen Beziehungen ontologisch deuten will. Da haben wir beispielsweise den "synergetischen Computer" entwickelt, der Muster, wie etwa Gesichter, erkennen kann. Interessant ist, dass im Gegensatz zu allen anderen Gesichtserkennungs-Algorithmen wieder der Begriff des Ordners oder Ordnungsparameters hereinkommt. Ich fange mal so an: Wir haben Mustererkennung verglichen mit Musterbildung. Bei der Musterbildung, etwa im berühmten Beispiel der von unten erhitzten Flüssigkeit, bilden sich bekanntlich Rollensysteme aus, die Bénard-Konvektion. Wenn die Flüssigkeit in einem kreisrunden Gefäß ist, ist jede Richtung der Rollenbewegung gleichberechtigt. Nun kann man aber anfänglich eine Rolle vorgeben und dann das System agieren lassen, so vervollständigt sich das Rollensystem. Wir haben dann auch zwei Rollen vorgegeben, die eine etwas stärker als die andere: Es gewinnt die stärkere Rolle und das Rollensystem entwickelt sich gemäss dieser grösseren Rolle. In der Analogie sagen wir, die verschiedenen anfänglichen Rollen gehören zu verschiedenen Ordnungsparametern, die in einen Wettkampf eintreten. Der ursprünglich stärkste Ordnungsparameter gewinnt und zieht dann das ganze System in den entsprechenden geordneten Zustand. Das ist Muster-Bildung.

Mustererkennung, auch ganz wörtlich genommen im Gehirn, ist praktisch nichts anderes. Dem Bewegungszustand der Flüssigkeitszellen entsprechen jetzt Grauwerte von Pixels in einem Bild, das ich sehe. Wenn ich nun ein abgebildetes Gesicht sehe, dann habe ich im Allgemeinen ja nur einen Teil des Gesichts vor mir und auch nicht den Namen der zugehörigen Person. Nun wirkt das synergetische System im Sinne eines assoziativen Gedächtnisses nach dem Mechanismus, den wir soeben kreiert haben. Die einzelnen Grauwerte der Pixels gehören im Prinzip zu verschiedenen Ordnungsparametern. Es setzt wieder der Konkurrenzkampf ein, einer gewinnt und bringt das ganze System in einen geordneten Zustand. Zu dem Teilgesicht, das ich dem Computer anbiete, gehört das ganze Gesicht und etwa auch der gespeicherte Name. Die dahinterstehende Idee, im wahrsten Sinne des Wortes eine "Idee", ist: die Ordnungsparameter entsprechen den Wahrnehmungsinhalten. Wenn ich ein Teilgesicht sehe, dann hat es virtuell verschiedene Wahrnehmungsinhalte, ich kann immer noch verschiedene Gesichter hineininterpretieren. Aber durch diesen Mechanismus entsteht ein Wettkampf zwischen den Wahrnehmungsinhalten, und aufgrund des grössten "clue" entsteht schliesslich das ganze Gesicht. Dabei spielt das Gedächtnis natürlich auch eine Rolle.

Aufmerksamkeit und Intentionalität

TSCHACHER: Gibt es im synergetischen Computer eigentlich auch Kontrollparameter?

HAKEN: Das ist eine wichtige Frage: der Kontrollparameter ist schlechthin, was wir als "Aufmerksamkeit" bezeichnen. Dazu haben wir auch Experimente durchgeführt, vor allen Dingen mein früherer Mitarbeiter Armin Fuchs. In den Computergleichungen entspricht jedem Gesicht ein Aufmerksamkeitsparameter.

TSCHACHER: Wie wird der Aufmerksamkeitsparameter bestimmt?

HAKEN: Der ist willkürlich positiv gesetzt und zunächst für alle Gesichter gleich. Wir haben Experimente gemacht, wo wir dem Computer eine ganze Szene von bis zu fünf Gesichtern gezeigt haben. Der Computer hat das am stärksten vertretene Gesicht "erkannt". Dann haben wir

den betreffenden Kontrollparameter auf Null gesetzt, die Szene nochmals gezeigt, so hat der Computer das nächste Gesicht erkannt und konnte eine Reihe von bis zu fünf Gesichtern analysieren. Das ist ein Aspekt des Kontrollparameters Aufmerksamkeit. Wir haben eine andere Anwendung bei Kippfiguren gefunden. Ein berühmtes solches bistabiles Bild ist "junge Frau / alte Frau". Wir ordneten jedem Gesicht einen Ordnungsparameter zu und den entsprechenden Aufmerksamkeitsparameter. Sobald ein Gesicht erkannt ist, erlischt der Aufmerksamkeitsparameter, und es kann das andere Gesicht hervortreten. Durch dieses Wechselspiel können wir zeigen, dass es zu Oszillationen kommt.

TSCHACHER: Das heisst also: Die Aufmerksamkeit für die eine mögliche Interpretation der Kippfigur erlischt mit der Zeit durch Saturierungseffekte...

HAKEN: Nicht nur durch Saturierung, sondern durch einen nichtlinearen Prozess, bei dem das Abklingen der Wahrnehmung schon durch die Wahrnehmung selbst bedingt wird. Sobald also die Wahrnehmung vorhanden ist, klingt der zugehörige Aufmerksamkeitsparameter ab.

TSCHACHER: Im weitesten Sinne könnte man sagen, dass bei solchen Anwendungen der Synergetik die Kontrollparameter motivationale Parameter sind.

HAKEN: Richtig, und noch einen Schritt weitergehen, weil die Kontrollparameter selbst auch als dynamische Variablen aufgefasst werden. Ursprünglich waren sie ja als fixe Parameter eingeführt, die wir von aussen kontrollieren. Aber im biologischen Bereich werden die Parameter selbst wieder zu Variablen, die bestimmte Zeitkonstanten haben.

TSCHACHER: Das erinnert mich an unsere frühere Diskussion zur Intentionalität², wo die Kontrollparameter ebenfalls nicht konstante Bedingungen setzen, sondern durch das Verhalten des Systems und seine Selbstorganisation beeinflusst werden.

HAKEN: Ja, das war ein wichtiger Punkt, nämlich dass unsere Aktionen zur Folge haben, dass durch sie die Motivation abgebaut wird.

Leib-Seele-Problem

BERGOMI: Das ist ein Punkt, der auch in der Leib-Seele-Problematik zentral ist. Ihr habt in eurem Artikel versucht zu klären, wie Intentionalität naturalisiert werden kann. Was für die Leib-Seele-Problematik aber auch in Frage steht, sind die Qualia, die Erfahrungsqualität, und deren Naturalisierung. Das ist in eurem Ansatz aber nicht so klar ersichtlich...

HAKEN: Die Qualia irgendwie mathematisch greifbar zu machen ist natürlich ein ganz schwieriges Problem. In gewissem Umfang mag das möglich sein, etwa mit Schmerzskalen. Aber es fehlt dann schon die interpersonelle Vergleichbarkeit. Ein gewisser Hoffnungsschimmer ist das Phänomen der Spiegelneuronen, aber das ist ein ganz offenes Gebiet. Ich bin eigentlich sehr zurückhaltend, wie man Qualia in den Griff bekommen kann.

BERGOMI: Macht es überhaupt Sinn zu versuchen, Qualia durch Emergenz aus einer tieferen

² Tschacher, W. & Haken, H. (2007). Intentionality in non-equilibrium systems? The functional aspects of self-organized pattern formation. *New Ideas in Psychology*, 25, 1-15.

Ebene zu erklären oder sollte man nicht eher, wie ich Spinoza lese, zu einem korrelativen Ansatz kommen. Also nicht: das eine emergiert aus dem anderen, sondern beide korrelieren dadurch, dass etwas sie verbindet, was weder materiell noch geistig ist.

HAKEN: Ich sehe darin den Versuch der Natur, mir etwas Bedeutsames mitzuteilen. Qualia – sie sind Bedeutungen für mich, wie Gefahr oder Schmerz. Die Bedeutungen sind gleichzeitig, im Sinne von Ordnungsparametern und Versklavung, mit bestimmten körperlichen Syndromen verknüpft. Ich meine, bei einem Angstgefühl hat man auch eine Änderung des Hautwiderstands. Viele Qualia sind mit körperlichen Reaktionen verknüpft.

TSCHACHER: Heisst es, sie sind *nichts anderes* als körperliche Reaktionen, oder die Summe dieser körperlichen Reaktionen?

HAKEN: Du kommst aus diesem Problemkreis nicht heraus. Ich fürchte, wir stossen immer wieder auf diese ontologische Frage. Worüber wir hier sprechen, sind immer die beiden Seiten der gleichen Medaille. Nur was die Medaille ist, das wissen wir nicht.

TSCHACHER: ...und können das prinzipiell nicht wissen? Wenn du sagst "zwei Seiten einer Medaille", dann sprichst du eigentlich einen zugrundeliegenden Monismus an, also eine Realitätsebene, die wir aber nicht direkt erkennen können. Wir können nur die Medaillenseiten sehen, die Medaille selber sehen wir nicht.

HAKEN: Die Ebene der Realität sehe ich immer noch in den mathematischen Formeln. Es gibt eine formale Beziehung, und dann entsteht als Frage: wie deute ich das, welchen ontologischen Zugang wähle ich? Das ist wahrscheinlich auch kulturell und durch unsere geistige Voreinstellung beeinflusst. Was wir immer wieder feststellen, ist die unmittelbare Verknüpfung zwischen Materiellem und Geistigem, die wir nicht einfach erklären können. Da ist für uns die Schranke.

TSCHACHER: Du sagst also: durch die Mathematik, also durch eine strukturelle Lösung, kann ich das am ehesten verknüpfen. Du benutzt die Mathematik ... praktisch metaphysisch?

HAKEN: Richtig, das ist Metaphysik im positiven Sinne des Wortes. Das geht über das Physische hinaus, es sind abstrakte Relationen. Und wie ich diese mit Bedeutung, sagen wir ruhig, mit materieller Bedeutung erfülle, das liegt an mir. In meinen Augen gibt es durchaus Naturprinzipien, die wir sogar im gewissen Umfang mathematisch erfassen können. Leider aber, so kommt mir vor, beißen wir uns die Zähne aus, wenn wir das mit einem Seins-Begriff verknüpfen.

TSCHACHER: Ich finde sehr interessant, dass du die Metaphysik gegenüber der Physik vertrittst, obwohl du Physiker bist; und du benutzt dazu die Mathematik, weil du eigentlich Mathematiker bist...

HAKEN: So kann man das ausdrücken, ich kann ja nicht leugnen, dass ich als Mathematiker ausgebildet bin, obwohl ich das ursprünglich gar nicht werden wollte... Aber die Mathematik ist wirklich der Zugang für mich. Es geht um Äquivalenzen, wie wenn ich eine Waage habe und auf der einen Seite ein Gewicht auflege und auf der anderen Orangen. Dann sind beide zwar gleich schwer, aber trotzdem sind es zwei ganz verschiedene Dinge.

TSCHACHER: Manche Leuten fassen die Synergetik als Strukturwissenschaft auf. Es klingt sehr ähnlich wie was du sagst.

HAKEN: Ich glaube schon, Synergetik ist eine Strukturwissenschaft, die sich mit den Relationen der Dinge zueinander befasst, aber nichts über die Natur der Dinge per se sagt. Da können wir einer Einzelwissenschaft auch keine Vorschriften machen. Wir können nur sagen, wie gewisse Relationen allgemein wirken, aber müssen offen lassen, was sie dann "bedeuten". Die Synergetik bietet dann einen nicht nur mathematischen, sondern auch abstrakt-begrifflichen Rahmen. Wenn man etwa an den synergetischen Computer, die Modelle für Kippfiguren oder synergetische Gehirnmodellierung denkt, dann sind wir nur durch diesen begrifflichen Rahmen weitergekommen. Es gibt noch viele weitere Prozesse, etwa in der Gesellschaft, überall haben wir es mit analogen Phänomenen zu tun. Apropos Gesellschaft, etwa bei einer Religionsgemeinschaft oder einer politischen Partei: da geht es immer um abstrakte Dinge und trotzdem sind sie Realität.

TSCHACHER: Da geht es um Meinungen und Glaubensauffassungen. Heisst das, die Synergetik bietet ihren strukturellen Rahmen auch für geisteswissenschaftliche Zusammenhänge an?

HAKEN: Richtig, allerdings hatte ich früher einen Strauss auszufechten mit den Geisteswissenschaftlern und den Soziologen, wegen des Begriffs der Versklavung, den wir doch für die Physik entwickelt hatten. Es gibt ein Beispiel für Versklavung: wenn ein Baby geboren wird, wird es der Sprache seiner Eltern und der Umgebung ausgesetzt, und dann wird es im Sinne der Synergetik von der Sprache "versklavt". Dann trägt es zugleich aber, auch wieder im Sinne der Synergetik, die Sprache weiter. Man sieht ganz deutlich die Rückwirkung der schon vorhandenen Sprache. Wenn der Ordner schon vorhanden ist, und es kommt ein Baby oder ein Fremder hinzu, dann wird der vom Ordner Sprache versklavt. Und die Gesamtheit der Menschen, die die Sprache weiterträgt, etabliert zugleich wieder den Ordner. Bei der Sprache sieht man diese Rückbezüglichkeit, die Zirkularität, ganz deutlich realisiert. Man erkennt sogar einen kausalen Zusammenhang, obwohl dieser mit Physik nichts zu tun hat. Es ist vor allem ein geistiger Zusammenhang.

Wissenschaftskulturen

TSCHACHER: Du hast verschiedentlich angemerkt, dass die Synergetik in verschiedenen Wissenschaftskulturen unterschiedlich aufgenommen wurde. Du hattest ja relativ viel Kontakt zu russischen oder sowjetischen Kollegen. Gibt es irgendeinen Grund für die unterschiedliche Rezeption von Synergetik im Osten versus in den USA?

HAKEN: Meiner Ansicht nach gibt es mindestens zwei grundlegende Unterschiede. Der eine ist philosophisch-kultureller Natur, die Russen und auch Chinesen denken mehr ganzheitlich. Die Amerikaner sind Angelsachsen, die eher analytisch orientiert sind. Das heisst, globales Denken ist den Russen viel sympathischer als den Amerikanern.

TSCHACHER: Du fühlst dich eher zu den ganzheitlichen Denkern hingezogen.

HAKEN: Ja, das auf jeden Fall, obwohl man das andere nicht vernachlässigen sollte, es

kommt eben darauf an, das Ganzheitliche mit dem Mikroskopischen zu verknüpfen. Die Denktradition ist also das eine. Das andere ist eher ein Vorwurf, nämlich dass es in meinen Augen ein Ost-West-Gefälle gibt in der wissenschaftlichen Wahrnehmung: die östlichen Leute, etwa Japaner, Chinesen, Russen, nehmen wahr, was bei ihnen, aber auch, was im Westen passiert. In Europa nehmen wir den Osten kaum wahr, nur ein bisschen was bei uns selbst passiert, und sind sehr fokussiert auf Amerika. Und in Amerika, die nehmen nur noch sich selber wahr. Oder zumindest, sie zitieren nur sich selbst, manchmal wissen sie mehr, aber es wird immer unter den Tisch gekehrt.

Da fällt mir noch ein böser Witz aus Göttingen ein: "Die Göttinger Bürger schauen voller Stolz auf ihre Studenten; die Studenten schauen voller Stolz auf ihre Professoren; und diese voller Stolz auf sich selbst..." So kommt mir das in der Wissenschaft auch vor.

TSCHACHER: Das ist schon so. Es ist ja komisch, dass letzten Endes kulturelle Faktoren so einen grossen Einfluss haben auf die Wissenschaft, die doch eigentlich der Wahrheit dienen sollte...

HAKEN: Ja, aber es gibt dann doch in der Wissenschaft auch sehr viele persönliche Motive, und ich glaube, dass die Wissenschaft eher durch Konkurrenzkämpfe als durch Kooperation vorangetrieben wird. Aber hemmend ist natürlich schon, wenn diese Konkurrenzkämpfe dann gewisse Informationen einfach ignorieren. Aber da kannst du bestimmt auch ein Lied davon singen: jeder der mal in einer amerikanischen Zeitschrift eingereicht hat... Ich habe ja einen Weg gewählt, um diesem Druck, dieser "Versklavung", zu entgehen, indem ich einfach mehr Bücher geschrieben habe. Das hat dann Vor- und Nachteile.

BERGOMI: Die Synergetik beinhaltet also allgemeine Gesetzmässigkeiten und Konzepte wie Ordner und Versklavung, die man in sozialen, materiellen und mentalen Systemen verwenden kann.

HAKEN: So ist es. Das Prozedere der Synergetik ist: suche nach allgemeinen Gesetzmässigkeiten, die dann in verschiedener Weise instanziert werden können, wobei man in einigen Fällen einen Konsensus bei der Interpretation finden kann.

Immer wieder stellt man dabei fest, dass es Erkenntnisgrenzen gibt. Also, immer wieder kommst du an einen Punkt, wo du sagst, wir kommen nimmer weiter.

TSCHACHER: Gerade im Zusammenhang mit dem Leib-Seele-Problem habe ich das Gefühl, dass es im Kreis geht. Ich komme aus unterschiedlichen Richtungen immer wieder auf ähnliche Fragen. Das hat etwas Kreisförmiges. Vielleicht sind ja diese offenen Fragen, die immer übrig bleiben, letzten Endes die gleiche Frage, nur in unterschiedlichem Gewand. Wenn man etwa den dual-aspect-Monismus nimmt, die von dir angesprochenen "zwei Seiten einer Medaille"... Wir behaupten metaphysisch, da existiert eine Medaille, eine zugrundeliegende einheitliche Entität. Aber wie sie ist und was sie ist, soll völlig offen bleiben? Das ist *total* unbefriedigend.

HAKEN: Na, nicht ganz. Wenn ich mich auf meine mathematische Rückzugslinie zurückziehen darf, dann kann ich doch gewisse Strukturen erkennen. Meinetwegen konkret bei den "vase-face"-Kippfiguren: Da wirst du wahrscheinlich feststellen, dass es auch ein materielles Korrelat gibt, dass etwa die Neuronen unterschiedlich konfiguriert sind. Und mit der einen Konfiguration ist die Vase verknüpft und mit der anderen die Gesichter. Da hast du die Korrelate. Also, ich möchte wetten, zu jedem Gedanken, den wir haben, könnte man, leider nur im Prinzip,

Korrelate feststellen. Das machen ja die Neurologen und Gehirnforscher in der Praxis, darum geht es bei der Bildgebung.

TSCHACHER: Ja, aber... damit habe ich Probleme. Sie meinen, die Gedanken zu erklären, in Wirklichkeit aber...

HAKEN: ...erklärt wird nichts...

TSCHACHER: ...finden sie nur die Korrelate. Sie lokalisieren mit der Bildgebung eine Frage, die gar nicht lokalisatorisch gestellt war. Gedanken sind ja nicht lokalisiert.

HAKEN: So ist es, da bin ich vollkommen derselben Meinung. Aber trotzdem würde ich sagen, wenn ich genügend nah hingucken würde, dann würde ich sehen, dass da bestimmte Erregungszustände vorhanden sind, die mit einem Gedanken, oder mit meinem Bewusstsein, korrelieren.

TSCHACHER: Genau, und dann wären das nur epistemisch unterschiedliche Seiten der Medaille. Also ich kann mich dem mental, über Erforschung meines Bewusstseins, nähern, oder ich kann mich physikalisch-materiell über Bildgebungsverfahren und neuronale Strukturen nähern, aber keine Seite kann die andere "erklären".

HAKEN: So ist es. Ich komme immer mehr zur Überzeugung: "es geschieht". Aber warum, weiss ich nicht.

Quantentheorie

BERGOMI: Das bringt uns womöglich einen Berührungs punkt zur Quantentheorie. Manche Denker schlagen vor, die Gesetze der Quantentheorie wären verallgemeinerbar auf andere Gebiete wie Psychologie, Soziologie und die Geisteswissenschaften. Es wäre interessant über die Berührungs punkte zwischen Quantentheorie und Selbstorganisation zu hören...

HAKEN: Es gibt mehrere. Bei meinem Lieblingsbeispiel, dem Laser, sind ja die einzelnen Atome Quantensysteme. Diese Quantensysteme, die der Unbestimmtheitsrelation genügen, produzieren durch ihr Zusammenwirken aber dann etwas Makroskopisches: die makroskopische Welle, die nicht mehr quantenmechanisch ist. Also da ist schon ein Bezug. Ein Bezug ist die Unbestimmtheitsrelation. Die gilt natürlich nicht nur in der Quantentheorie, sondern immer, wenn man eine Welle hat, also einen Zeitablauf und eine Frequenz. Wenn du Frequenz scharf messen willst, dann wird die Zeit ganz unscharf und umgekehrt. Es gibt eine ganze Reihe weiterer Phänomene im Leben, wo eines das andere in einem gewissen Umfang ausschliesst. Man kann gewissermassen nicht zwei Dinge gleichzeitig haben, das stört sich gegenseitig.

BERGOMI: Es geht um Komplementarität...

HAKEN: Die kommt da auch hinein... Ich habe einmal eine formale Arbeit geschrieben, wo man Ordnungsparameter relativ allgemein als quantenmechanisches System herleiten kann, aber

ich sehe da keine grosse Anwendung³.

TSCHACHER: Beim Laser ist es also so, dass die Mikroebene eigentlich eine Quantenebene ist und die Makroebene ist makroskopisch physikalisch beschreibbar. Bedeutet das, die Synergetik verbindet die Quantenmechanik mit der makroskopischen Physik?

HAKEN: Ja, auf eine *neuartige* Weise. Wenn du etwa ein Kristall nimmst, dann sind die Atome ja auch mikroskopisch quantenmechanisch und das Kristall hat makroskopische Eigenschaften: Druck, Temperatur oder Härte sind klassische Eigenschaften, die mit der Quantentheorie nichts zu tun haben. Aber es sind statische Eigenschaften. Dagegen wird beim Laser eine kohärente Welle geschaffen, die dann makroskopische Eigenschaften hat wie eine richtige Welle.

TSCHACHER: Hat das Anwendungsmöglichkeiten für Fragen des Bewusstseins, des Geistes? Denkst du, dass Quantentheorie und Bewusstsein...

HAKEN: Es gibt immer wieder Vorschläge, dass Bewusstsein erst quantentheoretisch gedeutet werden kann... es bleibt schon die Frage, wo in der Biologie Quanteneffekte eine Rolle spielen, wenn Quanteneffekte plötzlich makroskopische Bedeutung zukommen soll. Wenn viele kleine Quanteneffekte etwa so miteinander verknüpft sind, dass ein kohärenter Gedanke entsteht.

TSCHACHER: Quanteneffekte irgendwo in den Neuronen würden die Mikroebene darstellen und bekämen bei einem synergetischen Zusammenwirken plötzlich makroskopische Eigenschaften. Ist das eine vernünftige Richtung, in der man suchen kann?

HAKEN: Die Geschichte ist natürlich die: im Gehirn ist ein ständiges Hin und Her zwischen den mikroskopischen Erscheinungen sogar der molekularen, nicht nur der neuronalen, Ebene, bis hin zu den Gedanken. Gedanken müssen ja etwas Kohärentes sein, nicht Aktivitäten eines Neurons, es sind viele Neuronen korreliert beteiligt. Aber was nicht klar ist, wie stark an diesen makroskopischen Korrelationen auch Korrelationen auf der untersten Ebene beteiligt sind. Wenn man sich die heutigen neuronalen Modellierungen anschaut, auch unseren synergetischen Computer, dann basieren Modelle von Neuronensystemen immer auf klassischen Gleichungen. Nirgends taucht die Quantentheorie auf. Das schliesst aber nicht aus, dass die Gleichungen noch einen anderen, einen molekularen Hintergrund haben. Was mich stutzig macht und nahelegt, dass uns etwas Entscheidendes fehlt, ist die Tatsache, dass es eine ganze Reihe von Erscheinungen in der Biologie gibt, wo es auf eine Koordination zwischen Molekülen ankommt. Wenn man an Meiose und Mitose denkt, wo Mikrotubuli aktiv sind und kohärent agieren... oder was mich verblüfft: es gibt Kinesin und Dynein, grosse Moleküle, die mit kleinen "Beinchen" auf den Mikrotubuli laufen, sie transportieren Organellen, die grösser sind als sie selbst. Das muss alles eine Rolle spielen.

Also, es gibt dort eine ganze Welt, die noch völlig unerforscht ist. Auf diesen Ebenen finden wir zahlreiche quantenmechanische Prozesse. Wenn das ATP die Moleküle energetisch versorgt, so ist es ein Quantenprozess. Die Quantenprozesse verschiedener Moleküle, die durch ATP aktiviert werden, sind so miteinander korreliert. Also ich fantasiere im Moment, nur um zu

³ Haken, H. (1985). Towards a Quantum Synergetics: Pattern Formation in Quantum Systems far from Thermal Equilibrium. *Physica Scripta* 32, 274-276. Invited paper for a Festschrift for Stig Lundqvist.

zeigen, welche Denkmöglichkeiten da bestehen.

BERGOMI: Ich frage mich, ob man die Gesetzmäßigkeiten, die man in der Quantenphysik findet, wie zum Beispiel das Komplementaritätsprinzip, auch in Makrosystemen und anderen Systemen vorfindet. Besteht mit der Synergetik vielleicht die Möglichkeit, das zu beschreiben?

HAKEN: Durchaus, wenn man an Kippfiguren denkt, dann modellieren das Atmanspacher und andere in Analogie zur Quantenmechanik⁴. So wie das Elektron in einem Wasserstoffmolekül-Ion hin und her springt, genauso oszilliert die Wahrnehmung hin und her. Das ist nun auch ein Modell, das formal quantenmechanisch sein könnte, aber inhaltlich in meinen Augen eben auch klassisch gemacht werden kann, dazu brauche ich nicht notwendig Quantentheorie. Es ist immer die Frage in diesen Zusammenhängen: ist die Quantenmechanik essenziell, oder kann ich das auch ohne Quantenmechanik wiedergeben? Könnte ich ein rein klassisches Modell entwickeln, das auch meine Gedanken, unsere Gedanken produziert, oder brauche ich da die Quantenmechanik? Das ist in meinen Augen ungelöst.

Kosmologie

TSCHACHER: In einer unserer früheren Diskussionen hast du einmal Synergetik auf kosmologische Fragen angewandt. Es gibt ja viele ungelöste Fragen in der Kosmologie, etwa im Zusammenhang mit dark matter und dark energy. Du hast erwähnt, was wäre denn, wenn das Universum gar kein abgeschlossenes System ist...

HAKEN: Eben! Die Leute gehen heutzutage immer noch davon aus, als wären dark matter und dark energy Bestandteile des Universums. Aber wenn man mal nachdenkt: was wenn das sozusagen Kontrollparameter wären, die uns von einem Über-Universum gestellt wären? Es würden sich völlig andere Aspekte ergeben, wenn man diese beiden Größen nicht mehr als systeminhärent ansehen würde, sondern als von aussen gegeben.

TSCHACHER: Hat man schon versucht, das zu modellieren oder mathematisch zu fassen?

HAKEN: Im gewissen Sinne natürlich schon, aber es wurde nicht so interpretiert: in der Einsteinschen Relativitätstheorie gibt es eine kosmologische Konstante. Meine Deutung wäre, dass diese Konstante ein Kontrollparameter ist, der von aussen gegeben ist. Die Leute fassen das heutzutage aber als eine Eigenschaft des Universums auf. Das ist schon eine grundlegend andere Interpretation. Wir müssen abwarten, was sich da weiter ergibt.

TSCHACHER: Ich komme mir im heutigen Gespräch ein wenig vor wie in der Position von "Was ich immer schon wissen wollte", und stelle dir dann Fragen...

HAKEN: Und dann antworte ich "Was ich auch immer schon nicht wusste"...

Kontemplation und Zeit

TSCHACHER: Dann kann ich ja weiterfragen... Betreibst du eigentlich manchmal

⁴ Atmanspacher, H., & Filk, T. (2010). A proposed test of temporal nonlocality in bistable perception. *Journal of Mathematical Psychology*, 54, 314-321.

Kontemplation oder Meditation oder ähnliche Dinge?

HAKEN: Eigentlich... ich denke zwar nach, aber ob man das Kontemplation bezeichnen kann...

TSCHACHER: Setzt du dich dann hin und denkst nach, denkst du nach mit dem Bleistift oder einem Werkzeug... wie denkst du nach? Du denkst nach und siehst dann mathematische Strukturen vor dir, ist das so?

HAKEN: Ja, ich sehe es eher... ich kann mir die Gleichungen vorstellen. Ich liege etwa im Bett, es ist dunkel und alles ist ruhig draussen... Aber ich muss die ganze Story relativieren: da kann ich schon eine ganze Nacht über ein Problem nachgrübeln und setze mich am Morgen hin und stelle fest, dass doch ein Trugschluss drin war... Ich meine, man muss hundert Ideen haben und eine ist dann vielleicht richtig. Also muss man erst einmal Ideen produzieren. Das ist bei mir ausgeprägt, früher konnte ich fast nicht einschlafen, erst nachts um zwei oder drei. Und dann habe ich nachgegrübelt. ...aber das war natürlich nicht kontemplativ.

TSCHACHER: Würdest du denn meinen, dass du eher ein visueller Typ bist, wenn du sagst, du denkst und siehst vor dir Gleichungen...

HAKEN: Ja, sicher. Es ist auch so, wenn mir jemand was sagt verstehe ich es nicht so gut, aber wenn es dasteht, kann ich es mir gut merken. Also bin ich kein akustischer Typ, eher ein visueller. Ich habe als Jugendlicher gerne gezeichnet, später auch Portraits gemacht... Was ich sehr bedauere ist, dass ich kein Verhältnis zur Musik habe.

TSCHACHER: Manche Leute sagen ja, Musik ist reiner Prozess. Da ist alles im Prozess und in der Zeit aufgelöst, während bei Malerei und visuellen Strukturen alles gleichzeitig da ist – und Prozess ist höchstens noch darin, wie ich schaue.

HAKEN: Darf ich widersprechen, denn ich habe eine andere Theorie, auch über Musik und Sprache. Um mit Sprache anzufangen, Sprache bildet sich erst räumlich im Kopf und wird dann abgespult. Ich bin der Meinung, Mozart hätte mal gesagt, für ihn wäre eine Symphonie wie ein Sack mit Kartoffeln, die er vor sich sieht. Und das ist auch für mich die einzige Erklärungsmöglichkeit. Wie kann ich eine ganze Symphonie im Kopf haben, wenn ich es nicht gleichzeitig habe? Also muss das auch räumlich kodiert sein...

BERGOMI: Die Betonung der Melodie ist auch durch die heutige Musik geprägt. Andere Musikkulturen, wie z.B. die Gregorianik, haben sich eher auf die Harmonie, einzelne Akkorde, die Klangfarbe, also auf mehr stehende Eigenschaften von Musik konzentriert. Es ist also sehr beeinflusst durch die Art von Musik, die wir heutzutage vorwiegend hören, dass wir so sehr auf Melodie fixiert sind.

TSCHACHER: Und auch eine Melodiephrase dauert ja häufig nicht länger als 3, 4, 5 Sekunden, also das was wir als "Jetzt" wahrnehmen. Da ist schon wieder Struktur...

HAKEN: So ist es. Das sind Strukturen, die innerlich gar nicht zeitlich aufgelöst sind. Es ist also eine nichttemporale Gesamtheit, die wir dann wahrnehmen.

TSCHACHER: Tja, was ist überhaupt Zeit? ... das ist übrigens auch nicht auf meiner ursprünglichen Liste ...

HAKEN: Nun, wenn man Zeitintervalle beliebig genau messen will, braucht man beliebig hohe Energien... Und überhaupt, wie kommt man auf einen Begriff der Zeit? Mein Zugang war, dass ich einfach mit Koinzidenzen anfing, dass Dinge zusammenfallen. Aber es gibt eben auch Dinge, die nicht zusammenfallen. Und dann kannst du sagen, das eine kommt nach dem anderen, du kannst sie nummerieren. Wenn du eine Nummerierung hast, hast du eine Zeitrichtung.

TSCHACHER: Man unterscheidet, dass etwas gleichzeitig ist oder nicht, das leuchtet ein. Aber woher kommt die Richtung? Eine Theorie sagt ja: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft sind gleichberechtigt.

HAKEN: In den physikalischen Grundgesetzen, ja...

TSCHACHER: Und die Zeitrichtung ist nicht ausgezeichnet?

HAKEN: Da gibt es die physikalische Idee von der Expansion des Weltalls. Die kann ich messen, damit habe ich eine Zeitrichtung. Da kommt gleich wieder die Frage der dunklen Materie und dunklen Energie, jetzt mal als Kontrollparameter verstanden: Mein äusserer Kontrollparameter setzt mir die Zeit fest.

TSCHACHER: Genau, der Kontrollparameter ist ausserhalb des Systems, das heisst also: eigentlich unbekannt. Also erkläre ich die Zeitrichtung durch etwas, das noch unbekannter ist als die Zeit.

HAKEN: Das ist typischerweise was im Leben passiert. Wenn du was nicht erklären kannst, so forderst du was Neues, was leider noch unerklärlicher ist. Da bist du in einem unendlichen Regress... wirklich, das ist nicht nur so dahingesagt... man schiebt da was vor sich her. Es gäbe eine Möglichkeit: zu sagen, die physikalischen Gesetze sind zeitumkehr-invariant. Mit einigen Tricks, mit Ladungsumkehr und Paritätsverletzung und solchen Geschichten, dem CPT-Theorem, aber im Prinzip ist das Zeitumkehr. Und wie breche ich die? Ich kann sie nicht innerlich brechen, ich muss sie also äusserlich brechen. Das ist ein aussen vorgegebener Kontrollparameter. So sieht das vielleicht philosophisch aus.

TSCHACHER: Es genügt nicht, genauer ins System reinzuschauen, um zu verstehen wie Zeit funktioniert, sondern es muss etwas ausserhalb Liegendes sein.

HAKEN: Du brauchst was von aussen, das ist meine Meinung.

Dissertation

TSCHACHER: Magst du abschliessend von deiner Dissertation erzählen? Du hast früher einmal berichtet, dass sie ein Gödelsches Theorem betraf, aber das sei zunächst gar nicht klar gewesen...

HAKEN: Kann ich gerne tun. Ich kam ja nach dem vierten Semester von Halle nach Erlangen; ich hatte gleich die verrückte Idee "ich will promovieren".

TSCHACHER: ...im vierten Semester, da wird's ja langsam Zeit!

HAKEN: ...und dann ging ich zu einem Algebraiker, denn ich wollte was über unendliche Gruppen machen, weil ich dachte, es ist für die Physik wichtig. Das war an sich schon ein Missverständnis, weil ich an andere Arten von Gruppen dachte als er dann... Kurz und gut, er nannte ein Buch, darin geht es um Knotentheorie und es kommt ein ungelöstes Problem vor, anschaulich gesagt, ob zwei Knoten ineinander überführt werden können. Aber es hat auch eine abstrakte Formulierung mit sogenannten nicht-kommutativen Gruppen, multiplikativen Gruppen. Dort existieren sogenannte erzeugende oder definierende Relationen, man hat Elemente A, B, C, $A^3 \times B^4 = C$ meinewegen, und kann dann beliebige Ausdrücke bilden mit A, B, C. Die Frage ist, kann ich diese ineinander überführen oder nicht, auf der Basis dieser Relationen? Das ist das sogenannte Identitätsproblem bei Gruppen.

Dann habe ich mich hingesetzt und furchtbar gegrübelt und doch das Problem nicht allgemein lösen können, sondern nur einen Teilbereich. Darauf las ich aber im Zentralblatt der Mathematik, dass ein Russe namens Tartakovski das Problem allgemein gelöst hätte. Nachdem ich das von Tartakovski hörte, berichtete ich meinem Professor davon. Der meinte, natürlich können Sie, wenn er das allgemein gelöst hat, nicht mehr darüber promovieren. Machen Sie halt eine Diplomarbeit draus. Das habe ich auch getan: Nachdem ich ein bisschen Russisch kann, hatte ich mir die Arbeit von Tartakovski inzwischen kommen lassen und festgestellt, dass der Kollege das Problem auch nicht allgemein gelöst hatte, sondern ein anderes Teilproblem.

Bin ich wieder hin zu meinen Professor, der mir nun sagte, wenn das so sei, tun Sie noch ein paar Sachen zu Ihrer Diplomarbeit hinzu, dann können Sie promovieren. Das machte ich dann auch so, aber das Komische blieb, manche Fragen konnte ich einfach nicht lösen. Das war, als wenn man eine unendliche Schlaufe hat, es geht einfach nicht... man kommt zwar weiter, aber nicht wohin man will. Schliesslich habe ich aber die Arbeit abgeliefert – und dann erst Jahre später erfahren, dass einer bewiesen hat, dass das Ganze mit Gödel zusammenhängt. Gödel sagte sinngemäss, wenn ich im System bleibe, gibt es kein allgemeines Verfahren mit dem ich in endlich vielen Schritten entscheiden kann, ähnlich der Turingmaschine, dass es funktioniert.

TSCHACHER: Du hast eine Realisation angetroffen vom Gödelschen incompleteness Theorem...

HAKEN: Genau, das unterscheidet eben Gödel von mir, oder umgekehrt mich von Gödel: Gödel hat erkannt, dass es nicht lösbar ist, und ich habe gedacht, *ich* kann es nicht lösen.

TSCHACHER: Vielleicht hättest du selbstsicherer sein müssen, damals als Fünftsemester, und hättest sagen müssen, wenn ich's nicht lösen kann, kann's keiner lösen...

HAKEN: Naja, es war ehrlich gesagt so: der Gödel hat schon dann erkannt woran es liegt, während ich es nicht erkannt habe. Aber immerhin, das ist die Geschichte meiner nicht lösbarer Dissertation.