

Modellbildung und -simulation für den „Arzneilichen Gehalt“ homöopathischer Potenzen

O. Weingärtner

Einleitung

Das im Titel genannte Projekt existiert seit Anfang der neunziger Jahre und hat die Zielsetzung, mit Hilfe physikalisch begründbarer Modellvorstellungen im homöopathischen Arzneimittel selbst den TAI (TAI = Therapeutically Active Ingredient, s.a. Bergholz, 1985) unabhängig vom Mittel und unabhängig von der Potenzstufe zu identifizieren. Der Wunsch, diese Zielsetzung zu verfolgen, entstand nach der doch recht ernüchternden Erkenntnis (s.a. Weingärtner, 1992), dass die Ergebnisse experimenteller Verifikationsversuche früherer Arbeiten zwar Unterschiede zwischen Potenz und Lösungsmittel durchaus signifikant gezeigt hatten, dennoch aber nicht einzuordnen waren und dadurch zu eher unvorteilhaften Spekulationen Anlass gaben. Eine der Konsequenzen, die aus den experimentellen Ergebnissen zu ziehen waren, führte zu dem Projekt, von dessen Ergebnissen u.a. klarere Beurteilungskriterien für die experimentelle Verifizierbarkeit von Unterschieden zwischen Potenz und Lösungsmittel erwartet werden. Wenn man es nämlich genau nimmt, können experimentelle Ergebnisse derzeit noch nicht einmal gezielt wiederholt werden, da nicht klar ist, auf welche präparativen und apparativen Parameter zu achten ist.

Das Projekt gliedert sich in zwei Teile: erstens in die eigentliche Modellbildung für den Potenzierungsvorgang und den dadurch vermittelten arzneilichen Gehalt und zweitens in die EDV-orientierte Umsetzung erdachter theoretischer Modelle für den TAI in die konkrete physikalische Realität. Letzteres wurde als Simulation bezeichnet und umfasst einen sehr weiten Bereich, angefangen von der Untersuchung einer möglichen Adaption von Mechanismen für Lernvorgänge auf die TAI-Problematik über das Studium des Verhaltens physikalisch-technischer Systeme innerhalb eines Verbundes von Messanordnungen, bis hin zur virtuellen Rekonstruktion von Molekülgebilden anhand vorgegebbarer Kernresonanz-Spektren (NMR-Spektren).

Glücklicherweise ist durch die stürmische Entwicklung auf dem Computersektor in den letzten Jahren gerade im Bereich Simulation eine sehr positive Entwicklung zu verzeichnen. Erstens sind mittlerweile Rechner für den Arbeitsplatz erschwinglich geworden, für deren heute erledigte

Aufgaben man früher auf den Anschluss an ein Rechenzentrum angewiesen war. Zweitens sind durch die Möglichkeiten des Internet weltweit Programmpakete erruier- und erwerbbar, die die oben genannten Aufgaben weitgehend erledigen. Darüber hinaus sind gerade im Bereich der Molekülsimulation viele Programmpakete im Quellcode verfügbar, so dass grundsätzlich die Möglichkeit besteht, Standardmodule, beispielsweise für die Beschreibung der räumlichen Veränderung einer Molekülgesamtheit unter Einfluss einer bestimmten Aktion, in eigene Software zu integrieren und damit die Arbeit an Simulationen leichter überblickbar, einfacher, verlässlicher und transparenter zu machen.

Allerdings nutzt die schönste Software zur Simulation eines Modells nichts, wenn dieses das untersuchte Phänomen nicht oder nur unzulänglich beschreibt. Nur mit einem Modell in der Hand – oder zumindest einer Vorstellung davon – lassen sich Programme sinnvoll mit Eingangsdaten bestücken. Deshalb soll, komplettierend zu früheren Berichten zum Projekt, die sich vornehmlich mit dem Simulationsaspekt beschäftigten und dort die Entwicklung von Werkzeugen vorstellten, diesmal das Gewicht auf die Arbeit zur eigentlichen Modellbildung gelegt werden. Die weiteren Ausführungen werden sich deshalb mit zwei Details des physikalischen Hintergrunds befassen, der für die Modellierung des Arzneilichen Gehalts (TAI) homöopathischer Potenzen (soweit das jetzt abzusehen ist) relevant ist.

Das Sequentielle Box-Modell

In der Grundlagenforschung zur Homöopathie befindet man sich in der grotesken Situation, nicht die geringste konkrete Vorstellung davon zu haben, was denn z.B. bei einer C1000 eine Wirkung entfaltet. Deshalb lässt sich auch keine Messanordnung aufbauen, die die Wirkkomponente einer C1000 im Arzneimittel selbst gezielt misst, und es ist unmittelbar klar, dass man aus fehlenden Beobachtungsergebnissen auch keine Modelle abstrahieren kann, ganz zu schweigen vom Nachweis der Widerspruchsfreiheit solcher Modelle mit dem naturwissenschaftlichen Wissensstand. Diese Situation lässt sich treffend am besten dadurch benennen, dass man zugibt, nicht nur keine Lösung für das Problem der Identifikation des TAI homöopathischer Potenzen zu haben, sondern auch noch nicht einmal das Problem genau zu kennen.

Um sich einer Lösung dieses Missstandes zu nähern, soll hier schrittweise – anhand eines Gedankenexperiments – eine Vorstellung erarbeitet werden (s.a. Weingärtner, 1997), die erstens naturwissenschaftlich akzeptabel ist und die zweitens die Herstellung homöopathischer Potenzen hinreichend gut beschreibt. Das Gedankenexperiment geht von zwei Behältern B1 und B2 aus (Abb.1). Der eine davon, z.B. B1, sei um den Faktor $f = 10$ (natürlich kann f ebensogut 100, 50.000, etc. sein) kleiner als der andere, beide sollen einander im mathematischen Sinne ähnlich, d.h. nur in ihrer Größe voneinander unterscheidbar sein. Der kleinere Behälter, hier B1, soll mit der zu potenzierenden Ausgangssubstanz gefüllt sein; Behälter B2 zu $(f-1)/f = 9/10$ mit dem Lösungsmittel. B1 soll nun in B2 eingebracht und zusammen mit dem Inhalt von B2 in B2 verschüttelt oder verrieben werden. Dieser Vorgang soll sich mit einem Behälter B3 fortsetzen, der seinerseits um den Faktor $f = 10$ größer ist als B2. Bei solchermaßen fortgesetzter Verfahrensweise wird auch in einem Behälter BX, wobei X eine ganze Zahl (4,5,6,7,8 ...) ist, immer der gesamte Inhalt von B1 vorhanden sein. Es tut der Allgemeinheit der Vorgehensweise dabei zunächst keinen Abbruch, wenn man das Verschütteln oder Verreiben stets als beliebig gut definierbare Energiezufuhr annimmt und wenn man nach dem Potenzieren stets von einer Gleichverteilung der Gesamtheit der Teilchen ausgeht. Man kann sich auch getrost auf den weitaus wahrscheinlicheren Fall beschränken, dass für genügend große X in weiten Volumenbereichen kein Teilchen der Ausgangssubstanz mehr messbar vorhanden ist, die Diskussion um die Wirkung kleinster Dosen also außen vor lassen. Das eben vorgestellte Modellsystem soll künftig als SBM oder SB-Modell (Sequentielles Box-Modell) bezeichnet werden.

Das SBM ist, wie man leicht einsieht, zu jedem Zeitpunkt, sprich für jedes X (s.o.), naturwissenschaftlich korrekt behandelbar, auch für Hoch-

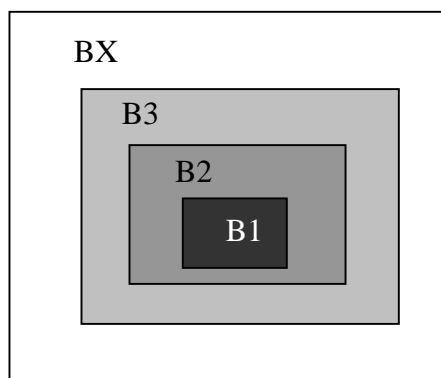


Abb. 1: Gedankenexperiment zur Potenzierung mit aufsteigender Gefäßgröße. Zweidimensionale Darstellung. Der ganz dunkle Behälter soll dabei die Urtinktur darstellen. B1 wird in B2 eingebracht, B2 dann in B3, und so fort. In BX ist dann für beliebiges X noch die ganze Urtinktur vorhanden. Denkbar ist ebenfalls, dass begleitend zu jeder vor sich gehenden Diffusion der äußere Behälter, einen gerichteten Schüttel-Prozess erfährt

potenzen. Das zum SBM führende Experiment ist schon für sehr kleine X nicht mehr wirklich in der Praxis durchführbar, muss also ein Gedankenexperiment bleiben. Man mache sich dazu einmal klar, dass bei einem gängigen Tropfenvolumen von 0.05 ml (d.h. 20 Tropfen pro 1[ml]) z.B.: für eine C3 der letzte Behälter $0.05 \times 1000000[\text{ml}] = 50000[\text{ml}] = 50[\text{l}]$ schon dann fassen muss, wenn in B1 nur ein Tropfen Ausgangsstoff war; pro C-Potenzstufe ver Hundertfacht sich dieses Volumen. Offenbar kann man am SBM nur solche Fragen behandeln, die das SBM zulässt. Es wäre beispielsweise töricht, beweisen zu wollen, dass in jedem Volumen jedes Behälters BX, das einer Verabreichung an einen Patienten entspricht, in jedem Falle Reste der Ausgangssubstanz vorhanden sind. Es ist aber keineswegs unangebracht, auf der Grundlage des SBM beispielsweise zu überlegen, unter welchen Bedingungen strukturelle Eigenschaften im SBM entweder gar nicht oder überall vorhanden sind. Diese Überlegungen haben zur Folge, dass die Relevanz des SBM für die TAI-Problematik erst dann gewährleistet ist, wenn für alle X im Behälter BX an beliebiger Stelle ein Volumen von der Größe des ursprünglichen B1 herausgegriffen werden kann und sich darin ein wie immer geartetes Abbild von B1 wiederfindet. Demnach kann dieses Abbild im allgemeinen Fall nur Strukturen betreffen, und es ist daher ganz offensichtlich, wonach man innerhalb des SBM suchen muss. Erstens muss man untersuchen, ob und wie sich welche lokalen Strukturen von B1 nach einem Behälter BX mit beliebig großem X transferieren lassen. Zweitens muss man untersuchen, wie solchermaßen transferierte Strukturen zeitlich stabil bleiben können, und drittens muss man untersuchen, wie solche Strukturen modular, d.h. vom Ausgangsstoff abhängig, sein können.

Mit anderen Worten: Man sucht eine Folge von Abbildungen $T_{i,i+1} : B_i(E_i) \rightarrow B_{i+1}(E_{i+1})$ ($i=1,2,\dots,X,\dots$), die Eigenschaften E_i des Inhalts von Behälter B_i in nicht notwendigerweise die gleichen Eigenschaften E_{i+1} im Behälter B_{i+1} abbildet, und zwar so, dass für alle i $T_{i,i+1}$ im mathematischen Sinne nicht trivial ist, d.h. nicht leere Mengen von Eigenschaften abbildet.

Welche Eigenschaften E_i sind das nun, die untersucht werden müssen? Im Augenblick lassen sich zwei Gruppen benennen: die mit der Entropie (einer weiter unten erläuterten Größe) des Inhaltes der Behälter B_i zusammenhängenden Größen und die mit der Art der Betrachtung (klassisch, quantenmechanisch) zusammenhängenden Größen. Diese beiden Gruppen sollen dann auch der Gegenstand der weiteren Ausführungen sein.

Informationsgehalt im SBM

Obwohl das zum SBM führende Experiment ein Gedankenexperiment bleiben muss, geht man doch mit realistisch behandelbaren Inhalten der Behälter um. Das heißt aber, dass die Thermodynamik der Behälterinhalte eine entscheidende Rolle spielt (für eine ausführliche Darstellung thermodynamischer Zusammenhänge s. z.B. Callen 1985, Gerthsen 1995, Hund 1979). Das thermodynamisch beschreibbare Verhalten der Inhalte der Behälter muss mit den Naturgesetzen vereinbar sein. Deshalb ist es naheliegend, die Thermodynamik zunächst auf das SBM zu adaptieren.

Zur Beschreibung des thermodynamischen Verhaltens von Systemen unter dem Ablauf bestimmter Vorgänge muss man klären, welche Art von Vorgang (Prozess) in welcher Art von System abläuft, und dann die Eigenschaften der charakterisierenden Größen einbringen. Diese Größen sind die Temperatur, das Volumen, der Druck, die Energie, die Entropie, die freie Energie, etc. Hier soll aus zwei Gründen das Hauptaugenmerk auf der Entropie liegen: Erstens können – wie oben schon angemerkt – an dieser Stelle nur wenige Details dargestellt werden, und zweitens stellt die Entropie einen möglichen definierten Zugang zu den im Zusammenhang mit der Homöopathie immer wieder strapazierten Begriffen Informationsübertragung, Informationsmedizin, etc. her.

Nun zu den Prozessen und Arten von Systemen, in denen Thermodynamik betrachtet wird: Man unterscheidet reversible, d.h. umkehrbare und irreversible, d.h. spontan ablaufende, nicht umkehrbare Prozesse. Weiterhin unterscheidet man isolierte, abgeschlossene und offene Systeme. Ein System heißt isoliert, wenn es weder Energie noch Masse mit seiner Umgebung austauschen kann; es heißt abgeschlossen, wenn es zwar Energie aber keine Masse austauschen kann, und es heißt offen, wenn es sowohl Energie als auch Masse austauschen kann.

Der Erhaltungssatz für die Energie besagt, dass in isolierten Systemen die Gesamtenergie E konstant ist. In abgeschlossenen Systemen nimmt die Energie zu, wenn am System mechanische Arbeit W aufgewendet wird. Diese Arbeit wird in thermische Energie Q mit dem Äquivalent $1[\text{kcal}] = 4187[\text{Nm}]$ umgewandelt.

Lässt man ein thermodynamisches System durch Veränderung der thermischen Energie um einen Betrag δQ_{rev} von einem Zustand $Z1$ in einen Zustand $Z2$ reversibel übergehen, so konnte Clausius zeigen, dass dieser Übergang vom (Integrations-)Weg unabhängig ist. Er nannte die Größe $\delta Q_{\text{rev}}/T$ den Verwandlungswert der Wärme und bezeichnete sie mit dS . Dabei zeigt das δ an, dass eine kleine Veränderung der Wärmemenge betrach-

tet wird. Dem entspricht dann die Betrachtung einer kleinen (infinitesimalen) Veränderung von S , nämlich dS . T bezeichnet die Reaktionstemperatur. Später zeigte Clausius, dass in isolierten Systemen die Summe der Verwandlungswerte nicht abnehmen kann, und nannte die fragliche Größe die Entropie, abgeleitet von dem griechischen Wort für Wendung. In einem isolierten System verläuft ein irreversibler Prozess unter Entropiezunahme ab, bis endlich im Gleichgewicht die Entropie maximal wird.

Bezogen auf die TAI-Problematik im SBM kann man jetzt folgende idealisierte Annahmen treffen. Vor dem Potenzierungsvorgang lässt sich im Behälter B_i ein isoliertes System annehmen. Beim Vorgang des Potenzierens liegt für den Gesamtzeitraum (=Verdünnen + Verschütteln) ein, je nach Standpunkt, abgeschlossenes oder offenes System vor. Der Potenzierungsvorgang ist irreversibel. Unmittelbar nach dem Potenzieren lässt sich im Behälter B_{i+1} wiederum ein isoliertes System annehmen, in dem aber, im Unterschied zu B_i , noch ein Prozess abläuft, der mit einem Entropiezuwachs bis hin zum Maximum verbunden ist und nach Erreichen dieses Maximums aufhört.

Mit dieser thermodynamischen Charakterisierung des Potenzierungsvorgangs ist natürlich noch keine Vorstellung von strukturellen Änderungen durch diesen Vorgang gegeben. Dies kann aber dadurch geschehen, dass man dem thermodynamischen Gebrauch des Entropiebegriffs ein Modell der Entropie zuordnet und zeigt, dass alleine der Verdünnungsteil des Gesamtvorgangs Potenzierung eine Änderung des Informationsgehalts mit sich bringt. Dies plausibel zu machen, ist das Ziel der restlichen Darstellungen dieses Abschnitts. Inwieweit möglicherweise die Intensität dieser Änderung eine Funktion der durch die Verschüttelung bzw. Verreibung bestimmter Stoffe zugeführten Energie ausübt, bleibt der Darstellung an einem anderen Ort vorbehalten. Dies gehört zum Thema Modularität des Strukturtransfers (s.o.).

Das Modell der Entropie ist ein auf Ludwig Boltzmann zurückgehendes statistisches Modell. Es bedient sich im Wesentlichen der Erfahrungstatsache, dass Prozesse (nicht nur in thermodynamischen Systemen) den wahrscheinlichsten Verlauf nehmen. Um das Modell zu realisieren, zählt man dabei die Verteilungen auf, die eine große Anzahl von Teilchen einnehmen kann und berechnet diejenige Verteilung mit der größten Wahrscheinlichkeit. Dies ist die Verteilung, die das System im Gleichgewicht anstrebt. Für diese Gleichgewichtsverteilung erhält man für die Entropie den Ausdruck $S = k \ln(P)$, also die Beziehung, dass die Entropie proportional dem Logarithmus der Wahrscheinlichkeit einer bestimmten Verteilung ist; k ist die Boltzmannkonstante. Diese Formel wiederum kann in thermo-

dynamischen Systemen experimentell nachvollzogen werden und ist der o.a. thermodynamischen Definition der Entropie äquivalent. Da dieser Ausdruck außerdem formal mit dem von Shannon stammenden Begriff „Informationsgehalt“ ($H = - \sum p_i \ln(p_i)$) übereinstimmt, spricht man einerseits bei H auch (nicht ganz korrekt) von der Informationsentropie (z.B. Jaynes, 1994) und nimmt andererseits die Entropie als Informationsmaß von Systemen. Damit hat der doch sehr abstrakte Begriff „Informationsgehalt“ eine konkrete physikalische Bedeutung erhalten.

Auf das SBM angewandt, ergibt sich für die Entropie folgender Zusammenhang. Im Moment des Einbringens des Inhalts von Behälter B_i in den Behälter B_{i+1} hat der Inhalt von B_i eine Entropie S_1 und der Behälter B_{i+1} eine Entropie S_2 . Die Entropie des Gesamtsystems in B_{i+1} ist $S = S_1 + S_2$. Daraus folgt für die Entropie S des Behälters B_{i+1} nach der Potenzierung, dass $S(B_{i+1}) = S_2(B_{i+1} \setminus B_i) + S_1(B_i) > S_1(B_i)$ ist, dass also, was zu erwarten war, die Entropie mit der Potenzhöhe im SBM anwächst.

Das SBM als quantenmechanisches System

Das bisher Gesagte nimmt implizit die Inhalte der Behälter B_i als Gesamtheiten von klassischen Teilchen an. Mehr oder weniger stellt man sich dabei Gefäße gefüllt mit tennisballähnlichen Objekten vor und könnte auch noch nachvollziehen, dass diese Objekte mit ihren unmittelbaren Nachbarn wechselwirken. Ebenfalls anschaulich nachvollziehen kann man innerhalb dieser Sichtweise, dass der mit steigendem Potenzierungsgrad wachsende Informationsgehalt (s.o.) eine Eigenschaft des jeweiligen Gesamtsystems B_i ist, nicht aber auf Teilvolumina von B_i ohne zusätzliche Annahmen ausgedehnt werden kann. Dies lässt einerseits die Entropie zu einem aussichtsreichen Kandidaten für einen Strukturträger werden. Andererseits ist durch den Umstand, dass nur beim Gesamtsystem B_i von einem durch Potenzierung wachsenden Informationsgehalt die Rede sein kann, der praktischen Umsetzung dieser Erkenntnis eine natürliche Grenze gesetzt.

Wenn es nun aber bei wachsendem Potenzierungsgrad, wie oben herausgearbeitet wurde, im SBM auch prinzipiell möglich sein soll, innerhalb beliebiger Volumina in jedem Behälter B_i Strukturgrößen zu verfolgen, dann kann man sich fragen, ob dies durch eine grundsätzliche Änderung der Vorstellung vom Inhalt von B_i erreicht werden kann, und zwar unabhängig vom zu potenzierenden Arzneimittel.

Die bis heute einzige grundsätzlich andere Betrachtungsweise von klassischen Teilchensystemen ist die quantenmechanische Betrachtungs-

weise. Es würde an dieser Stelle zu weit führen, eine Darlegung der von der Quantenmechanik behandelten Phänomene und der von ihr benutzten Formalsysteme zu versuchen; dazu gibt es hervorragende Lehrbücher. Es soll an dieser Stelle genügen, verbal ein einziges (Gedanken)-Experiment, das EPR-Experiment, und seine Folgerungen für das SBM herauszuarbeiten. Der Grund für die Auswahl des EPR-Experiments zur Erhellung des Unterschiedes zwischen klassischer und quantenmechanischer Sichtweise liegt darin, dass das EPR-Experiment gerade die oben angesprochene Lokalisierbarkeit zum Gegenstand hat.

Das EPR-Experiment ist ein Gedankenexperiment und hat seinen Namen nach einer Publikation von Albert **Einstein**, Boris **Podolsky** und Nathan **Rosen**, in der die Autoren absurde Konsequenzen aus der Annahme der Gültigkeit der Quantentheorie verdeutlichen wollten.

Um die im EPR-Experiment behandelte Problematik darzustellen, sei hier zunächst ein von v.Lucadou (1992) gegebenes anschauliches Beispiel für den Fall klassischer Systeme, in denen die Folgerungen des EPR-Experiments gerade nicht gelten, angeführt: Ein Kasten enthalte zwei Bälle, einen weißen und einen schwarzen. Der Kasten sei, ohne ihn dabei zu öffnen, so in zwei kleinere Kästen aufteilbar, dass jeder der beiden kleineren Kästen genau einen der beiden Bälle enthält. Wenn man die beiden kleinen Kästen trennt und beliebig weit voneinander getrennt aufbewahrt, weiß man nach dem Öffnen des einen (dies entspricht einer Messung) bereits, ohne nachzusehen, welche Farbe der Ball aus dem anderen Kasten hat. Entscheidend hierbei ist die Trennung der beiden Teile des Gesamtsystems und der dadurch bereits von vornherein festgelegte Ausgang des Versuchs.

Nicht so in der Quantenphysik. Vor der Messung befindet sich das Gesamtsystem in einer Superposition von Zuständen, und erst die Messung reduziert die Superposition auf den Endzustand. Dazu als Illustration die quantenmechanische Version des obigen Beispiels (zitiert nach Gebelein, 1991): „Ein anderes Paradoxon konstruierte der Physiker Louis Victor de Broglie: Eine Schachtel kann durch einen Schieber in zwei Teile geteilt werden. Die Schachtel enthalte ein Elektron. Nun wird die Schachtel geteilt, und ein Teil bleibe in Paris, der andere werde nach Tokio gebracht. Die Quantenmechanik sagt nun, dass das Teilchen sowohl in der Pariser als in der Tokioer Schachtelhälfte ist. Durch eine Beobachtung ändert sich die Situation. Öffnet man die Schachtel in Paris, so findet man das Elektron oder nicht, damit kann aber in jedem Fall das Messergebnis in Tokio vorhergesagt werden. Die Beobachtung in Paris lässt das Elektron in Tokio z.B. verschwinden.“

Konkret betrachtet man im Gedankenexperiment ein aus zwei Protonen bestehendes ruhendes Teilchen. Dieses zerfällt, und die beiden Protonen fliegen auseinander. Da das Teilchen in Ruhe war, müssen sich auch die Impulse der Protonen zu Null addieren. Nach den Aussagen der Quantenmechanik müsste der Impuls beider Protonen unbestimmt sein, solange er nicht gemessen wird. Sobald man aber den Impuls nur eines der beiden Protonen misst, würde gleichzeitig, da der Gesamtimpuls ja Null ist, der Impuls des zweiten festgelegt, egal wie weit die beiden Protonen zum Zeitpunkt der Messung voneinander entfernt sind. Das Paradoxon besteht dann darin, dass sich Information ohne Zeitverzögerung ausbreitet, obwohl man aus der Relativitätstheorie weiß, dass sie sich nicht schneller als mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten kann. Dieses Phänomen nennt man Quantenverschränktheit oder auch Nichtlokalität. Nebenbei bemerkt betraf die ursprüngliche Veröffentlichung von Einstein, Podolsky und Rosen nicht den Spin, sondern gewisse Kombinationen von Ort und Impuls. Erst später stellte David Bohm (Bohm, 1952) eine Formulierung vor, die der hier angegebenen entspricht. Die Psychologen haben sich des Phänomens in vielerlei Form bemächtigt und versuchen damit, Phänomene wie die Synchronizität (Jung, 1952) zu beschreiben (s.a. Walach, 1998).

Doch zurück zum EPR-Paradoxon. Mit ihm schienen zumindest Zweifel an der Richtigkeit der quantenmechanischen Betrachtungsweise der Naturvorgänge berechtigt, wenngleich niemand die Richtigkeit der quantenmechanischen Rechnungen etwa in der physikalischen Chemie anzweifelte. Im Jahre 1964 zeigte dann Bell (Bell, 1964, s.a. die Ausführungen in Penrose, 1991, 1995), dass es mathematische Beziehungen zwischen den Wahrscheinlichkeiten für Spinkombinationen gibt, die sich jeweils bei zwei solchen Teilchen messen lassen sollten, sofern die Teilchen voneinander unabhängig und separierbar wären, wie es in der „normalen“ Physik der Fall ist. Unter dieser Bedingung folgen die Bellschen Ungleichungen mit Notwendigkeit. Nach der Quantentheorie sollten diese Ungleichungen jedoch auf ganz bestimmte Weise verletzt sein, und man hatte damit eine Möglichkeit, experimentell zu überprüfen, ob diese Beziehungen wirklich durch physikalische Systeme verletzt werden, wie es die Quantentheorie vorhersagte, oder ob diese Beziehungen entsprechend einem klassischen Bild, in dem sich räumlich getrennte Objekte unabhängig voneinander verhalten, erfüllt sind.

Jahre nach dem Erscheinen von Bells Aufsatz wurde eine Reihe solcher Experimente vorgeschlagen und auch realisiert (z.B. Aspect et al. 1982, 1986). Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Nicht-Lokalität der Quantenerscheinungen experimentell bestätigt werden kann, eine

anfänglich absurd erscheinende Folgerung aus der Quantenmechanik also gültig ist, und damit die Richtigkeit der quantenmechanischen Annahmen in einem weiteren Fall bestätigt werden kann.

Wendet man die bisherigen Ausführungen auf das SBM an, dann ist zunächst einmal der Inhalt jeden Behälters B_i als quantenmechanisches System aufzufassen. Was das heißt und unter welchen Voraussetzungen man das tun kann, sei hier nicht näher ausgeführt. Es soll genügen, zu wissen, dass dieser Übergang in der Literatur beschrieben ist (z.B. Primas, 1996) und Kriterien dafür existieren, wann er möglich ist. Durch die stufenweise Verdünnung mit nachfolgender Verschüttelung wird dafür gesorgt, dass mit großer Wahrscheinlichkeit alle Teilchen mindestens einmal miteinander in Berührung gekommen sind. Dann aber sagt uns die Interpretation der Bellschen Ungleichung, dass sich diese miteinander in Berührung gekommenen Teilchen gegenseitig beeinflussen, egal wie weit sie voneinander entfernt sind. In jedem Behälter B_i wird also, aufgefasst als Quantensystem, an jedem Ort die Urtinktur auf die durch die Quantenverschränktheit festgelegte Art und Weise präsent sein, und diese Präsenz wird für jedes B_i anders aussehen. Das Kuriose dabei ist, dass erst durch die Messung, also das konkrete Hinschauen an einen konkreten Ort, festgelegt wird, welche Eigenschaften wo vorkommen und wo nicht. Dies heißt aber, dass Messungen des TAI im SBM auf der Quantenebene grundsätzlich nicht möglich sind.

Ausblick

Natürlich kann man aufgrund der obigen Ausführungen noch nicht davon ausgehen, dass zumindest modellhaft die TAI-Problematik gelöst ist. Es ist nämlich ganz offensichtlich, welche Aufgaben sich im Anschluss an die eben dargestellten Überlegungen stellen. Erstens muss man der Rolle nachgehen, die das quantenmechanische Pendant des Informationsgehalts bei Quantenverschränkung hat. Glücklicherweise hat Jaynes (Rosenkrantz, 1983) gezeigt, dass sich die Struktur der Formel für die Entropie beim Übergang zu Quantensystemen nicht ändert. Zweitens muss man diejenigen Observablen identifizieren, die mit der Primasschen Bedingung für die Nichtlokalität vereinbar sind. Es ist dabei noch nicht abzusehen, ob evtl. mit versteckten Variablen (ähnlich wie Bohm versuchte, das EPR-Phänomen einzuordnen) gearbeitet werden muss. Drittens schließlich muss man klären, als welche Art von Messprozess die Verabreichung eines kleinen Volumens aus einem beliebigen Behälter B_i aufzufassen ist.

Schließlich wechselwirken bei einer Verabreichung ein abgeschlossenes und ein offenes System, und es ist bei weitem nicht klar, was in der Quantenmechanik offener Systeme (z.B. Davies, 1976) die Wechselwirkung mit einem abgeschlossenen System für eine Rolle spielt.

Literatur

- Aspect A Grangier P Roger G (1982) Experimental realization of Einstein-Podolsky-Rosen-Bohm Gedankenexperiment: a new violation of Bell's inequalities. *Phys. Rev. Lett* 48, 91–94
- Aspect A Grangier P (1986) Experiments on Einstein-Podolsky-Rosen-type correlations with pairs of visible photons, In: Penrose, R. Isham, C.J. (Hrsg) *Quantum concepts in space and time*, Oxford University Press, Oxford
- Bell J S (1964) On the Einstein Podolsky Rosen Paradox, *Physics*, Vol.1, No. 3, 195–200
- Bergholz W (1985) Homoeopathic Dilutions – High Potencies, A Physicist's Dilemma. *Brit. Hom. Res. Group Comm.* 13:23
- Bohm D (1952) A suggested interpretation of the quantum theory in terms of hidden variables, I and II. In: Wheeler J A (Hrsg.) *Quantum theory and measurement*, Princeton University Press
- Callen H B (1985) *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics*. John Wiley & Sons, New York
- Davies E B (1976) *Quantum Theory of Open Systems*, Academic Press, London New York
- Gebelein H (1991) *Alchemie*, Diederichs Verlag, München
- Gerthsen C (1995) *Physik*. Springer, Berlin Heidelberg New York, 19.Auflage
- Hund F (1979) *Grundbegriffe der Physik*. BI-Hochschultaschenbuch, Mannheim
- Jaynes E T (1994) *Probability Theory: The Logic of Science*, <http://omega.albany.edu:8008/JaynesBook.html>
- Jung C G (1952) Synchronizität als ein Prinzip akausaler Zusammenhänge, In: C.G. Jung & W. Pauli (Hrsg.), *Naturerklärung und Psyche*, Rascher, Zürich
- Lucadu von W (1992) Makroskopische Nichtlokalität, *Zeitschr. f. Parapsychologie und Grenzgebiete*, 34, 201–216
- Penrose R (1991) *Computerdenken*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
- Penrose R (1995) *Schatten des Geistes, Wege zu einer neuen Physik des Bewußtseins*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
- Primas H (1996) Synchronizität und Zufall. *Zeitschr. f. Parapsychologie und Grenzgebiete*, 38, 61–91
- Rosenkrantz R D (1983) (Edt.) E. T. Jaynes: *Papers on Probability, Statistics and Statistical Physics*, Reidel, New York
- Walach H (1998) Der Komplementaritätsgedanke in der Interaktion zwischen Psychologie und Physik, In: J. Janke, J. Fahrenberg, R. Stegic, E. Bauer (1998) (Hrsg.): *Passauer Schriften zur Psychologiegeschichte*, Profil Verlag, München

Weingärtner O (1992) Homöopathische Potenzen Wunsch und Wirklichkeit bei der Suche nach der therapeutisch wirksamen Komponente. Springer, Berlin Heidelberg New York

Weingärtner O (1997) Modellbildung und homöopathische Potenzen. Forschende Komplementärmedizin, 4, 174–178

Dr. Otto Weingärtner
Pater-Delp-Str. 10, 64625 Bensheim