

Kommentare zu Hagel und Tschapke: Zum experimentellen Nachweis akausaler Korrelations- effekte in unbelebten Systemen

NICOLAS BENZIN

Prinzip ohne Ursache? – Giordano Bruno und akausale Korrelationseffekte in unbelebten Systemen

Als Vorstand der Giordano-Bruno-Gesellschaft e.V. in Frankfurt/Main begrüße ich es sehr, dass moderne Naturwissenschaftler sich durch Ideen von Giordano Bruno anregen lassen, die in der traditionellen Wissenschaft bislang nicht so recht in Mode kommen wollten. Die experimentelle Überprüfung dieser Ideen und ihre vorläufige Bestätigung müssen als äußerst verdienstvoll gelten. Es bleibt zu hoffen, dass weitere Fachkollegen von Hagel und Tschapke die Ergebnisse dieser Arbeit zur Kenntnis nehmen und eine kritische Diskussion in Gang kommt. Die von den Autoren mit aller gebotenen Vorsicht angesprochenen möglichen weitreichenden kosmologischen Implikationen, wie sie aus den bislang vorliegenden Forschungsergebnissen resultieren könnten, sollten durch weitere Experimente – sowohl praktischer als auch gedanklicher Art – näher untersucht werden. Was die Interpretation der gewonnenen Daten betrifft, so können die Schriften Giordano Brunos sicherlich weiterhin hilfreich sein.

Um Brunos Weltbild besser zu verstehen, sind zunächst einige kurze Angaben zur Person sinnvoll: Giordano Bruno wurde vermutlich im Jahr 1548 in Nola bei Neapel geboren. Um studieren zu können trat er dem Dominikanerorden bei. Der junge Bruno entfaltete schnell verschiedene Talente, so dass man auf ihn an höchsten Stellen aufmerksam wurde. Doch er ging mit den Lehren der damaligen Zeit nicht immer konform, bald geriet er ins Visier der Inquisition (die noch dazu von seinem eigenen Orden betrieben wurde). Durch Flucht konnte er sich einer Verurteilung entziehen. Auf seinen Wanderungen quer durch Europa kam Bruno mit Kaisern, Königen und Herzögen in Kontakt, deren Gunst er gewinnen konnte. An verschiedenen Universitäten wirkte Giordano Bruno als Professor. Oft führten seine Lehren und sein Verhalten jedoch zu akademischen Skandalen, so dass er seine Tätigkeit abrupt einstellen musste.

Gedächtniskünstler, Magier, Naturphilosoph, Satiriker, Verbreiter eines neuen Weltbildes – Bruno war vielseitig interessiert. Seine Kenntnisse schlugen sich – trotz seines unsteten Lebens – in einer umfangreichen Publikationstätigkeit nieder. Er setzte sich für das heliozentrische Weltbild des Nikolaus Kopernikus ein und nahm die Existenz außerirdischer Welten an, die auch bewohnt sein könnten, ja bewohnt sein müssten. Die Inhalte seiner Arbeiten und die Art und Weise des Vortrages seiner Argumente brachten ihm immer wieder die Missgunst akademischer und kirchlicher Instanzen (der verschiedensten Konfessionen) ein. Bei einem Aufenthalt in Venedig wird Giordano Bruno von den Inquisitions-

behörden verhaftet. Nach einem sieben Jahre dauernden Prozess wird er am 17. Februar 1600 in Rom öffentlich verbrannt (vgl. Benzin 2000a; Benzin 2000b; Blum 1999).

Hagel und Tschapke nennen Bruno einen „Philosoph und Naturwissenschaftler des ausgehenden 16. Jahrhunderts“. Ein Philosoph war Bruno allemal, insbesondere ein Naturphilosoph. Sein Werk bezieht sich überwiegend auf die Dinge der Natur und das Wesen des Kosmos. Daneben beschäftigte er sich auch mit der Mnemotechnik, der mittelalterlichen Gedächtniskunst, wie sie um die Wende vom 13. zum 14. Jahrhundert durch den katalanischen Philosophen Raimundus Lullus eingeführt worden war. Bruno verfasste auch ein Theaterstück, in dem Charaktere seiner neapolitanischen Heimat überspitzt dargestellt wurden: „Il Candelaio“. Die Komödie wird am 18. Mai 2002 im Staatstheater Darmstadt ihre deutsche Erstaufführung erleben.

Giordano Bruno war aber kein Naturwissenschaftler nach unserem heutigen Verständnis. Experimente, wie in dem zu kommentierenden Beitrag beschrieben, kannte der Renaissance-Forscher nicht, einmal abgesehen von den Alchimisten. Die Renaissancewissenschaft beruhte vielmehr auf einem intensiven Studium der Texte der Antike und einer nachvollziehenden Anwendung der in ihnen beschriebenen Erkenntnisse. Nicht anders war es auch bei Giordano Bruno, nur dass er sich nicht mit tradierten und erst seit kurzem wiederentdeckten Schriften der griechischen Antike zufrieden gab, sondern er suchte nach okkulten Urweisheiten. Nun kann es auch nicht mehr verwundern, wenn Giordano Bruno in seinem ersten kosmologischen Dialogwerk aus dem Jahr 1584 durch sein Sprachrohr, den Dialogführer Teofilo, verkünden lässt, dass zuallererst die Philosophie der Chaldäer aus frühester Zeit seinen eigenen Vorstellungen entspricht:

„Nun gut, Meister Prudenziio, wenn die allgemeine Überzeugung, die auch Ihr teilt, nur insofern wahr ist, als sie alt ist, so war sie gewiss falsch, als sie neu war. Denn noch ehe die Philosophie, die Eurem Geist gemäß ist, aufkam, gab es die der Chaldäer, Ägypter, Magier, Orphiker, Pythagoreer und anderer aus frühester Zeit, die unseren Vorstellungen entspricht und gegen die sich zuvörderst jene unbesonnenen und törichten Logiker und Mathematiker auflehnten, nicht so sehr, weil sie dem Alten feindlich gegenüberstanden, als vielmehr, weil sie die Wahrheit verschmähten. Lassen wir also das Argument des Alten und Neuen, da es nichts Neues gibt, das nicht alt sein könnte, und nichts Altes, das nicht einmal neu gewesen wäre, wie Euer Aristoteles sehr richtig bemerkt“ (Bruno 1981, S. 87/88).

Naturwissenschaftliche Experimente im heutigen Sinne blieben dem Renaissance-Menschen Bruno fremd, und so führt er aus, „dass nämlich Substrat und Prinzip der natürlichen Dinge nach verschiedenen philosophischen Methoden verstanden werden können, ohne deshalb auf Kritik zu stoßen, und zwar am ergiebigsten nach naturphilosophischen und magischen Methoden, am unersprißlichsten nach mathematischen und rationalen Methoden, insbesondere wenn diese sich derart an die Regel und Übung des Verstandes halten, dass man am Ende durch sie nichts von Wert hervorbringt und kein für die Praxis brauchbares Ergebnis gewinnt, ohne welches jede philosophische Betrachtung für sinnlos gehalten werden müsste“ (Bruno 1986, S. 11/12). Wobei die Untersuchung psycho-physikalischer Interaktionen ihn möglicherweise im Rahmen seiner Vorstellungen von einer „natürlichen Magie“ sehr interessiert hätten (vgl. Bruno 1998).

Inzwischen wurde Bruno von der akademischen Forschung (Yates 1991; v. Samsonow 1995; de León-Jones 1997) als ein in der alchimistisch-hermetisch-kabbalistischen Tradition steh-

ender Magier erkannt, dessen Einbindung in die entsprechende Tradition gut herausgearbeitet und diverse Rezeptionslinien rekonstruiert werden konnten¹.

Hagel und Tschapke führen zu Beginn ihres Beitrages ein Beispiel an, das der Naturphilosophie Giordano Brunos entspringt und ihren eigenen Überlegungen am nächsten kommt. Dabei zitieren Sie zweimal aus einer Veröffentlichung der Kasseler Philosophin Anne Eusterschulte (Eusterschulte 1997), ohne allerdings die eigentliche Quelle aus den Schriften Brunos anzugeben. Nun erscheint es mir nicht ganz unproblematisch, die Lehre eines Philosophen ausschließlich anhand von Sekundärliteratur zu entwickeln. Das erste Zitat (S. 8/9) stammt ursprünglich aus Brunos Werk „Das Aschermittwochsmahl“ (Bruno 1981, S. 157), das zweite (S. 9) jedoch nicht – wie der Eindruck erweckt wird – von Bruno, sondern es handelt sich um eine Überleitung von Anne Eusterschulte, die auch nicht mit „Auf Grund eines höheren Prinzips...“ sondern mit „Aufgrund dieses inneren Prinzips...“ beginnt (Eusterschulte 1997, S. 27). Dies sind Details, die auf Grund von Brunos präzisen Abgrenzungen von nicht geringem Interesse sind. Den Autoren sei hier, auch im Hinblick auf ihre weiteren Forschungen, das Nachfolgewerk zum „Aschermittwochsmahl“, eine ebenfalls 1584 erschienene Schrift „Über die Ursache, das Prinzip und das Eine“ (Bruno 1986) empfohlen. Denn dort wird zudem ausgeführt, dass es keine Akausalitäten gibt:

„Dicsono. Ihr Teofilo, behauptet doch, dass alles, was nicht selbst erstes Prinzip und erste Ursache *ist*, ein Prinzip und eine Ursache *habē*“

Teofilo. Zweifellos und ohne jede Widerrede“ (Bruno 1986, S. 51).

Die Aussage der Autoren über die Vorstellung vom „Maxwellschen Dämon“ – ein Prinzip, das in der Lage sei einen Prozess exakt zu reversieren, in der Realität jedoch nicht existiere – wird übrigens bereits von Bruno im siebten Kapitel des dritten Buches seines monumentalen Lehrgedichts (in acht Büchern) „Das Unermessliche und Unzählbare“ behandelt (Bruno 2000, S. 71):

„Für mich dagegen existiert dieselbe Materie und Substanz in derselben Menge ewig und ist durch die Zusammensetzungen, in die sie eingeht, in ewiger Bewegung und Veränderung. Die Form in derselben Materie aber hat niemals auf gleiche Weise existiert und wird auch niemals wieder in der gleichen Weise existieren, wie ich auch mit Sicherheit sagen kann, dass sich nicht einmal in zwei Augenblicken irgend etwas völlig gleich verhalten kann. Für die natürlichen Dinge sind der Wechsel und die Aufeinanderfolge als zwingend festgelegt, wodurch alles aus allem entsteht. Ein Kreis aber bewegt sich nicht weiter und bedeutet keinen Wechsel, es sei denn für die einzelnen Teile, die in demselben Kreis existieren. Wenn dieselben Kreise und Spiralen wiederkehren würden und dieselben Wirkungen und Individuen wieder hervorbringen würden, die sie bereits völlig gleich hervorgebracht hatten, könnte man dieselben Wirkungen und die Rückkehr derselben Individuen sehen, in denen ganz bestimmte Teile existieren. Doch nirgends in der Natur zeigt sich eine solche Potenz.“

¹ In der Giordano-Bruno-Gesellschaft e.V. interessieren wir uns darüber hinaus insbesondere auch für den Wahrheitsgehalt der von Bruno getroffenen Aussagen und ihre praktische Anwendung im Sinne moderner Naturwissenschaft (vgl. Vogl und Benzin 2001). Was hier die moderne Forschung bereits auf dem Gebiet der Astronomie bestätigen konnte, ist erstaunlich. Das von den Autoren geschilderte Experiment und die daraus abgeleitete Hypothese wären eine weitere Bestätigung für die Richtigkeit des Bildes, welches der Nolaner vom Universum entwarf.

Literatur

- Benzin, N. (2000a): Giordano Bruno – Der Lebenslauf eines Getriebenen. *Mitteilungen der Giordano-Bruno-Gesellschaft* 8 (36), 13-16.
- Benzin, N. (2000b): Der 400. Todestag Giordano Brunos am 17. Februar 2000. *Mitteilungen der Giordano-Bruno-Gesellschaft* 8 (36), 3-5.
- Blum, P.R. (1999): Giordano Bruno. Beck, München.
- Bruno, G. (1981): Das Aschermittwochsmal. Übersetzt von Ferdinand Fellmann. Insel, Frankfurt/Main.
- Bruno, G. (1986): Über die Ursache, das Prinzip und das Eine. Übersetzt von Philipp Rippel. Reclam, Stuttgart.
- Bruno, G. (1998): Die Magie – Die verschiedenen Arten des Bannens und Bezauberns. Übersetzt von Erika Rojas. Skorpion, Peißenberg.
- Bruno, G. (2000): Das Unermeßliche und Unzählbare, III. und IV. Buch. Übersetzt von Erika Rojas. Skorpion, Peißenberg.
- de León-Jones, K.S. (1997) : Giordano Bruno and the Kabbalah : Prophets, Magicians, and Rabbis. Yale University Press, New Haven/London.
- Eusterschulte, A. (1997): Giordano Bruno zur Einführung. Junius, Hamburg.
- Samsonow, E.v. (1995): Magier und Manipulator: Philosophie mit Konsequenzen. In: Samsonow, E.v. (Hrsg.): Giordano Bruno. Diederichs, München.
- Vogl, D.; Benzin, N. (2001): Die Entdeckung der Urmatrix, Band 1-3. König, Greiz.
- Yates, F.A. (1991): Giordano Bruno and the Hermetic Tradition. University of Chicago Press, Chicago/London.

BERND DÜRRER

Geringe Effektstärke, viele Alternativhypothesen

Die Autoren präsentieren nicht nur eine verblüffende Hypothese, sondern auch eine umfangreiche experimentelle Arbeit, um diese zu belegen. In ihrem Experiment verwenden sie einen softwaremäßig implementierten Pseudozufallsgenerator, um eine binomialverteilte Zufallsvariable zu erzeugen. Diese Zufallsvariable wird im Experiment abgefragt und kann, je nach Konfiguration, den Verlauf des Experiments beeinflussen. Als Beleg für ihre Hypothese werten die Autoren eine Abweichung des gemessenen Verhaltens vom erwarteten Verhalten. Die für eine solche Entscheidung relevanten statistischen Überlegungen sind m.E. im Artikel etwas zu kurz gekommen, weshalb ich zunächst hierauf eingehen werde.

Statistische Vorüberlegungen

Es muss natürlich zuerst das zu erwartende Verhalten berechnet werden. Als Grundlage dient hierfür die Häufigkeit, mit der die beiden zur Verfügung stehenden Strecken er-

wartungsgemäß ausgewählt werden. Die Differenz zwischen den Häufigkeiten, mit denen die innere und die äußere Strecke ausgewählt werden, definieren die Autoren als $S(n)$. Die Auswahl wird mit Hilfe der berechneten Pseudozufallsvariable getroffen. Bei dieser wird vorausgesetzt, dass sie binomialverteilt ist mit den Parametern n und $p=0,5$. Der Erwartungswert von $S(n)$ liegt demzufolge bei 0, da beide Strecken gleich häufig befahren werden sollten (dies ist zugleich die Nullhypothese). Die Standardabweichung ist dabei (auf Grundlage der Annahme der Binomialverteilung) gerade die Wurzel aus n .

Bei einem realen Experiment wird natürlich i.a. nicht genau der Erwartungswert 0 für $S(n)$ gemessen werden: Die Wahrscheinlichkeit, mit der abweichende Werte auftreten, kann mit Hilfe des Binomialgesetzes berechnet werden. Für große n kann die Wahrscheinlichkeit des jeweiligen Wertes für $S(n)$ auch mit der Normalverteilung angenähert werden.

Während des Experiments werden die Ausprägungen der Pseudozufallsvariable nicht auf Anforderung, sondern fortlaufend berechnet. Es wird also eine Stichprobe der Größe n aus der Grundgesamtheit von N berechneten Pseudozufallszahlen genommen. Streng genommen ist hier bereits eine Voraussetzung für die Anwendbarkeit der Binomialverteilung nicht mehr gegeben: Die Abfragevorgänge sind nicht unabhängig voneinander. Zum Einen wird durch die Auswahl festgelegt, wann die nächste Abfrage erfolgen kann. Dies lässt sich jedoch nicht vermeiden (z.B. durch Berechnen einer neuen Pseudozufallszahl erst auf Anforderung statt fortlaufend): In diesem besonderen Abfragevorgang liegt die Hypothese der Autoren begründet, dass das abfragende System „günstige“ Werte bevorzugt abfragt. Zum Anderen handelt es sich bei dem Abfragen der Pseudozufallszahl um ein „Ziehen ohne Zurücklegen“. Die gezogene Stichprobe n ist jedoch mit Sicherheit sehr klein gegenüber der Grundgesamtheit N aller berechneten Pseudozufallszahlen: Unter dieser Annahme ist die Anwendung der Binomialverteilung zulässig.

Die Hypothese der Autoren gründet auf der Überlegung, dass diese Stichprobe n so genommen wird, dass ein ungünstiges Ereignis möglichst vermieden wird: Dies sollte sich dann auch auf den gemessenen Wert $S(n)$ auswirken. An dieser Stelle muss ein Kriterium festgelegt werden, das entscheidet, ob das gemessene vom erwarteten Verhalten signifikant abweicht. Die Autoren definieren hierzu eine Grenze von $\pm 2 \sigma$ ohne dies näher zu begründen: In den Bereich $\pm 2 \sigma$ um den Erwartungswert fallen etwas mehr als 95% aller zu erwartenden Messwerte (bei $\pm 1,96 \sigma$ wären es 95%, bei $\pm 2,57 \sigma$ 99%). Beim Umpolungslauf in Köln und in Freiburg wurde ein signifikantes Abweichen von der Erwartung gemessen, in Genf und bei der Replikationsstudie mit doppelter Geschwindigkeit in Köln nicht. Die Autoren interpretieren die Ergebnisse als Widerlegung der Nullhypothese.

Das Nicht-Zutreffen der Nullhypothese ist notwendige Bedingung für das Zutreffen einer dazu im Widerspruch stehenden Alternativhypothese: Es ist natürlich keine hinreichende Bedingung. Leider versäumen es die Autoren, andere Alternativhypothesen als die von ihnen favorisierte zu diskutieren. Insbesondere wird die Möglichkeit systematischer Fehler im Versuchsdesign und der Durchführung nur unzureichend ausgeschlossen. Dies ist um so bedauerlicher, als dies bei dem gewählten Versuchsaufbau sehr leicht möglich gewesen wäre.

Mögliche systematische Fehler

Um sich den Einfluss systematischer Fehler auf den Ausgang und somit auch die Interpretation des Experiments zu vergegenwärtigen, muss man sich klar machen, wie klein der untersuchte Effekt ist. Eine vollständige Versuchsreihe umfasst 100000 Runden; idealerweise sollten die innere und die äußere Strecke jeweils 50000 mal befahren werden. Die Standardabweichung σ beträgt hierbei 316,23; als Signifikanzgrenze wurden $2\sigma = 632,46$ festgelegt, d.h. wenn eine Strecke mehr als 50316 mal befahren wird (für 50316 ist $|S(n)| = 632$), wird dies als signifikante Abweichung von der Erwartung gewertet. Falls in der Grundgesamtheit N die Wahrscheinlichkeit eines der beiden Ereignisse nur geringfügig von dem idealerweise angenommenen Wert $p=0,5$ abweicht, wird diese Signifikanzgrenze aber ebenfalls überschritten: Diese Überschreitung ist dann allerdings lediglich die Folge einer falschen Annahme über die statistischen Eigenschaften der Grundgesamtheit und könnte natürlich nicht als Beleg für die von den Autoren postulierte Hypothese gewertet werden. Ein Beispiel: Beträgt die Wahrscheinlichkeit für den Wert $+1$ in der Grundgesamtheit $0,50317$ (anstatt $0,5$), dann würde eine gemessene Häufigkeit von 50317 bei insgesamt 100000 Runden genau dem Erwartungswert entsprechen; unter der falschen Annahme einer Wahrscheinlichkeit $p=0,5$ wäre dieser gemessene Wert aber eine signifikante Abweichung von der Erwartung und würde zum fälschlichen Verwerfen der Nullhypothese, also zu einem Fehler erster Art führen.

Bei vielen Experimenten muss man sich mit notwendigerweise ungenauen Annahmen über die statistischen Eigenschaften der Grundgesamtheit begnügen. Im hier diskutierten Experiment stehen aber prinzipiell alle Daten zur Verfügung. Es ist daher erstaunlich, dass die Autoren ihre Annahmen über die Grundgesamtheit nicht unmittelbar überprüft haben. Hierzu hätten lediglich zusätzliche Zählvariablen in der Software implementiert werden müssen, die die Häufigkeiten der Werte $+1$ und -1 (bzw. die Differenz $S(n)$ der beiden Häufigkeiten) für *alle* berechneten (also nicht nur der von der Modelleisenbahn abgefragten) Pseudozufallszahlen gezählt hätten. Diese Werte hätten dann auch unmittelbar zur Berechnung der „wahren“ Standardabweichung und des „wahren“ Erwartungswertes genutzt werden können, ohne auf den angenommenen idealen Wert $p=0,5$ zurückgreifen zu müssen. Die Gefahr, die Nullhypothese aufgrund einer falschen Annahme über die Grundgesamtheit unberechtigterweise zu verwerfen, wäre damit ausgeschlossen.

Stattdessen testen die Autoren den verwendeten Pseudozufallsgenerator, indem sie $S(n)$ für 100000 *fortlaufend* berechnete Werte bilden. $S(n)$ zeigt dabei ein Verhalten, das sich im Rahmen der Erwartung bewegt. Die im vorangegangenen Absatz vorgeschlagene Methode ist grundsätzlich einem solchen Test vorzuziehen, weil sie ohne Annahmen über die Grundgesamtheit auskommt und daher ein solcher Test, um diese Annahmen zu überprüfen, gar nicht erst notwendig ist. Will man dennoch einen solchen Test durchführen, wäre es interessanter gewesen, die Stichprobe in ähnlicher Weise zu entnehmen wie im eigentlichen Experiment. Hierzu hätte man die Pseudozufallszahlen fortlaufend berechnen und durch die Modelleisenbahn abfragen lassen sollen, ohne dass der abgefragte Wert die Weichenstellung oder die Polung beeinflusst. Dadurch wäre sichergestellt, dass die entnommene Stichprobe nicht durch Regelmäßigkeiten in der Pseudozufallszahlenreihe verfälscht wird.

Eine Versuchsreihe besteht aus je 10 Versuchseinheiten von 10000 Runden. Leider geben die Autoren nicht an, wie der Pseudozufallszahlengenerator jeweils initialisiert wurde. Die Berechnung der Pseudozufallszahlen erfolgt nach einem deterministischen Algorithmus, der bei gleichem Initialisierungswert immer die gleiche Reihe von Pseudozufallszahlen erzeugt. Ist der Initialisierungswert bei allen 10 Versuchseinheiten gleich, liegt hierin ebenfalls die Gefahr eines systematischen Fehlers: Es wird pro Versuchseinheit eine Stichprobe $n=10000$ genommen, für die $\sigma=100$ ist. Es werde angenommen, das hierbei $S(n)=68$ sei, also ungefähr ein Drittel der Signifikanzgrenze von $2\sigma = 200$. Bei der nächsten Versuchseinheit wird wieder mit dem gleichen Wert initialisiert und $S(n)$ sei wieder 68 und so fort. Man erhält also für jede Versuchseinheit ein nicht-signifikantes $S(n)$; kumuliert man aber alle Versuchseinheiten, ist $S(n)=680$ und für $n=100000$ gilt $\sigma=316,23$ – d.h. $S(n)$ liegt über der Signifikanzgrenze von $2\sigma = 632,46$. Da bei der Zusammenfassung $S(n)$ linear wächst, aber σ aufgrund der Wurzelfunktion schwächer als linear, wird die Zusammenfassung mehrerer nicht-signifikanter Ergebnisse plötzlich signifikant.

Hierbei ist zu beachten, dass die Grundgesamtheit N aller berechneter Pseudozufallszahlen, aus der die Stichprobe n der 10000 abgefragten Pseudozufallszahlen entnommen wird, auch nur eine Stichprobe aus der prinzipiell unendlich großen Menge aller berechenbaren Pseudozufallszahlen ist. Das bedeutet wiederum, dass für die hier betrachtete Grundgesamtheit N die Annahme $p=0,5$ nur ungefähr gilt, z.B. könnte für die erste Versuchseinheit $p=0,5034$ gelten: Dann wäre das im vorangegangenen Absatz angenommene $S(n)$ exakt der Wert, der dem Erwartungswert entsprechen würde. Wird für die nächste Versuchseinheit der Pseudozufallszahlengenerator wieder mit dem gleichen Wert initialisiert, wird natürlich auch wieder exakt die gleiche Grundgesamtheit N erzeugt, für die wieder $p=0,5034$ gilt, und das im vorangegangenen Absatz beschriebene Phänomen wird begünstigt. Wird für jede Versuchseinheit mit einem anderen Wert initialisiert, sollte sich im Mittel nach 10 Versuchseinheiten ein Wert für p sehr viel näher am Idealwert 0,5 ergeben, da bei einigen Versuchseinheiten auch ein Wert $p<0,5$ vorkommen sollte. Um die Ergebnisse besser beurteilen zu können, sollten die Autoren die Information nachreichen, ob und mit welchem Wert der Pseudozufallszahlengenerator beim Start einer Versuchseinheit initialisiert wurde.

Offen gebliebene Fragestellungen

Grundsätzlich besteht bei Verwendung eines Pseudozufallszahlengenerators immer die Gefahr, dass die erzeugte Pseudozufallszahlenreihe gewisse Regelmäßigkeiten aufweist. Dies hat sich für bestimmte technische Anwendungen als Nachteil erwiesen, z.B. in der Kryptografie oder der Messtechnik. Für kryptografische Anwendungen hat z.B. Intel die Entwicklung eines PC-Chipsatzes mit integriertem „echten“ Zufallszahlengenerator angekündigt, der sich das thermische Rauschen eines Widerstandes zunutze mache. Im Bereich der Messtechnik werden häufig Anregungssignale verwendet, die auf Maximalfolgen anstelle von Pseudozufallszahlen beruhen, z.B. bei der Messung von Übertragungsfunktionen akustischer Systeme mittels Messung der Kreuzkorrelation zwischen Eingangs- und Ausgangssignal.

Falls der hier verwendete Pseudozufallszahlengenerator ebenfalls Regelmäßigkeiten aufweist, würde bereits eine schwache Korrelation der Umlaufzeit der Modelleisenbahn mit dieser Regelmäßigkeit ausreichen, um eine Abweichung von der Erwartung zu erzeugen (hier sei

nochmals daran erinnert, dass es für ein signifikantes Ergebnis ausreicht bei 316 von 100000 Runden eine von der Erwartung abweichende Auswahl zu treffen). Grundsätzlich ist eine solche Korrelation eine gleichwertige Alternativhypothese zu der von den Autoren vorgeschlagenen Hypothese. Deshalb wäre es für Replikationsstudien sinnvoll, die mittlere Umlaufzeit der Lokomotive zu variieren, um diese Alternativhypothese zu bestätigen oder zu widerlegen.

Der Umlaufvorgang der Modelleisenbahn ist grundsätzlich deterministischer Natur ebenso wie die verwendete Pseudozufallszahlenreihe. Die Hypothese der Autoren beruht auf der Annahme, dass es zufällige Variationen in der Umlaufperiode gibt. Die Autoren postulieren, dass diese zufälligen Variationen den Abfragevorgang so beeinflussen, dass bevorzugt „günstige“ Werte abgefragt werden. Dieser Zufallsprozess steht also im eigentlichen Mittelpunkt des Interesses. Es ist daher um so erstaunlicher, dass die Autoren keinen Versuch unternommen haben, die statistischen Eigenschaften dieses Zufallsprozesses zu messen, obwohl auch dies hier wieder besonders einfach wäre: Es wäre lediglich erforderlich zu protokollieren, wie viele ΔN Pseudozufallszahlen zwischen zwei Abfragevorgängen berechnet wurden und welche Strecke anschließend befahren wurde. Hieraus könnten für beide Strecken Mittelwert und Streuung für ΔN berechnet werden. Zum Einen würde die Kenntnis dieser Werte erlauben, die Alternativhypothese einer Korrelation der Umlaufperiode mit möglichen Regelmäßigkeiten des Pseudozufallszahlengenerators zu bestätigen oder zu widerlegen. Zum Anderen wäre eine möglichst genaue Kenntnis über die Eigenschaften dieses Zufallsprozesses auch erforderlich, um die von den Autoren vorgeschlagene Hypothese weiter auszuarbeiten: Schließlich beschreiben die Schwankungen der Umlaufzeit den „Spielraum“, den die Modelleisenbahn gemäß der Hypothese hat, um zwischen mehreren verfügbaren Werten einen günstigen auszuwählen. Falls dieser „Spielraum“ vom abfragenden System gemäß der Hypothese aktiv genutzt wird, wäre zu bedenken, ob die Verteilung der Messwerte der Umlaufperioden noch einer Normalverteilung entsprechen kann: Ein durch die Intention, günstige Werte abzufragen, gesteuerter Prozess wäre definitionsgemäß kein Zufallsprozess mehr. Würde man auf die gemessene Verteilung einen Normalverteilungstest anwenden, wäre zu bedenken, dass die gemessene Verteilung natürlich auch durch den Verschleiß der Lokomotive beeinflusst wird.

Anmerkungen zur vorgeschlagenen Hypothese

Die Autoren berufen sich auf Giordano Bruno, der „schon vor über 400 Jahren aufgezeigt [hat], wie schwierig die Grenze zwischen belebter und unbelebter Natur zu ziehen ist, falls es überhaupt sinnvoll ist, eine solche anzunehmen.“ Die zitierten Aussagen Brunos über die Natur haben eher den Charakter eines Postulates, als dass etwas aufgezeigt im Sinne von nachgewiesen wird. Sie sind der Ausdruck von Brunos Faszination, dass es so etwas wie allgemeingültige Naturgesetze überhaupt gibt (z.B. das Gravitationsgesetz und die Gesetze der Mechanik, mit deren Hilfe wir die Bewegung der Planeten beschreiben und vorhersagen können). Insofern ist eine Unterscheidung zwischen belebter und unbelebter Natur irrelevant, weil diese Gesetze für belebte und unbelebte Systeme gleichermaßen gelten. Mit seinem Postulat versucht Bruno die unbefriedigende Situation aufzulösen, dass der Mensch durch das Aufstellen von Naturgesetzen auf Grundlage der Beobachtung der Natur zwar

beschreiben kann, wie sich die Natur verhält, aber nicht, warum sie sich so verhält. Mit dem Postulat eines Strebens nach Selbsterhaltung schafft er eine Motivation dafür, warum die Naturgesetze so sind, wie wir sie beobachten.

Die Überlegungen Brunos mögen für die Autoren eine fruchtbare Inspiration gewesen sein, bilden aber kein theoretisches Fundament. Insbesondere missachten sie, dass Bruno sich nur auf unbelebte, ohne menschlichen Einfluss in der Natur entstandene Systeme bezieht (z.B. die Gestirne). Bei der im Experiment betrachteten Modelleisenbahn handelt es sich aber um ein von Menschen geschaffenes Artefakt, d.h. es gehört nicht zu den von Bruno betrachteten unbelebten Systemen. Die Hypothese, dieses Artefakt würde ein Bestreben entwickeln, seine vom Menschen gewünschte Funktionalität zu erhalten, schreibt der menschlichen Schöpferkraft eine unvergleichbar große Leistungsfähigkeit zu.

Zusammenfassung

Die Autoren beschreiben einen interessanten, aber auch sehr schwachen Effekt. Aufgrund der geringen Effektstärke halte ich es für besonders wichtig, systematische Fehler im Versuchsdesign auszuschließen. Als Hauptquelle solcher möglichen systematischen Fehler sehe ich Unzulänglichkeiten des verwendeten Pseudozufallszahlengenerators. Um diesen Einwand zu entkräften, möchte ich die Autoren ermuntern, ihre Versuchssoftware dahingehend zu erweitern, nicht nur die statistischen Eigenschaften der Stichprobe der von der Modelleisenbahn abgefragten Pseudozufallszahlen zu messen: Sie sollten auch die Parameter p und N der Grundgesamtheit aller berechneten Pseudozufallszahlen messen und für die Auswertung nutzen. Hierdurch wird die Gefahr eines Fehlers erster Art vermindert. Zur Stützung ihrer eigenen Hypothese sollten sie außerdem Mittelwert und Streuung der Umlaufperioden der Modelleisenbahn auf beiden zur Verfügung stehenden Strecken messen². Zusätzlich sollten die Autoren die Information nachreichen, mit welchem Verfahren der Pseudozufallszahlengenerator jeweils initialisiert wurde.

Grundsätzlich stehen die Autoren dem Problem gegenüber, dass die Ablehnung der Nullhypothese zwar Voraussetzung für die mögliche Richtigkeit ihrer Hypothese ist, aber die Ablehnung alleine noch kein Beleg ist. Um allgemeine Anerkennung ihrer Hypothese zu erreichen, bleibt ihnen die mühselige Aufgabe der Widerlegung möglicher Alternativhypothesen (wie z.B. Unzulänglichkeiten des Pseudozufallszahlengenerators) nicht erspart. Bis weitere Ergebnisse vorliegen, ist es daher eine Frage der persönlichen Weltanschauung, welche im Gegensatz zur Nullhypothese stehende Erklärung man bevorzugt.

² Dabei können die Schwankungen statt in Sekunden einfacher in der Anzahl der zwischenzeitlich berechneten Pseudozufallszahlen gemessen werden.

ECKHARD ETZOLD

„Akausale Korrelationen“ als Triebkraft der Evolution?

Hagel und Tschapke weisen scheinbar nach, dass es „Formen der Selbstorganisation zur Systemerhaltung schon auf der Ebene einfachster System gibt“. In Interaktion mit einem Zufallsgenerator „wählt“ eine Modellbahnlokomotive signifikant häufiger jene Weichenstellung, die ihr eine störungsfreiere Fahrt ermöglicht. Damit solch ein Effekt³ auftreten kann, muss eine Instanz, die dem System innewohnt, in irgend einer Weise in die Zukunft sehen können, um dann jenen Bahnlauf zu wählen, der die zu erwartende Störung umgeht⁴. Nach Hagel und Tschapke sei mit dem Phänomen „auch schon in der vorbiologischen Evolution des Universums [zu] rechnen“, sie sprechen in diesem Zusammenhang sogar von möglichen „weitreichenden kosmologischen Implikationen“.

Zunächst steht aber die Behauptung eines solchen Effekts⁵ unter dem Vorbehalt, dass er seine Ursache auch im konventionell-physikalischen Zusammenspiel des Eisenbahn-Systems mit dem Pseudo-Zufallsgenerator haben könnte. Dieser Pseudo-Zufallsgenerator produziert keine echten Zufallsfolgen, sondern lediglich ähnlich erscheinende. Zahlenketten und Bitmuster können häufiger wiederkehren als es der echten Zufallsverteilung entspricht, und auch verdeckte Periodizitäten im Bitstrom sind nicht völlig ausgeschlossen. Wir können uns das System Modelleisenbahn als einen Oszillator mit wahlweise zwei verschiedenen Schwingkreisen (innerer vs. äußerer Bahnlauf) vorstellen. Für den Nulllauf (also ohne eingeschaltetes Umpolungsrelais) gilt: Fährt die Bahn auf der inneren Spur, erhöht sich die Umlauffrequenz, weil die Innenstrecke kürzer ist und deshalb schneller durchlaufen wird als die Außenstrecke. Fährt die Bahn dagegen die Außenstrecke, so ist die Umlauffrequenz niedriger als beim Innenlauf. Im letzteren Fall ist die günstigere Möglichkeit der Ausbildung von Resonanzen im System gegeben, wenn Oberwellen zur aktuellen Umlauffrequenz im

³ Zur Zeit wird immer noch diskutiert, ob sich nicht Psychokinese letztlich auf Präkognition zurückführen lasse. Am Beispiel der Untersuchung von Hagel und Tschapke sehen wir, dass beide auch gepaart auftreten können, sofern es sich hier wirklich um ein anomales Phänomen handelt: Präkognition und Psychokinese müssen quasi zusammen wirken, damit die Störung im Bahnlauf vermieden werden kann.

⁴ Die Autoren verwenden für das Phänomen die Bezeichnung „akausale Korrelation“. Dieser Begriff ist meines Erachtens irreführend, da akausal ja so viel bedeutet wie unkausal. In einem kausalen Zusammenhang steht diese Korrelation aber allemal, egal ob in einem bekannten konventionell-physikalischen oder nicht. Für das hier zur Rede stehende Phänomen würde ich, sofern es sich denn um ein zur Zeit noch nicht erklärbares Phänomen handelt, eher den Begriff „retrokausale Korrelation“ verwenden.

⁵ Misstrauen erregt, dass der Effekt sehr stabil und berechenbar zu sein scheint, während die bisher erforschten Psi-Phänomene sich als äußerst elusiv und unbeständig erwiesen und kaum replizierbar waren. Doch man darf nicht vergessen, dass der Mensch in den hier beschriebenen Experimenten nicht mehr Teil des Systems ist. Es geht nicht mehr um eine außergewöhnliche Mensch-Maschine-Interaktion (so eine der möglichen Definitionen von „Psychokinese“), sondern um Maschine-Maschine-Interaktionen. Daher ist die Vergleichbarkeit von vornherein fragwürdig.

Zufallsrauschen des Pseudo-Zufallsgenerators auftreten und diese bei abfallender Oberwellenfrequenz ansteigen. Produziert der Pseudo-Zufallsgenerator eine Kette aufeinander folgender +1-Zustände (= Weiche schaltet auf Außenbahnnumlauf), was bei Pseudo-Zufallsgeneratoren durchaus im Bereich des Möglichen ist, so stabilisiert sich das System womöglich in diesem Resonanzzustand, und es produziert mehr Außenbahnumläufe als statistisch zu erwarten wären. Produziert der Zufallsgenerator jedoch eine Kette aufeinander folgender -1-Zustände (= Weiche schaltet auf Innenbahnnumlauf), so wird das System durch oberwellenärmere höhere Umlauffrequenzen destabilisiert und es kommt zur geringeren Ausprägung von Resonanzmöglichkeiten im System. Das heißt, dass das Schaltungsverhalten, das der Nulllauf hier produziert, eher der Zufallsverteilung entsprechen müsste. Das System Modelleisenbahn würde auf diese Weise quasi wie ein Filter wirken, der aus dem weißen Rauschen des Zufallsgenerators bevorzugt jene harmonischen Frequenzen und Oberwellen zur eigenen Umlauffrequenz herausfiltert, zu denen das System in Resonanz steht⁶.

Im Umpolungslauf tritt nun ein Sonderfall ein. Fährt die Lokomotive auf der Außenbahn, so wird sie umgepolt und bis vor die Weiche zurück gefahren, bevor sie wieder auf Vorwärtsfahrt umgeschaltet wird. Die Gesamtzeit für einen Umlauf steigt dadurch an und die Umlauffrequenz sinkt ab. Nun müsste nach unserer bisherigen Argumentation die Bahn immer noch die Umpolungsstrecke bevorzugen. Das tut sie aber nicht. Im Gegenteil, sie bevorzugt die innere Umlaufbahn mit der höheren Umlauffrequenz. Gerade dieser von Hagel und Tschapke beobachtete Asymmetrie-Effekt macht es schwer, für den hier gefundenen Effekt eine konventionell-physikalische Erklärung zu geben. Trotzdem bleibt die Aufgabe bestehen, weiterhin nach möglichen konventionellen Erklärungen für diesen Effekt zu suchen.

Wenn es nun aber doch derartige Effekte sog. „akausaler Korrelation“ geben sollte, d.h. wenn meine vorhergehende Argumentation doch nicht zielführend sein sollte, welche Implikationen könnten solche Phänomene dann in einem kosmologischen Kontext haben? Dazu möchte ich folgende Spekulation wagen:

Versuchsreihen am Göttinger Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie scheinen nahe zu legen, dass die biologische Evolution in ihrer Entwicklung vom Einzeller zum Menschen einige tausendmal schneller ablief als es nach den bekannten Darwinschen Gesetzen von Zufall und Auslese eigentlich anzunehmen wäre (Eigen 1992). Zugleich erscheint die Evolution in der Rückschau merkwürdig zielgerichtet, als ob sie geradezu voraus geahnt hätte, was einmal kommen werde. Betrachtet man z.B. die Entwicklung des menschlichen Auges, so erscheint rückwirkend gesehen die Evolution von den ersten Photorezeptoren auf einer glatten Hautoberfläche zum ausgebildeten Augapfel mit Linse, Netzhaut und Glaskörper von Anfang an auf diesen Zielpunkt hin angelegt, als ob zu Beginn dieser Entwicklung schon die Idee und das Ziel, nämlich das ausgebildete Auge, vorgegeben gewesen wäre. Ähnliches gilt auch für die Entstehung der ersten Zelle in der biologischen

⁶ Der Eichlauf, der keine Effekte zeigte, muss übrigens auch im Rahmen einer solchen Erklärung eine zufällige Verteilung ergeben. Denn hier ist das System Eisenbahn abgekoppelt, es wird nichts gefiltert, es treten auch keine unterschiedlichen Resonanzmöglichkeiten auf.

Evolution. Wenn nun aber die Evolution in der Vergangenheit durch ein zukünftiges Ziel retrokausal beeinflusst werden sollte, so lösen sich diese Ungereimtheiten der Evolutionstheorie auf. Auch angesichts der Ergebnisse in der Retro-Psychokinese-Forschung kann man eine Bewusstsein-Materie-Interaktion annehmen, die aus der Zukunft heraus in die Vergangenheit hinein wirkt, um sich in der Vergangenheit die Bedingungen ihrer eigenen Verwirklichung in der Zukunft zu schaffen. Zwar ist zu vermuten, dass der relative Informationsfluss, der auf diese Weise aus der Zukunft in die Vergangenheit wirkt, sehr gering ist (und er deshalb auch schwer nachweisbar sein dürfte) – kumuliert über die Jahrtausende der Evolution könnte er aber dennoch höchst relevant für die Verwirklichung des Wunders des Lebens sein, über das wir immer wieder ins Staunen geraten (vgl. auch Jantsch 1979).

Ähnliches könnte man auch für die Entstehungsbedingungen des Universums annehmen. Obwohl eine Explosion immer zerstörerisch ist und Unordnung schafft, ging aus dem Urknall ein in höchstem Maße „geordnetes“ Universum hervor – so „geordnet“, dass sich in dieser „Ordnung“ das Leben entwickeln konnte. Penrose (1991) hat sich aufgrund dieser Merkwürdigkeit der Frage zugewandt, wie genau der Schöpfer die Startbedingungen des Urknalls festlegen musste, damit sich Leben in unserer Welt überhaupt entwickeln konnte. Er errechnete für diese realisierten Ausgangsbedingungen des Universums eine Wahrscheinlichkeit von 1 zu $10^{10^{123}}$. Das ist eine Zahl, die die Grenzen jeglicher Vorstellungskraft sprengt. Penrose (1991, S. 336) schreibt dazu: „Das ist eine außergewöhnliche Zahl. Man könnte sie in der gewöhnlichen Dezimalnotation nicht einmal vollständig hinschreiben. Sie wäre eine ‘1’ gefolgt von 10^{123} ‘0’- Ziffern! Selbst wenn wir auf jedes einzelne Proton und auf jedes einzelne Neutron im Universum eine ‘0’ setzen würden – wir könnten sogar noch obendrein sämtliche übrigen Teilchen dazu verwenden –, würden wir unser Ziel, die erforderliche Zahl auszuschreiben, weit verfehlen.“ Wenn man nicht annehmen will, dass es vor der Entstehung unserer Welt bereits eine derart unvorstellbar große Zahl an unbelebten Vorgänger-Universen gegeben hat, liegt die Vermutung nahe, dass die Ursprungsbedingungen unseres Universums retrokausalen Einflüssen ausgesetzt gewesen sein könnten.

Sicher läuft eine solche Annahme unserem gewohnten Denken völlig zuwider, dennoch ist es nicht auszuschließen. Auch sehr schwache derartige Effekte könnten letztlich dramatische Auswirkungen auf das Geschehen in unserer Welt haben, wie die Chaosforschung lehrt. Philosophisch würde eine solche Annahme bedeuten, dass der Evolution ein Ziel vorgegeben ist, auf das sie sich nicht nur hinbewegt, sondern von dem aus sie retrokausal gesteuert und gelenkt wird, sehr schwach und subtil, aber unwidersetzlich. Der Sinn der Gegenwart und der Vergangenheit wäre demnach in ihrer Zukunft begründet, und dieser kann erst dann voll erfasst werden, wenn die Welt an ihr Ende gekommen ist.

Literatur

- Eigen, M. (1992): Die frühe Evolution im Visier der Molekularbiologie. Piper, München.
- Jantsch, E. (1979): Die Selbstorganisation des Universums. Vom Urknall zum menschlichen Geist. Carl Hanser, München/Wien.
- Penrose, R. (1991): Computerdenken. Die Debatte um Künstliche Intelligenz, Bewusstsein und die Gesetze der Physik. Spektrum, Heidelberg.

JÜRGEN HEINZERLING

Einwände aus Sicht der Steuer- und Regelungstechnik

Gerade in den Parawissenschaften stellt sich oft das Problem, dass ein durchaus folgerichtig und fundiert erscheinender Ansatz von Unzulänglichkeiten ins Wanken gebracht wird, die sich aus unzureichenden experimentellen Bedingungen ergeben. Dies gilt insbesondere, wenn experimentelle Aufbauten als quasi geschlossene Systeme betrachtet werden, von denen ein wie auch immer geartetes vorhersehbares Verhalten erwartet wird. Natürlich ist ein solcher Ansatz bei sehr einfachen Versuchsaufbauten durchaus vertretbar. Doch zeigt schon die allgemein Lebenserfahrung, dass Systeme mit steigender Komplexität überraschende Tendenzen entwickeln können. Gerade bei mechanischen Systemen sorgt eine Vielzahl von verkoppelten systeminhärenten Betriebseffekten dafür, dass jede Änderung des dynamischen Zustands eine unbestimmte Anzahl von sekundären Parametern dynamisiert, mit Folgen, die sich einer gezielten Zustandsänderung völlig in den Weg stellen können.

Man denke in diesem Zusammenhang nur an den berüchtigten „Elchtest“, bei dem sich aus den sehr komplexen Interaktionen der Fahrwerksmechanik eines Fahrzeuges unter bestimmten Grenzbedingungen ein für die Konstrukteure nicht vorhersehbares „Umkippen“ der erwünschten Zustandsänderung ergab. Man muss nicht einmal die Chaosforschung herbeirufen, um die grundsätzliche Eignung von solchen mechanischen Systemen für die parawissenschaftliche Forschung in Frage zu stellen. Es reicht vielmehr aus, das von Hagel und Tschapke beschriebene System aus einem veränderten Blickwinkel zu betrachten: dem der Steuer- und Regelungstechnik.

Eine wie auch immer aufgebaute Modelleisenbahnstrecke lässt sich durchaus als Verkopplung mehrerer Regelkreise beschreiben. Nehmen wir als Beispiel einen einfachen Schienenkreis, auf dem eine mit einem Gleichstrommotor betriebene Modelllokomotive fährt. Die Geschwindigkeitssteuerung erfolgt über ein Netzteil mit einstellbarer Ausgangsspannung U_{control} . Dabei sorgt der Wicklungs-Innenwiderstand R_{DC} dafür, dass sich die Drehzahl des Motors mit steigendem Wert von U_{control} erhöht. Wenn wir einen arbiträren Wert für U_{control} einsetzen, sollte man also erwarten, dass der Zug auf einer unendlich langen, geraden Gleisstrecke an jedem Punkt hinter der Beschleunigungsstrecke eine konstante Fahrgeschwindigkeit $c_{u(\text{control})}$ aufweist. In der Praxis verhält sich der Zug allerdings keineswegs so ideal. Zunächst lässt diese einfache Herleitung außer Acht, dass U_{control} an *einem* (und nur einem!) bestimmten Punkt des Gleisstranges eingespeist wird. Gehen wir der Einfachheit halber davon aus, dass dieser Punkt am Anfang des Gleisstranges liegt. In diesem Fall bildet der mit der relativen Position der Lokomotive steigende Innenwiderstand des Gleises R_{gleis} mit R_{DC} einen Spannungsteiler, der für eine zunehmende Verringerung der Betriebsspannung der Lokomotive sorgt, je weiter sich diese vom Einspeisungspunkt entfernt.

Auf einem einfachen Schienenoval sorgt dieser Effekt dafür, dass die Fahrtgeschwindigkeit $c_{u(\text{control})}$ auf der Hälfte der Strecke abnimmt, um danach wieder zuzunehmen, bis sie am Einspeisungspunkt ihren Maximalwert erreicht. So betrachtet handelt es sich also nicht um eine Fahrt mit gleichmäßiger Geschwindigkeit, sondern um einen Beschleunigungszyklus, der in negativer und positiver Richtung um einen Mittelwert schwankt, der wiederum durch

U_{control} vorgegeben wird. Stellt man diese Beschleunigung a_{control} als Funktion der Entfernung des Zuges vom Einspeisungspunkt x_{control} grafisch dar, ergibt sich zunächst eine parabelartige Funktion. Diese einfache Darstellung wird dem wirklichen Verhältnissen jedoch nicht hinreichend gerecht, da wir folgende Parameter bislang ignoriert haben:

(a) Erhitzung des Motors durch die elektrische Verlustwärme. Diese Funktion hängt mit der soeben beschriebenen direkt zusammen, d.h. die Erhitzung ist am Einspeisungspunkt am größten.

(b) Der Gleisverlauf, d.h. der Kurvenradius, sorgt für eine erhöhte Reibung an den Rädern der Lokomotive, der sich der Bahngeschwindigkeit in den Gleiskurven entgegenstellt.

(c) Gleisunebenheiten, speziell an den Kontaktstellen der Schienen. Diese sorgen für veränderte Reibungsbedingungen und beeinflussen auch durch die verschlechterte Stromleitung den Verlauf der Beschleunigungskurve.

Im Sinne der Steuer- und Regelungstechnik können wir all diese Einzelfunktionen als verkoppelte Steuersignale betrachten. In gewissen Grenzen handelt es sich um einen schwach gekoppelten Regelkreis, da sich experimentell am Netzteil trotz der zum Teil gegensätzlich verlaufenden Steuerfunktionen leicht eine Spannung U_{control} finden lässt, bei der der Zug viele Male seine Kreise ziehen wird ohne stehen zu bleiben oder in den Kurven zu entgleisen. Etwas anderes gilt jedoch im Grenzfall, wenn man U_{control} so einstellt, dass der Zug mit maximaler Geschwindigkeit die Gleisstrecke durchläuft, so dass er beim Kurvendurchlauf fast zu entgleisen droht. Ein solches, sich am Rande der Oszillation bewegendes System verhält sich zwar für eine gewisse Zeit stabil, auf Dauer wird dies aber mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Entgleisung führen. Verantwortlich ist dafür unter anderem der erhöhte Abrieb der Räder, der zu Sintereffekten an den Schienen führt, durch die sich die Lauf- und Haftungseigenschaften der Räder verändern. Die Eisenbahnanlage weist dadurch alle Eigenschaften eines chaotischen Systems auf, was aus der (zum Teil phasenverschobenen) Verkopplung der beschriebenen Funktionen herrührt. Technisch betrachtet verhält sich dieses System nicht anders als ein Verstärker, dessen Gegenkopplung so eingestellt wird, dass er sich an der Grenze zur Oszillation bewegt. Es ist nur eine Frage der Natur des Eingangssignals, welche Tendenzen ein solches System annimmt.

Kommen wir nun zu der von Hagel und Tschapke konkret verwendeten Versuchsanordnung. Vereinfacht gesagt betrachten sie die beiden alternativen Gleisstrecken ihres Aufbaus als *binären Indikator*. Gleisstrecke A wird als „schädlich“ für die Lokomotive angesehen, Gleisstrecke B als „weniger schädlich“. Bei zusätzlicher Umpolung auf Gleisstrecke B kehren sich die Verhältnisse ins Gegenteil um.

Der Indikator des Systems wird allein durch die Stellung der Schienenweiche (A oder B) bestimmt. Diese wird gesteuert von einem „Zufallsgenerator“, der tatsächlich aus einem via Software realisierten Pseudozufallsgenerator besteht. Der Computer produziert dabei quarzgetaktet eine sich wiederholende Kette von Pseudozufallszahlen. Diese Zahlen werden binär gewichtet, sind also darstellbar als pseudozufällige Kette der Werte „0“ und „1“. Die Kette wird quarzgetaktet erzeugt und ist deshalb für alle praktischen Belange zeitsynchron, z.B. 10000 Werte pro Sekunde.

Der Zustand des binären Indikators ist einerseits abhängig von diesem Pseudozufallswert, andererseits jedoch von dem Zeitpunkt, an dem die Lokomotive einen Reedkontakt durch Überfahren schließt. Der Zeitpunkt der Abfrage dieser „Zufallsentscheidung“ ist nicht

zeitsynchron, da der Zug ja in Abhängigkeit von den bisherigen Durchläufen und den beschriebenen, das Fahrverhalten dynamisierenden Parametern den Reedkontakt in sozusagen ungewissen Abständen erneut schließt. Mit anderen Worten: eine zeitsynchrone Zufallsfunktion des Pseudo-RNGs wird von der oben beschriebenen Beschleunigungskurve des binären Indikators überlagert. Der Indikator ist dabei mit sich selbst verkoppelt. Zwischen beiden Kurven kommt es zu Schwebungen, zu Interferenzen, die primär von der mittleren, durch U_{control} definierten Betriebsspannung abhängen, ferner von der Lage des Einspeisungspunktes und des Reedkontaktes, sowie von der relativen und absoluten Länge der beiden Gleisstrecken A und B.

Und damit stellt sich die alles entscheidende Frage: Könnte es sein, dass es sich bei diesem System um eine lose gekoppelte, elektromechanische Regelung handelt, bei der das vom Computer produzierte Pseudozufallssignal lediglich eine „Störung“ darstellt, die das System in manchen, aber nicht allen Fällen in eine bestimmte Richtung (A bzw. B) ausregelt? Wurde das System hinreichend bei verschiedenen Geschwindigkeiten, mehreren Einspeisungspunkten etc. untersucht? Wie verhält es sich im Grenzfall, also bei so hoher mittlerer Geschwindigkeit, dass der Zug gerade noch nicht entgleist?

Gerade im Hinblick darauf, dass die Autoren behaupten, das System regle sich auf den „weniger schädlichen“ Zustand ein, erscheint mir die letztgenannte Frage extrem wichtig – ungeachtet der Tatsache, dass mich eine anthropomorphe Gefahrenabwägung seitens einer Modelleisenbahnlokomotive nicht sonderlich zu überzeugen vermag. Dass das Durchfahren einer längeren, aber weniger Zentrifugalkräfte produzierenden Gleisstrecke „weniger schädlich“ für die Lokomotive ist, stellt mithin eine unsachgemäße Interpretation des Versuchsergebnisses dar. Modelllokomotiven pflegen nun einmal im Regelfall nicht durch Fliehkräfte kaputt zu gehen, sondern durch elektromechanische Probleme, vor allem die begrenzte Laufleistung des Motors. Für die Lokomotive wäre es also das Beste, möglichst wenig Strecke zurückzulegen. Demnach müsste man der verwendeten Lokomotive beim beschriebenen Nullexperiment geradezu suizidale Tendenzen unterstellen, was mir doch mehr als weit hergeholt scheint.

Die Versuche von Hagel und Tschapke überzeugen mich nicht, da sie genauso gut das Resultat einer Eigenregelung beschreiben könnten, die ohne den anthropomorphen Ansatz auskäme. Viele Vorgänge in der Natur gleichen sich „wie von selbst“ durch solche lose gekoppelten Regelungen aus, als Beispiel sei nur die Stabilisierung des Umlaufs der Erde um die Sonne durch den Mond genannt. Dahinter mögen sich tiefere universelle Prinzipien verbergen, die einen grundsätzlichen Forschungsbedarf rechtfertigen. Aber der von Hagel und Tschapke verwendete Versuchsaufbau enthält meiner Ansicht nach zu viele Unwägbarkeiten, um derartige Prozesse zu untersuchen.

Ungeachtet dessen kommen mir einige Zweifel zur Aussagekraft der beschriebenen „verblindeten“ Experimente. Sicherlich hätte es auch den schmalsten Versuchsetat nicht sonderlich belastet, die Umpolvorgänge über einen Indikator (z.B. LED/Piezosummer) zu kontrollieren. „Tür aufmachen, Augen schließen und reinhorchen“ – das ist eine Objektivität auf Ehrenwort, die in einer Arbeit mit wissenschaftlichem Anspruch eigentlich nichts verloren hat.

JOOP M. HOUTKOOPER

„To boldly go where no one has gone before“

In seiner Kritik an Stanfords „Conformance Behaviour Model“ für Psi hat John Beloff (1979) ein Beispiel für ein materielles System angeführt, das zur Definition von 'disposed system' von Stanford passte. Das Beispiel war eine gespannte Feder, die die Eigenschaft hatte, sich zu entspannen. Wird die Spannung der Feder durch einen Zufallsgenerator gesteuert, sollte – entsprechend dem Stanford-Modell – ein Bias in Richtung der Entspannung auftreten. Dies war die Folgerung von Beloff. Ironisch merkte er an, dass dies ein perfekt reproduzierbares parapsychologisches Experiment darstellen würde. Es gibt viele Beispiele in der Geschichte (man betrachte nur das EPR-Paradoxon), die gezeigt haben, dass dasjenige, das benutzt wurde, um eine Absurdität zu demonstrieren, schließlich ein Musterbeispiel dafür wurde, wie man sich die Dinge in Wirklichkeit vorzustellen hat. So haben Hagel und Tschapke eine Reihe von ernstzunehmenden Experimenten mit akusalen Korrelationseffekten (sprich: Psi) durchgeführt, bei denen ein unbelebtes System durch seine „Disponiertheit“ Einfluss auf einen Zufallsprozess nimmt.

Man könnte allerdings anführen, dass die Experimente nicht perfekt reproduzierbar seien. Das ist eine Kritik, die man häufig von denjenigen zu hören bekommt, die das klassisch-physische Weltbild aufrecht erhalten möchten (sie werden im allgemeinen als „Skeptiker“ bezeichnet). Dennoch kann nicht geleugnet werden, dass es offensichtlich Störfaktoren gibt, die Einfluss auf Ergebnisse nehmen können. So sind eben nicht alle Lokomotiven gleich; außerdem weiß man nicht, welches ihre charakteristischen Eigenschaften sind.

Zu Recht weisen die beiden Autoren auf ein grundlegendes Problem hin: Der menschliche Beobachter könnte Einfluss auf die Ergebnisse genommen haben. In der Literatur finden sich zahlreiche Beispiele dafür. Dies hat die Autoren dazu bewogen, das Experiment blind durchzuführen. Das ist richtig so. Allerdings sind die beiden Autoren in ihren Überlegungen zu den möglichen Beobachtereffekten nicht bis ans Ende gegangen. Sie müssen sich nämlich die Frage stellen, was eigentlich eine Beobachtung im Zusammenhang mit diesem Experiment bedeutet. Zieht man retroaktive Psychokinese in Betracht (vgl. Etzold 2002), so ist die Beobachtung eines Ergebnisses, das man nach einem verblindeten Experiment erhalten hat, ebenfalls in der Lage, das Ergebnis zu beeinflussen. Dies ist eine andere Möglichkeit der Einflussnahme als der im Artikel mit „Wissen des Experimentators um sein Experiment“ beschriebene Einfluss.

Wie verheerend derartige Einflüsse sein können, zeigt die Geschichte der Parapsychologie. Nachdem in den 70er Jahren die Experimentatoren-Effekte experimentell nachgewiesen waren, entwickelte sich die Neigung, jedes experimentelle Ergebnis irgendwelchen Experimentatoren-Effekten zuzuschreiben. Dies bedeutet, dass prozessorientierte Forschung mehr oder weniger sinnlos geworden war und vernachlässigt wurde. Beweisorientierte Forschung war davon allerdings nicht beeinträchtigt; denn ein Effekt bleibt nach wie vor ein Effekt, gleichgültig ob er von der Versuchsperson, vom Experimentator oder vom Mars herrührt – die Existenz von Psi würde doch damit bewiesen. Bedauerlicherweise wird man nicht sehr viel gescheiter, wenn auch noch der 1001. Beweis der Existenz von Psi vorgetragen wird. In der Tat hat diese Einstellung dazu geführt, dass Anfang der 80er Jahre viel weniger Experi-

mente durchgeführt worden sind als in der Zeit davor. Ohne dass es zu methodischen Lösungen des Problems gekommen wäre, erlebten z.B. Ganzfeld-Experimente später in den 80er Jahren einen großen Aufschwung.

Insgesamt möchte ich festhalten, dass die Experimente von Hagel und Tschapke ein mutiges Betreten eines neuen Feldes darstellen. Selbst wenn es nur gelingen sollte, die mit solchen Experimenten verbundenen Schwierigkeiten zu demonstrieren, ist damit ein Fortschritt auf einem Gebiet erzielt, bei dem jeder Zentimeter vorwärts zählt.

Literatur

Beloff, J. (1979): In defence of the "psychobiological" paradigm. Research in Parapsychology 1978. Scarecrow Press, Metuchen, N.J., 11-12.

Etzold, E. (2002): Sind die Daten der Fourmilab-Experimente mit der Mondphase korreliert? – Ein Replikationsversuch. *Zeitschrift für Anomalistik* 2, 76-79.

GERD H. HÖVELMANN

Die Unausschließbarkeit des Handelnden

Hagel und Tschapke stellen in ihrem Aufsatz ein einfallsreich ersonnenes Experiment vor, an dessen technischer Realisierung und sorgfältiger Durchführung und Auswertung ich, von einer noch zu diskutierenden Ausnahme abgesehen, vorderhand nichts auszusetzen finde. Die Deutung, die die Autoren den Resultaten und dem Stellenwert dieses Experimentes mitgeben, geht hingegen merklich über das hinaus, was aufgrund der Versuche selbst, ihrer Anlage und ihres Ausganges statthaft erscheint.

Wider alle technische Erfahrung

Überraschend sind die dargestellten Resultate des Experiments, insbesondere die erschlossene Tendenz zum Selbsterhalt⁷ des Systems, nicht nur weil sie, jedenfalls nach der Lesart von Hagel

⁷ Philosophischer Gewährsmann für die von Hagel und Tschapke vermutete „Selbsterhaltungstendenz aller Dinge“, einschließlich unbelebter, ist Giordano Bruno (S. 8/9), der als *Pantheist* in einer beachtlichen, bis zu antiken Philosophen – etwa den Vorsokratikern Heraklit und Xenophanes – zurückreichenden Tradition stand (Brockmeier 1980), die sich auch noch lange nach Brunos Zeit u.a. im Naturbegriff der Romantik (bei Novalis) und beispielsweise in der Biologie (bis hin zu Ernst Haeckel) fortsetzte und die auch in vielen Religionen (u.a. in Buddhismus und Hinduismus) Spuren hinterlassen hat. In dieser Tradition finden sich vielerlei Äußerungen, die den zitierten von Bruno nahe kommen, freilich ohne notwendigerweise dessen hermetisches Gedankengut mitzuvollziehen. Problematisch wird der Rückgriff auf Giordano Bruno dort, wo Hagel und Tschapke behaupten, schon dieser habe „aufgezeigt“ (S. 9), dass „die Grenze zwischen belebter und unbelebter Natur“ schwierig zu ziehen sei. *Aufzeigt* hat Bruno dergleichen mitnichten. Vielmehr hat er aus religions- und philosophiegeschichtlich nachvollziehbaren Gründen seine *Beschreibungsmittel* so gewählt, dass sie zur Ziehung einer solchen Grenze nicht sonderlich tauglich sind.

und Tschapke, das „emergente“ zweckrationale Agieren eines unbelebten technischen Systems nahezu zulegen scheinen. Ungewöhnlich sind sie vielmehr auch deshalb, weil sie im Widerspruch zu ingenieur-wissenschaftlichen und handwerklichen Alltagserfahrungen mit eben solchen oder vergleichbaren Systemen stehen.

Als langjähriger Berater eines Unternehmens in der Eisenbahn-Modellbaubranche habe ich mitunter Gelegenheit, Test- und Demonstrationsläufe von Modellbahnsystemen, vom Prototyp bis zum fertigen Serienprodukt, zu sehen. Meine Beobachtungserfahrung legt den Schluss nahe, dass gerade solchen bewegten Systemen eine relativ zu technischen Zweckvorgaben ungestörte Funktion, um die das hier geschilderte System nach der Interpretation der Autoren eigenständig und zielorientiert bemüht zu sein scheint, mittels filigraner handwerklicher Kunst zuallererst abgerungen bis aufgezwungen werden muss. Dies scheint ungeachtet normierter und im Zusammenspiel des Gesamtsystems passgenauer Produkteigenschaften zu gelten. Selbst erfahrene Modellanlagenbauer berichten nicht selten von dem Eindruck, dass ihre Systeme, einmal in Gang gesetzt und sich selbst überlassen, augenscheinlich nicht so sehr autoprotektiven, destruktionsvermeidenden und systemerhaltenden akasalen Korrelationsgesetzmäßigkeiten als vielmehr dem vertrackten sprichwörtlichen Murphyschen Gesetz zu gehorchen pflegen, nach dem alles, was überhaupt nur schief gehen kann, mit einiger Verlässlichkeit auch schief gehen wird. Dass Störanfälligkeiten etwaige systemimmanente, d.h. ihrerseits nicht selbst wieder explizit technisch erzwungene Neigungen zur Störungsvermeidung überwiegen, dürfte nach aller Erfahrung auch für andere unbelebte technische Systeme gelten.

Störungsvermeidungswissen, das Hagel und Tschapke als Eigenschaft des Systems in offener Analogie zur Schmerzvermeidungsreaktion eines lebenden Wesens beschreiben, erfordert nicht nur technische Kompetenz, sondern auch eine präzise Definition dessen, was als ein ungestörter technischer Verlauf zu gelten hat. Dies aber sind Funktionskriterien (d.h. ein System normativer, aufeinander bezogener sprachlicher Sätze), die das technische System der Modelleisenbahn im vorliegenden Beispiel nicht selbsttätig, nämlich systemimmanent mit Funktionsabläufen abgleichen kann, sondern die eine im Prinzip wiederum sprachliche Beurteilung seitens des Experimentators relativ zu den angesprochenen Funktionskriterien erfordern.

Das Problem des Beobachters

Natürlich haben auch Hagel und Tschapke bemerkt, dass der von ihnen behauptete Effekt einer akasalen Korrelation in einem unbelebten System mit einem Zufallsprozess nur dann eine Bevorzugung gegenüber konkurrierenden Auslegungen rechtfertigt, wenn wahrscheinlich gemacht bis sichergestellt werden kann, dass der beobachtende Experimentator als potentieller alternativer Verursacher des festgestellten Effekts ausgeschlossen oder sein Einfluss systematisch kontrolliert werden kann. Aber selbst wenn der Experimentator in den Versuch in keiner Weise handelnd eingreift und ihn noch nicht einmal unmittelbar beobachtet, bedarf die Feststellung einer akasalen Korrelation mindestens im Nachhinein immer noch eines menschlichen, bewusstseinstragenden Beobachters. Die im unbelebten System ja nicht technisch implementierte akasale Korrelation mit einem Zufallsprozess wäre gegebenenfalls zwar auch rein maschinell ohne einen bewussten, normalsinnigen Beobachter registrierbar und damit möglicherweise faktisch vorhanden (wobei noch geklärt werden müsste, was dies dann heißen soll),

doch wäre sie sowohl erkenntnistheoretisch als auch in jedem vorstellbaren praktischen Sinne unerheblich, solange es keinen Menschen gäbe, der von ihr Kenntnis erhalte und diese gegebenenfalls weitervermittele.

Die Existenz eines Beobachters ist folglich unentbehrlich, sofern vorausgesetzt werden darf, dass der Zweck des ganzen experimentellen Unternehmens der Erwerb kommunizierbarer wissenschaftlicher Kenntnis sein soll. Dieser Primat des Beobachters ist prinzipiell nicht hintergebar – man könnte dies das *Prinzip der praktischen Unausschließbarkeit des Beobachters* nennen. Wir stehen hier vor einem Problem, das in etwas anderer Form in der parapsychologischen Literatur üblicherweise unter den Labels „Potential Observer Effect“ (Bierman und Houtkooper 1981; Bierman und Weiner 1980; Weiner 1982) bzw. „Divergenz-Problem“ (Hartwell 1977; Houtkooper 1983; Millar 1978; Millar und Hartwell 1979; Schmidt 1975; Schmidt 1978) im Rahmen der sogenannten Observational Theories beschrieben und umfänglich verhandelt worden ist.

Nun sind Hagel und Tschapke aber bemüht, den Beobachter, wenn dieser denn schon nicht ausschließbar ist, zumindest hinsichtlich der einen oder anderen Systemeigenschaft zu „verblinden“, um ihm so die Möglichkeit oder doch wenigstens einen Teil seiner hypothetisierten Motivation für eigene unbewusste Beeinflussungen des experimentellen Verlaufs zu entziehen. Dies ist sicherlich vernünftig (insofern systematische Variationen von Versuchsbedingungen dies immer sind). Und auch die schon angesprochenen Forschungen zum „Potential Observer Effect“ sind, wenn auch mit geringem Erkenntnisertrag, prinzipiell in ähnlicher Weise verfahren, indem sie Teile der experimentellen Daten vernichtet und nur den verbleibenden Datenbestand für die Inspektion durch die Versuchsleiter (und durch nachgeordnete Beobachter bis hin zu den späteren Lesern der betreffenden Publikationen) freigegeben haben⁸.

In einem „bis an die Grenzen des Möglichen verblindeten“ Versuchslauf soll daher der beobachtende Experimentator wenigstens während des Versuchsdurchgangs von der visuellen Wahrnehmung des Geschehens und damit auch vom unmittelbaren visuellen Feedback durch das technische System ausgeschlossen werden. Dass dies in der von den Autoren geschilderten Weise gelungen sei, darf man allerdings füglich bezweifeln. Den Versuchsleiter vor die Tür des Labors zu verweisen und ihn so an der visuellen Kontrollwahrnehmung des Versuchsablaufes mutmaßlich zu hindern, ihn aber zugleich mit einer akustischen Kontrolle durch das „Öffnen der Türe mit geschlossenen Augen und Hören des Fahrgeräusches“ zu betrauen, muss jedermann als eklatant unzureichend erscheinen, der sich auch nur oberflächlich mit verräterischen Geräuschen und unerwünschten akustischen Signalen in wissenschaftlichen Laboratorien befasst hat (vgl. Pilisuk et al. 1976).

⁸ Allerdings besteht in dieser Hinsicht ein beträchtlicher Unterschied zwischen den Experimenten von Hagel und Tschapke auf der einen und jenen zum „Potential Observer Effect“ auf der anderen Seite. Während Hagel und Tschapke mit einem unbelebten technischen System ohne designierte Versuchsperson arbeiten, gab es in den Experimenten von Bierman, Houtkooper, Weiner und anderen stets eine menschliche, bewusstseinsbegabte Versuchsperson (den Erstbeobachter). Lediglich allen nachgeordneten Beobachtern bzw. ganzen Beobachter-Hierarchien wurde die Kenntnisnahme vollständiger Datensätze systematisch vorenthalten.

Selbst wenn wir unterstellen, dass der Versuchsleiter zwar die Tür offen, seine Augen dabei aber tatsächlich geschlossen hält, ist nach aller Erfahrung unschwer vorstellbar, dass die akustischen Informationen, die der Türspalten-Experimentator erhält, nach kurzer Eingewöhnungsfrist vollständig ausreichen, um ihn bei sicherlich kaum ideal gleichmäßig gelagerter oder unterbauter Gleisstrecke darüber ins Bild zu setzen oder ihm wenigstens „educated guesses“ dahingehend zu erlauben, auf welchem Zweig der Ausweichstelle gerade die Umpolung geschieht. Die einschlägige Literatur ist voll mit Beispielen dafür, dass beträchtlich dezentere akustische Signale als die einer in rascher Fahrt befindlichen und bisweilen abrupt umgepolten Modelllokomotive vollauf genügen, um sehr weitreichende Informationen über den Ursprung der wahrgenommenen Geräusche zu erhalten oder zu erschließen. Hier werden sensorische Lecks nicht vermieden, sondern absichtlich herbeigeführt bzw. in Kauf genommen. Für künftige Replikationen sind subtilere Kontrollverfahren sicher dringend wünschenswert, und sie sind vermutlich sogar mit recht geringem Aufwand implementierbar.

Auch vollautomatische Registrierung und Versuchsüberwachung, gar Maßnahmen zur automatisierten Störungsbeseitigung und damit ein noch weitergehender Ausschluss der Notwendigkeit zur Anwesenheit und zum korrigierenden Eingriff eines Versuchsleiters sind durchaus denkbar, wenn auch sicher aufwendig. Doch auch dies würde über das mittlerweile altehrwürdige Problem möglicher Einflussnahmen aktueller oder künftiger bewusstseinsbegabter Beobachter selbst dann prinzipiell nicht hinweghelfen, wenn es tatsächlich gelänge, das Experiment so anzulegen, dass dem beobachtenden Versuchsleiter Kenntnisse über gewisse Systemeigenschaften während des Experiments vollständig vorenthalten bleiben. Auch das von Hagel und Tschapke diskutierte Systemverhalten während einer zunächst unbemerkt gebliebenen Gleisöffnung etabliert in diesem Sinne keine Unabhängigkeit der Wechselwirkung zwischen Modellbahnanlage und Zufallsgenerator vom tatsächlichen oder potentiellen Beobachter.

Da Einflussnahmen durch ein lebendes, bewusstseinstragendes System (den Menschen) also prinzipiell nicht ausgeschlossen werden können, verbietet es sich von selbst, unbelebten Systemen die quasibewusste, zweckrationale Verfolgung autoprotektiver Zwecke wie der Destruktionsvermeidung und des Systemerhalts zuzuschreiben und daran „weitreichende kosmologische Implikationen“ zu knüpfen. Diese Auslegungsrestriktion bestreitet im übrigen in keiner Weise, dass das geschilderte experimentelle Programm selbst nicht nur praktische, sondern auch beachtliche theoretische Bedeutung erlangen mag.

Experimentieren: Zweckrationales Handeln

Die Durchführung des geschilderten und darüber hinaus eines jeden Experiments ist eine technische und als solche zweckrational ausgerichtete Handlung (Janich 1981). Zweckrationales technisches Handeln setzt aber immer schon voraus, dass der Handelnde ein mit Bewusstsein (und im günstigen Falle mit Vernunft) begabtes, von dem in Gang gesetztes technisches System selbst *unterschiedenes* und als dessen Urheber immer *unterscheidbares* Wesen ist (Hövelmann 1984): eines, das das Experiment ersinnt, das mit diesem Experiment Zweckvorgaben verbindet (die im Einzelfall erreicht oder verfehlt werden mögen), das die Funktionskriterien festlegt, anhand deren gestörte von ungestörten Verläufen unterschieden werden können, das im übrigen im Vollzug seiner technischen Handlungen auch Irrtümer, Fehlgriffe, gar Sabotagen

begehen mag und das zeitgleich mit dem Experiment oder im Nachhinein Versuchsverläufe und Versuchsausgänge wahrnimmt, sie beurteilt, Schlussfolgerungen zieht, ggf. Hypothesen revidiert etc. Der technisch-zweckrational handelnde Experimentator-Beobachter kann von der letztlichsten Beobachtung des Systems und nach bisherigem Kenntnisstand in der Parapsychologie auch von einer Einflussnahme auf dasselbe *prinzipiell* nicht ausgeschlossen werden.

Literatur

- Bierman, D.J.; Houtkooper, J.M. (1981): The potential observer effect or the mystery of irreproducibility. *European Journal of Parapsychology* 3, 345-372.
- Bierman, D.J.; Weiner, D.H. (1980): A preliminary study of the effect of data destruction on the influence of future observers. *Journal of Parapsychology* 44, 233-243.
- Brockmeier, J. (1980): Die Naturtheorie Giordano Brunos. Campus, Frankfurt/New York.
- Hartwell, J.W. (1977): A bound for the observational theories. *European Journal of Parapsychology* 2, 19-28.
- Hövelmann, G.H. (1984): Are psi experiments repeatable? A conceptual framework for the discussion of repeatability. *European Journal of Parapsychology* 5, 285-306.
- Houtkooper, J.M. (1983): Observational Theory: A Research Programme for Paranormal Phenomena. Swets & Zeitlinger b.v., Lisse.
- Janich, P. (1981): Natur und Handlung. Über die methodischen Grundlagen naturwissenschaftlicher Erfahrung. In: Schwemmer, O. (Hrsg.): Vernunft, Handlung und Erfahrung. Über die Grundlagen und Ziele der Wissenschaften. Beck, München, 69-84.
- Millar, B. (1978): The observational theories: A primer. *European Journal of Parapsychology* 2, 304-332.
- Millar, B. (1979): Dealing with divergence. In: Roll, W.G. (Ed.): Research in Parapsychology 1978. Scarecrow Press, Metuchen/London, 91-93.
- Pilisuk, M.; Brandes, B.; von der Hove, D. (1976): Deceptive sounds: Illicit communications in the laboratory. *Behavioral Science* 21, 515-523.
- Schmidt, H. (1975): Toward a mathematical model of psi. *Journal of the American Society of Psychical Research* 69, 301-319.
- Schmidt, H. (1978): A remark on the 'divergence problem'. *European Journal of Parapsychology* 2, 163-166.
- Weiner, D.H. (1982): The once and future psi-source: A review of the literature on future-observer effects. Paper presented at the Southeastern Regional Parapsychological Association Convention, Durham, N.C., Feb. 12-13, 1982. [Abstract in *Journal of Parapsychology* 46, 58-59].

MARTIN LAMBECK

Empfehlungen für zukünftige Experimente

Nach der heutigen Lehrbuchphysik kann eine Verbindung zwischen zwei räumlich getrennten Systemen nur durch zwei physikalische Kräfte (Gravitation oder elektrische Kraft), ein vermittelndes Medium oder Materietransport zustande kommen. Beispiel: Zwei Tennisspieler sehen sich durch die Vermittlung des Lichtes (elektromagnetische Welle), sie hören sich durch die Schallschwingungen in der Luft und sie spielen sich den Ball zu (Materietransport). Die Gravitation ist vom Menschen praktisch nicht beeinflussbar.

Demgegenüber behaupten einige Parapsychologen auch die Existenz von Informationsübertragungen bzw. Korrelationen außerhalb dieser physikalisch bekannten Phänomene, wofür die Autoren Literatur von Rhine bis v. Lucadou nennen. Sie beziehen sich dabei auf die Versuche zur Korrelation bewusster Systeme mit Zufallsprozessen und sehen diese als „heute etabliert“ (S. 8) an – eine Einschätzung, die ich nicht teile (Lambeck 1997a; Lambeck 1997b; vgl. auch v. Lucadou 1997).

Die genannten Experimente verwenden als Parameter die psychischen Eigenschaften und Handlungen der Versuchspersonen. Diese sind nur schwer korrekt zu erfassen. Daher ist es ein großes Verdienst der Autoren, ein Experiment mit unbelebten Systemen durchzuführen, das ohne die Kenntnis psychischer Eigenschaften auskommt. Da die nach ihrer Ansicht durch das Experiment bewiesene akasale Korrelation dieser Systeme der heutigen Lehrbuchphysik unbekannt ist, kommt dem Experiment eine Bedeutung zu, die mit der Entdeckung der Jupitermonde, der Radioaktivität und der Kernspaltung zu vergleichen ist.

Das Experiment arbeitet mit einer Lokomotive, die nach Maßgabe eines Zufallsgenerators zwei verschiedene Strecken durchläuft. Nach Aussage der Autoren erweist sich das System als so korreliert, dass die Strecke, die zu einer Destruktion der Lokomotive führt, signifikant gemieden wird. Somit ergeben sich zwei Fragen: Erstens: Was heißt Destruktion? Zweitens: Findet diese Meidung tatsächlich statt?

Was heißt Destruktion?

Die Autoren stützen sich auf die Lehre von der Beseeltheit der unbelebten Natur, die unter anderem von Giordano Bruno vertreten wurde, der von Hagel und Tschapke offenbar zustimmend zitiert wird. Die Autoren nehmen mit Bruno an, „dass jedes Ding von sich aus ... nach Selbsterhaltung in sympathetischer Wechselbeziehung zu anderen ... strebt“ (S. 9). Ich möchte darauf hinweisen, dass Sigmund Freud „die Lehre von der Belebtheit der uns unbelebt erscheinenden Natur“ als „Animatismus“ bezeichnet und weniger positiv gesehen hat (Freud 1999, S. 93).

Die Autoren schildern sehr anschaulich das Schicksal der Lokomotive nach Fahrtrichtungs-umkehr und schließen daraus in Übereinstimmung mit Brunos Lehre von der „Selbsterhaltung und sympathetischen Wechselbeziehung“, dass das System Lokomotive/Zufallszahlengenerator sich so einstellt, dass der destruktive Weg gemieden wird. Demgegenüber möchte ich darauf hinweisen, dass der Mensch eine Lebensweise entsprechend dem Verhalten der Lokomotive auf dem äußeren Ring keineswegs vermeidet, sondern anstrebt. Wir

suchen durch Sport, Abenteuer, Alkohol usw. die Abwechslung, die der Fahrtumkehr entspricht. Von den Studenten in Freiburg ist bekannt, dass sie gerne Ski fahren. Dabei verhalten sie sich so wie die Lokomotive auf dem äußeren Ring: Sie steigen auf einen Berg, kehren um, fahren hinab, um den „Kick“ zu erleben, der dem Induktionstoß in der Lokomotive entspricht, und nehmen dabei „Belastungen des Getriebes, ... die eine gründliche Reparatur und Wartung erfordern“ durchaus in Kauf. Wer so leben will, wie die Lokomotive auf der inneren Bahn fährt, vermeidet zwar Unfälle, aber er stirbt an Langeweile.

Vorschläge zur Sicherung des Experiments

Unabhängig davon, ob die unterbrochene oder ununterbrochene Fahrt für die Lokomotive „angenehm“ ist, ist die eigentliche physikalische Aussage des Experiments, dass ein den Lauf der Lokomotive unterbrechender Weg gemieden wird. Angesichts der enormen Bedeutung des Experiments muss dies gegen Artefakte gesichert werden. Ich empfehle daher, die Versuchsplanung auch von einem Mathematiker oder Informatiker prüfen zu lassen. Als Physiker sehe ich folgende Möglichkeiten für Artefakte und Maßnahmen zu ihrer Vermeidung:

(a) Mathematische Artefakte:

Es ist bekannt, dass gerechnete Zufallszahlen keine echten Zufallszahlen, sondern Pseudozufallszahlen sind, die nach bestimmten Perioden Wiederholungen aufweisen. Es besteht daher die Vermutung, dass nach der kurzen Zeit auf dem inneren Ring der Generator gefragt wird, während er tendenziell niedrige Zufallszahlen generiert, nach der langen Zeit auf dem äußeren Ring in der entgegengesetzten Phase. Die Messkurven würden dann nicht eine Tendenz des Systems zur Vermeidung von Selbstdestruktion wiedergeben, sondern nur die Abweichungen eines realen Zufallszahlengenerators von einem idealen anzeigen. Die Aussage (S. 17), es handle sich nicht um Wirkungen der Pseudozufallsreihe, sondern um echt zufällige Variationen der Ankunftszeitpunkte, erscheint nicht ausreichend, diese Vermutung zu entkräften. Als Maßnahme empfehle ich: Es werden (ohne Lokomotive) in den Zeitintervallen, die gleich den Laufzeiten der beiden Bahnen sind, die generierten Zahlen abgerufen und die relativen Häufigkeiten der Werte größer und kleiner als 0,5 ermittelt.

Nach Hagel und Tschapke wird der Zustand der Weiche einem bestimmten Binärwert zugeordnet, der der Zufallszahl größer oder kleiner als 0,5 entspricht. Als Maßnahmen empfehle ich: (1) Wiederholung des Versuchs mit umgekehrter Zuordnung der Weichenstellung zur Binärzahl, (2) Wiederholung des Versuchs, wobei die Weichenstellung davon abhängt, ob die Zufallszahl gerade oder ungerade ist.

Die Autoren verwenden das Programm QBASIC. In diesem wird die Zufallszahlenfolge aus einer Startzahl ermittelt. Diese bestimmt deterministisch den weiteren Zahlenlauf. Die Autoren geben jedoch nicht an, welche Zahl sie gewählt haben. Als Maßnahmen empfehle ich: (1) Startzahl protokollieren⁹. (2) Zufallszahlengenerator nach jeder Runde der Loko-

⁹ Die Autoren sprechen (S. 30) von „weitgehender Identität“ der Anlagen der Replikationsversuche, geben jedoch die von anderen Autoren verwendeten Startzahlen und Programme zur Erzeugung der Zufallszahlen nicht an.

motive neu starten, wobei jeweils eine neue Startzahl gewählt wird, die z.B. aus der Uhrzeit abgeleitet wird. (3) Ein anderes Programm zur Erzeugung der Zufallszahlen verwenden.

Die Autoren schreiben die bevorzugte Wahl der Weichenstellung der Tendenz des Systems nach Vermeidung von Destruktion zu. Als Maßnahme empfehle ich: Der Reed-Kontakt in der äußeren Bahn wird entfernt, dafür die Bahn so verlängert, dass die Zeit des ununterbrochenen Laufs gleich der des unterbrochenen Laufs in früheren Experimenten ist. Damit wird geprüft, ob eine Vermeidung der äußeren Bahn nur dann eintritt, wenn diese mit einer „Gefahr“ verbunden ist.

(b) Apparative Artefakte:

Das Experiment ist unsymmetrisch, weil die Störung auf dem weiteren Weg eintritt. Empfohlene Maßnahme: Wiederholung des Experiments, wobei die Fahrtunterbrechung auf dem inneren Weg stattfindet.

Das Experiment ist unsymmetrisch, weil die Fahrt im Gegenuhrzeigersinn stattfindet. Empfohlene Maßnahme: Wiederholung des Experiments mit Umkehr der Fahrtrichtung.

Die Reed-Kontakte und der an der Lokomotive befestigte Permanentmagnet können die Schienen magnetisieren und sich in unübersichtlicher Weise als Funktion der Zeit und/oder Zyklenzahl ändern. Das gilt auch für den Motor (Nachwirkung, vgl. Lambeck 1971, S. 33ff). Als Maßnahme empfehle ich: Der Permanentmagnet wird entfernt. Die Reed-Kontakte werden durch Gabellichtschranken ersetzt.

Die gesamte Elektronik sowie ihre Steuerung über Leuchtpunkte auf dem Bildschirm erscheint störanfällig. Als Maßnahme empfehle ich: Der Computer erhält eine Einsteckkarte mit digitaler Ein- und Auslesung. Der Ausgang schaltet die Weiche, der Eingang wird mit der Gabellichtschranke verbunden.

Die Autoren geben zwar die Monate an, in denen die Versuche durchgeführt wurden, nicht jedoch einzelne Tage oder Uhrzeiten. Dies könnte mögliche Einflussgrößen verschleiern. Nach Untersuchungen von Spottiswoode (1997) hängt die Erfolgsrate von PSI-Experimenten (mit Menschen) von der lokalen Sternzeit ab, vgl. auch Dalkvist und Westerlund (2000). Als Maßnahme empfehle ich: Die Läufe der Lokomotive auf den beiden Bahnen werden zeitlich protokolliert und nach Korrelationen mit der lokalen Sternzeit bzw. Sonnenzeit untersucht.

Literatur

- Dalkvist, J.; Westerlund, J. (2000): Local Sideral Time, Global Geomagnetic Field Fluctuations and Memory. In: Steinkamp, F. (Ed.): Proceedings of Presented Papers, The Parapsychological Association 43rd Annual Convention, August 17-20, 2000, Freiburg i.Br., 58-72.
- Freud, S. (1999): Animismus, Magie und Allmacht der Gedanken. In: Gesammelte Werke, Neunter Band. Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt/Main.
- Lambeck, M. (1971): Barkhausen-Effekt und Nachwirkung in Ferromagnetika. de Gruyter, Berlin.
- Lambeck, M. (1997a): Können Paraphänomene durch die Quantentheorie erklärt werden? *Zeitschrift für Parapsychologie und Grenzgebiete der Psychologie* 39, 103-116.

- Lambeck, M. (1997b): Antwort auf die Replik von Dr. Dr. von Lucadou. *Zeitschrift für Parapsychologie und Grenzgebiete der Psychologie* 39, 117-122.
- v. Lucadou, W. (1997): Muss die Quantentheorie durch Paraphänomene ergänzt werden? – Bemerkungen zu Professor Lambecks Thesen. *Zeitschrift für Parapsychologie und Grenzgebiete der Psychologie* 39, 123-128.
- Spottiswoode, J. (1997): Apparent association between effect size in free response anomalous cognition and local sideral time. *Journal of Scientific Exploration* 11, 109-122.

WALTER VON LUCADOU

Relevant für das Modell der Pragmatischen Information?

In Fortführung meiner Ausführungen an anderer Stelle dieses Hefts (Lucadou 2002) war ich hinsichtlich der Ergebnisse der Experimente von Hagel und Tschapke zunächst wirklich beunruhigt, da hier der (PK-)Effekt – bislang jedenfalls – vollkommen reproduzierbar zu sein scheint, was auf den ersten Blick so aussieht als ob es im Widerspruch zu meinem Modell der Pragmatischen Information (MPI) stünde.

Sieht man aber genauer hin, so zeigt sich, dass das MPI keine Aussagen über solche Situationen macht. Das MPI bezieht sich zunächst auf „nicht-klassische psycho-physikalische Systeme“. Bei den Experimenten von Hagel und Tschapke geht es aber primär um „nicht-klassische physiko-physikalische Systeme“. Ein Cartesischer Schnitt existiert auf der Objekt-ebene nicht und somit gibt es dort auch keine mentalen Systemkomponenten, die pragmatische Information generieren können. Wenn man allerdings – wie Hagel und Tschapke andeuten – der Selbstorganisation des Systems einen quasi-mental Charakter zubilligen will, so bestünde immer noch ein Unterschied zur Standardsituation des MPI. Dabei ist das System wegen des Cartesischen Schnittes „cartesisch unverbunden“, d.h. der Proband könnte vermöge seines „freien Willens“ und des erzielten „PK-Effekts“ ein Signal produzieren – was aber nach dem MPI unmöglich sein soll. Daraus folgt, dass der „PK-Effekt“ bei Replikationsstudien eingeschränkt wird. Bei Hagels Experiment handelt es sich aber um ein prinzipiell „cartesisch verbundenes“ System, weil das unbelebte Teilsystem (also z.B. die Eisenbahnlokomotive) eine solche „freie“ Entscheidung nicht treffen und damit auch kein Signal kodieren kann.

Möglicherweise liegen bei den „Presentiment-Studien“ mit neurophysiologischen Ableitungen von Dick Bierman (2000) ähnliche Verhältnisse vor. Auch hier handelt es sich um ein „cartesisch verbundenes“ System, in dem aufgrund des experimentellen Settings keine Signalkodierung möglich ist. In solchen Situationen sind akausale oder nicht-lokale Korrelationen natürlich besonders stabil und reproduzierbar nachweisbar, wie es ja gerade das EPR-Experiment in der Physik lehrt. Oder im Kontext des MPI ausgedrückt: In „cartesisch verbundenen“ Systemen kann der zweite Hauptsatz des MPI („Jeder Versuch nicht-lokale Korrelationen zur Signalübertragung zu verwenden, bringt diese zum Verschwinden oder verändert sie“) nicht verletzt werden.

Literatur

- Bierman, D. (2000): Anomalous Baseline Effects in Mainstream Emotional Research using Psychophysiological Variables. In: Steinkamp, F. (Ed.): Proceedings of Presented Papers, The Parapsychological Association 43rd Annual Convention, August 17-20, 2000, Freiburg i.Br., 34-47.
- v. Lucadou, W. (2002): „Mitlaufen“ des MPI ist zu begrüßen. *Zeitschrift für Anomalistik* 2, 82-84.

MARKUS PÖSSEL

Für überzeugenden Nachweis noch zu viele Fragen offen

Ich möchte mich im folgenden nur zu einem einzigen, meiner Meinung nach aber recht wichtigen Aspekt der in dem Artikel von Hagel und Tschapke beschriebenen Experimente äußern: dem Umgang der Autoren mit „Null-Läufen“ – bzw. allgemeiner: möglichen „Kontrollgruppen“ des Experiments.

Hagel und Tschapke nahmen bei ihren Experimenten zur Kontrolle „Null-Läufe“ vor, bei denen der „Stimulus“ Umpolung unterblieb. Interessanterweise ergaben sich auch für diese Null-Läufe signifikante Abweichungen von der Zufallserwartung – in einer der Replikationen des Versuchs (IPP Köln 2000/2001) sind diese Abweichungen sogar deutlich größer als die bei den Umpolungsläufen. Bei vorsichtiger Vorgehensweise hätte man dies als warnenden Hinweis sehen können, dass im experimentellen Design doch noch (elektrische, mechanische, sonstige) Effekte mitspielen könnten, die nicht genügend berücksichtigt wurden. Stattdessen versuchen die Autoren, dieses Verhalten nachträglich in ihr Erklärungsmodell einzubauen. Ihre Argumentation, auf der äußeren Teilstrecke erleide das Teilsystem weniger Abnutzung als im Alternativfall, halte ich allerdings in der vorliegenden Form für nicht überzeugend. Ich würde den Unterschied in den auftretenden Zentrifugalkräften für extrem gering halten. Das muss zunächst eine Vermutung bleiben, da die Autoren zwar mit der Zentrifugalkraft argumentieren, es aber leider nicht für nötig befunden haben, die zur Berechnung der Kraft nötigen Daten (insbesondere die Abmessungen des experimentellen Aufbaus) anzugeben. Daher im folgenden eine Reihe von Fragen, von denen ich erwartet hätte, dass sie sich die Autoren selbst gestellt hätten und in ihrem Artikel darauf eingegangen wären:

Wie groß ist die Zentrifugalkraft? Wie groß sind die Integrale über diese Kraft, mit denen argumentiert wird? Wie groß sind die nicht näher definierten Unterschiede in der „Abnutzung“, von denen die Autoren reden? Sind sie überhaupt messbar groß? Um was für Abnutzungserscheinungen soll es sich handeln? Wie groß sind die Abnutzungserscheinungen zum Beispiel im Verhältnis zu der Belastung der Lokomotive durch Umpolung¹⁰?

¹⁰ Wobei ich hier anmerken möchte, dass auch bei der Beschreibung des Umpolungsschadens ein wenig weiter führende Angaben hilfreich wären: Die Angabe, bis jetzt habe „keine der eingesetzten Lokomotiven [die Belastungen durch die Umpolung] über mehr als 100000 Perioden überstanden“

Wenn die Autoren schon so verhältnismäßig kleine Effekte heranziehen, warum vernachlässigen sie andere Effekte, die, wenn man sich auf eine Argumentation über Abnutzung einlässt, ebenfalls eine Rolle spielen sollten – etwa die verhältnismäßig abrupte Richtungsänderung beim Einbiegen in das Geradenstück (ich orientiere mich an Abbildung 4), für die sich ebenfalls ein Kraftstoß ausrechnen ließe? Wollte man diesem Kraftstoß eine Abnutzungswirkung zugestehen, würde diese allerdings gerade den *bevorzugten* Lokomotivenweg betreffen, also die von den Autoren gegebene Begründung abschwächen.

Die Autoren weisen kurz auf eine symmetrische Anordnung hin (Abbildung 7), in welcher sich im Falle keiner Umpolungen tatsächlich keine signifikante Abweichung von der Zufallsverteilung ergab. Leider fehlen auch hier die näheren Angaben: Wie viele Versuche wurden durchgeführt? Wie groß war die erwähnte nicht-signifikante Standardabweichung? Des weiteren bin ich erstaunt, dass die Autoren diese Versuchsanordnung, zumindest den Angaben im Artikel nach, nicht sofort weiter verfolgt haben. Mit der symmetrischen Anordnung hatten sie nun erstmals einen Aufbau zur Verfügung, bei dem der den Umpolungseffekt störende, ja ihm sogar entgegen wirkende Nulllauf-Effekt ausgeschaltet war. Eine Gelegenheit also, nunmehr den reinen Umpolungseffekt besonders gut nachzuweisen. Haben die Autoren mit dieser Anordnung Umpolungsläufe vorgenommen, wenn ja, mit welchem Ergebnis? Wenn nein, würde ich den Autoren dringend empfehlen, dies nachzuholen.

Die bisherigen Bemerkungen betrafen die von den Autoren durchgeführten „Kontroll-Läufe“. Abschließend möchte ich meiner Verwunderung darüber Ausdruck geben, dass die Autoren – dem Artikel nach – so verhältnismäßig wenig unternahmen, um etwaigen unberücksichtigten konventionellen Eigenheiten des von ihnen aufgebauten elektro-mechanischen Systems auf die Schliche zu kommen. Wurde z.B. geprüft, ob die nominelle Weichenstellung immer dem tatsächlichen Lauf der Lokomotive entsprach? Eine naheliegende Art Kontroll-Lauf wäre es gewesen, die Lokomotive wie in den herkömmlichen Umpolungsläufen auf die Reise zu schicken, nur dass die Weichenstellung diesmal direkt durch eine Zufallsfolge bestimmt würde, unabhängig vom Ankunftszeitpunkt der Lokomotive. Diese Art von Kontroll-Lauf hätte den Vorteil, dass das elektro-mechanische System beim Übergang vom Kontroll-Lauf zum regulären Umpolungslauf nicht verändert würde (z.B. finden hier wie dort regelmäßige Umpolungen statt, samt einer eventuellen Rückwirkung auf einzelne Systemteile). Der einzige Unterschied bestünde im Verhalten der Software, die der Lokomotive die von den Autoren postulierte Einflussmöglichkeit entweder gewährte oder eben nicht – der von den Autoren behauptete Zusammenhang wäre somit klar herauspräpariert. Auch hier wäre eine Verblindung möglich, bei der der Computer selbstständig über den Operationsmodus (herkömmlicher Umpolungslauf / determinierter Umpolungslauf) entschiede.

Zusammengefasst bleiben für mich schon bei der Betrachtung dieses einen Teilaspekts zu viele Fragen offen, als dass ich die von Hagel und Tschapke beschriebenen Ergebnisse als überzeugenden Nachweis der doch immerhin sehr spektakulären Phänomene ansehen könnte, die die Autoren behaupten nachgewiesen zu haben.

ist nicht sehr spezifisch. Wurde systematisch getestet? An wie vielen Lokomotiven? Inwiefern bestanden für diese Lokomotiven die gleichen Ausgangsbedingungen?

HELMUT SCHMIDT

Anknüpfungspunkte zu früheren Experimenten

In der parapsychologischen Forschungstradition wurden akausale Korrelationen in Experimenten beobachtet, bei denen die Versuchspersonen die Aufgabe hatten, räumlich weit entfernte Zufallsereignisse zu erraten, zukünftige Zufallsereignisse vorauszusagen oder solche zu beeinflussen. Daraus entstand die Frage, ob akausale Korrelationen – von den Physikern bisher übersehen – auch in der unbelebten Natur zu finden seien. Es trat jedoch die Schwierigkeit auf, dass man keinen Anhaltspunkt hatte, wo man nach solchen Korrelationen suchen sollte. In einem typischen PK-Experiment erzeugt ein binärer Zufallsgenerator eine Zufallsfolge von „0“ und „1“, während sich eine Versuchsperson bemüht, z.B. die „1“ öfter erscheinen zu lassen. Als Quelle des PK-Effekts kann man hier den Willen der Versuchsperson, ihre Freude an einem Erfolg oder ihre Furcht vor einem frustrierenden Misserfolg ansehen. Doch in der unbelebten Natur hat man keinen Anhaltspunkt, wo hier eine Analogie zu Freude oder Frustration zu finden sein könnte. Wenn man jedoch bedenkt, dass in vielen Experimenten die Entscheidung des Zufallsgenerators davon abzuhängen scheint, ob dadurch – etwas später – Freude oder Frustration verursacht wird, dann liegt eine Untersuchung nahe, ob ein Zufallsgenerator auch schon dann beeinflusst wird, wenn eine erzeugte „1“ einfach eine sehr verschiedene Wirkung (etwa eine starke Erhöhung der Entropie) hat als die Erzeugung einer „0“. Bei einem ersten so ausgerichteten Experiment (Schmidt 1970) war eine 200 Watt-Lampe mit einem echten binären Zufallsgenerator verbunden, der auf dem radioaktiven Zerfall basierte. Eine „1“ schaltete die Lampe an oder ließ sie weiter leuchten, während eine „0“ die Lampe ausschaltete oder dunkel ließ. Der Zufallsgenerator wurde nachts für jeweils acht Stunden aktiviert, einmal pro Sekunde. Dabei war die Lampe im Freien in einer Metalltonne montiert, so dass das grelle Licht in den klaren Nachthimmel ausgestrahlt wurde, wo es auch jetzt noch durch den Weltraum reisen dürfte. Somit hatte eine erzeugte „1“ eine sehr verschiedene Wirkung von einer erzeugten „0“. Das Ergebnis – nach 24 Nächten mit zusammen 691200 binären Zufallsentscheidungen – zeigte jedoch keine signifikante Asymmetrie in den Entscheidungen des Zufallsgenerators.

Die interessante Versuchsanordnung von Hagel und Tschapke ist wohl im Prinzip ähnlich. Als Quelle „reinen Zufalls“ dienen – anstatt des radioaktiven Zerfalls – die mechanischen Zufallsschwankungen in der Bewegung der Lokomotive. Somit besteht der Zufallsgenerator hier aus einer Kombination des Eisenbahnsystems mit dem Quasi-Zufallsgenerator im Computer. Nicht ganz befriedigend für ein so fundamentales Experiment erscheint mir die Benutzung eines weitgehend unbekanntem Quasi-Zufallsgenerators. Mit einigen wenigen Zeilen in BASIC könnte man leicht seinen eigenen, völlig durchsichtigen Quasi-Zufallsgenerator programmieren.

Bei einer kritischen Auswertung der Gesamtergebnisse von Hagel und Tschapke würde ich die Resultate aus Abbildung 8 ignorieren, weil eine nachträgliche Interpretation ungeplanter Ereignisse zu spekulativ ist. Aus den Abbildungen 5, 6 und 9 erhält man als kombinierten z-Wert für alle Unfallbahnläufe $z = (2,8+1,5+2,4)/\sqrt{3} = 3,87$, als kombinierten z-Wert für die Eichbahnläufe $z = (-1,5-2,7)/\sqrt{2} = -2,97$. Dieses hochsignifikante Ergebnis spricht für die

Existenz einer akasalen Korrelation. Wie man den Effekt interpretieren soll – entweder als akasale Korrelation in der unbelebten Natur oder als ein Beispiel von Experimentatoren-PK – ist allerdings bislang noch fraglich. Leider ist es eine Eigenschaft von akasalen Korrelationen, dass sie umfassende Möglichkeiten für unerwartete Experimentatoren-Effekte bieten.

Akasale Korrelationen implizieren, dass die in der Physik so nützliche Idealvorstellung eines „isolierten Systems“ nicht mehr anwendbar ist. Selbst wenn wir etwa eine Versuchsperson von der Außenwelt isolieren und einen automatisierten PK-Test durchführen lassen, kann das Ergebnis durch zukünftige Ereignisse, wie etwa späteres Lob durch den Experimentator, beeinflusst werden. Das wurde schon früh durch ein Experiment von Brier und Feather (1968) hervorgehoben. Der Erfolg von Retro-PK-Experimenten (Schmidt 1970), in denen die Zielereignisse lange vor der PK-Sitzung erzeugt wurden, betont weiter die zielorientierte Natur von PK. Die Versuchsperson in einem PK-Test braucht sich nur auf das Endziel zu konzentrieren, ohne sich um die einzelnen Schritte zu kümmern, die zum Enderfolg führen. In gleicher Weise kann ein Experimentator, selbst wenn er bezüglich der Einzelheiten des Experiments verblindet wird, einen PK-Effekt bewirken, nur durch bewusste oder unbewusste Konzentration auf ein erwünschtes Endergebnis.

Ein solcher ungewollter Experimentatoren-Effekt mag viele Psi-Experimente mit Tieren und Pflanzen erklären, die vielversprechend begannen aber am Ende doch nicht reproduzierbar waren. Ich denke hier etwa an Chauvins Experimente mit Mäusen (Duval und Montredon 1968), an meine eigenen Versuchsreihen mit Küchenschaben (Schmidt 1970), an unveröffentlichte Arbeiten zweier Gruppen, die PK-Erfolge bei Ratten durch direkte Stimulierung des Lustzentrums im Gehirn belohnten, oder auch an Odiers Experimente mit Pflanzen (Odiar 1997), dessen positive Ergebnisse von mir selbst und von einer anderen Forschergruppe nicht reproduziert werden konnten.

Somit werden wir also gespannt warten, ob Hagel und Tschapke ihre eigenen Resultate über längere Zeit hinweg reproduzieren können, und ob insbesondere andere neutrale Experimentatoren mit weniger Enthusiasmus auch entsprechende Ergebnisse erhalten.

Literatur

- Duval, P.; Montredon, E. (1968): ESP experiments with Mice. *Journal of Parapsychology* 32, 153-166.
- Feather, S.; Brier, R. (1968): The Effect of the Checker on Precognition. *Journal of Parapsychology* 32, 167-175.
- Odiar, M. (1997): Can plants influence chance? *Bulletin de la Fondation Marcel et Monique Odiar de Psycho-Physique*, No. 3, 13-17.
- Schmidt, H. (1970): PK Experiments with Animals as Subjects. *Journal of Parapsychology* 34, 255-261.
- Schmidt, H. (1976): PK Effect on Pre-Recorded Targets. *Journal of the American Society for Psychical Research* 70, 267-291.

THORSTEN SIEBENBORN

Zwei grundlegende Probleme

Ich möchte zwei Dinge behandeln, die mir am Artikel aufgefallen sind und wo ich grundlegende Probleme sehe. Das eine ist die angesprochene Idee der Mikro-Psychokinese. Wenn ein System in der Lage wäre, in ausgewogenen Situationen eine Asymmetrie zu seinen Gunsten aufzubauen (wie auch immer), dann kann es Energie erzeugen. Ein einfaches Beispiel ist die Kinderschaukel; während zufälliges Hin- und Herbewegen nichts bewirkt, lässt sich durch geschicktes Heben und Senken des Schwerpunktes während des richtigen Zeitpunktes Höhe und damit Lageenergie gewinnen. Die Lokomotive beispielsweise könnte durch das gezielte seltener Durchfahren einer Strecke den Zufallsgenerator mit Energie versorgen; die gleichverteilte Ladung des Zufallsgenerators wird mit den Gleisen gekoppelt, während die Lok zum Ladungserzeuger umgebaut wird. Der Zufallsgenerator erhält mehr Lade- als Entladezyklen und bekommt somit überschüssige Ladung und damit zusätzliche Energie.

Physikalische Systeme waren wegen ihrer strikten Vorhersagbarkeit gut behandelbar, und so konnte mittels Wahrscheinlichkeitstheorie der zweite Hauptsatz aufgestellt werden, der solche zusätzlich geschaffene Energie verbietet. Der Mensch sorgte aber für Kopfzerbrechen: Er kann aufgrund Entscheidungen Ordnung schaffen; die Frage ist, wie sich der Energieaufwand für Entscheidungen ermitteln lässt. Ein im Gedanken verkleinerter Mensch könnte mittels Wärmestrahlung ein ankommendes Molekül als „heiß“ oder „kalt“ einordnen und je nachdem ein mikroskopisches Türchen zwischen zwei Kammern öffnen oder geschlossen halten. Somit entstünde durch den „Maxwell’schen Dämon“ ein Wärmegefälle und nutzbare Energie. Damit sind wir schon beim Ursprungsthema: Auch Mikro-Psychokinese könnte dies erreichen, indem ein hin und her schwingendes Türchen „zufällig“ immer zur richtigen Zeit geöffnet ist. Da aufgrund der technischen Entwicklung immer kleinere Strukturen hergestellt werden können, verliert das Argument der mangelnden Machbarkeit zusehends an Überzeugungskraft.

Leo Szilard (1929) löste das Dilemma, indem er einen derartigen Mechanismus entwarf und zum Schluss kam, dass der Dämon durch seinen Entscheidungsprozess und damit der notwendigen Datenverarbeitung den Energiegewinn kompensiert. Für Mikro-Psychokinese gäbe es *keinen* derartigen Lösungsansatz; es bleibt also ein wunder Punkt, wie sich die These „akausaler Korrelationen“ mit dem zweiten Hauptsatz verträgt.

Kommen wir zum zweiten Thema: Ganz allgemein wird bei der Untersuchung von Hagel und Tschapke daraufhin geachtet, ob sich trotz Zufallsauswahl eine Bevorzugung eines bestimmten, sonst gleich wahrscheinlichen Versuchsausgangs ergibt, was die Hypothese von gerichteten akausalen Einflüssen stützen soll. Es sollte also gewährleistet sein, dass der Zufallszahlengenerator (RNG) eine scheinbar regellose Folge bereitstellt.

Wie bei Knuth (1981) beschrieben, arbeiten die Programme hauptsächlich auf Softwarebasis mit einem Algorithmus, der linearen Kongruenzmethode („linear congruential method“). Ohne auf die exakte Funktionsweise einzugehen: Der Algorithmus formt einen Eingangswert in einen Ausgangswert um, der nach der Ausgabe wiederum als neuer Eingangswert verwendet wird. Der erste Eingangswert ist der sog. „Same“ (*seed*), von dem der weitere Ablauf abhängt; gleiche Samen führen zum exakt gleichen Ablauf des RNG, jedoch weist

die Folge eine sehr unregelmäßige Verteilung auf. Die Folge selbst ist logischerweise in der Länge begrenzt: erzeugt der Algorithmus einen Ausgangswert, der exakt mit einem vorherigen Eingangswert übereinstimmt, wird sich die Folge wiederholen. Nun verwendet QBASIC einen RNG mit $2^{24} = 16777216$ Zuständen, denn eine Periode von 16 Millionen Zahlen wird für die meisten Anwendungen vollkommen ausreichen.

Was ist jedoch mit dem hier beschriebenen Experiment? Nach 51 Minuten bzw. 280 Runden wird der Algorithmus von vorne anfangen. Da der Test des Zufallsgenerators darin bestand, im Gegensatz zum Eich- bzw. Umpolungslauf die Werte nacheinander auszulesen, war bei 100.000 Werten verständlicherweise keine Abweichung vom Zufallsverhalten zu erwarten.

Da die Messwerte nicht nacheinander ausgelesen wurden, ist die Frage berechtigt, ob die beschriebenen Abläufe überhaupt einen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit haben können. Die Lokomotive wird nicht für jede Runde exakt dieselbe Zeit brauchen und in der geringen Zeitdifferenz (sagen wir 0,1 Sekunden) wird eine andere Zufallszahl ausgewählt. Die Folgerung ist einleuchtend, es muss nur bedacht werden, dass es kein „Gesetz der kleinen Zahl“ gibt. Kleinere Zufallsfolgen dürfen stärkere relative Abweichungen von der Gleichverteilung aufweisen und es ist meiner Ansicht nach durchaus möglich, dass aufgrund wiederholten Durchlaufens solche unausgewogenen Bereiche bevorzugt ausgewählt und somit die Gleichverteilung über längere Zeit nicht gewährleistet werden kann.

Gegen diesen Einwand sprechen einmal die Replikationen (es sei denn, es handelt sich um exakt denselben RNG) und die beobachtete Gleichverteilung bei Symmetrie (Oder sorgt die unterschiedliche Rundendauer für die Anomalie?). Um den Einwand zu entkräften, sollten die Vorkehrungen der Zufallsauswahl bei den nächsten Versuchen durch Verwendung z.B. echter Zufallsprozesse (p-n-Übergang) oder verbesserter Algorithmen optimiert werden.

Literatur

Knuth, D.E. (1981): The Art of Computer Programming. Volume 2: Seminumerical Algorithms. Addison-Wesley.

Szilard, L. (1929): Über die Entropieverminderung in einem thermodynamischen System bei Eingriffen intelligenter Wesen. *Zeitschrift für Physik* 53, 840-856.

HARALD WALACH

Versuchsleitereffekte kaum auszuschließen

Die Autoren berichten von interessanten Experimenten. Eine Modelleisenbahn wird immer wieder mit einem Elektroschock gestört und hat die Möglichkeit, diesem Schock durch „Beeinflussung“ eines Zufallsgenerators, der eine Weiche steuert, zu entgehen. Die Daten eines ersten Experiments über jeweils 10 x 10000 Durchläufe (sowohl in einem Kalibrierungslauf, einem Eichlauf und einem Umpolungslauf) zeigen starke Abweichungen von der Zufallserwartung im Unfallvermeidungslauf, aber auch Abweichungen im Eichlauf. Eine Replikationsstudie mit wiederum je 10000 Durchläufen ergibt allerdings ein anderes Bild:

Die Unfallvermeidungsläufe zeigen lediglich eine signifikante Tendenz, die Kalibrierungsläufe zeigen nun eine deutliche Abweichung in die negative Richtung von der Zufallserwartung. Die Ergebnisse scheinen dafür zu sprechen, dass selbst ein unbelebtes System wie eine Modelleisenbahn in eine akasale Korrelation zu einem Zufallsprozess geraten kann.

So faszinierend diese Ergebnisse sind, so scheinen sie doch keinen endgültigen Hinweis auf diese Korrelation eines unbelebten Systems mit einem Zufallsprozess zu enthalten. Die Tatsache, dass bereits in Kalibrierungsläufen deutliche Abweichungen von der Zufallserwartung stattfinden, zeigt, dass das System entweder nicht stabil genug arbeitet oder dass mechanische oder andere Verzerrungen am Werk waren. Möglicherweise lassen sich die Gründe hierfür ja bei späteren Replikationsversuchen und bei der Perfektionierung der Methodik herausfinden. Was mir allerdings schwierig erscheint, ist das mechanische System von der Intention und von der mentalen Interaktion durch die Experimentalleiter abzukoppeln. Entweder sind die Autoren der Meinung, dass es so etwas wie eine akasale Korrelation mit einer Zufallsreihe gibt. Dann besteht eigentlich kein Grund zur Annahme, dass durch die mentale Definition des Versuchssystems als Modelleisenbahn plus Zufallsgenerator genau dieses System und kein anderes betrachtet wird. Was gibt den Autoren das Recht zu glauben, dass ihre eigene Intention und ihre eigene Interaktion mit den Systemen nicht in dem experimentellen Modell sichtbar wird? Dies scheint mir das Dilemma der gesamten experimentellen parapsychologischen Forschung zu sein: Wenn die hypothetisierten Phänomene, seien sie nun von der Natur einer akasalen Korrelation (wie dies das Modell der Pragmatischen Information vorsieht) oder seien sie von der Natur anomaler kausalenergetischer Einflüsse, tatsächlich Bestandteil unserer Natur und unseres Universums sind, dann besteht kein Grund zur Veranlassung, dass diese durch irgendwelche bewussten Setzungen von Experimentatoren vom Einfluss des Experimentators isoliert werden können. Vielmehr müsste man dann eigentlich vermuten, dass die Haltung und die Intention mindestens den gleichen Einfluss auf das experimentelle Ergebnis nehmen wie beispielsweise die bewusste Intention einer Versuchsperson oder in diesem Falle eine hypothetisierte Vermeidungsaktion der Eisenbahn. Was in solchen Experimenten getestet wird, ist letztlich immer die Interaktion des Versuchsleiters mit dem gesamten experimentellen Setting. Dies ist gewissermaßen den Voraussetzungen, die von einem solchen Experiment gemacht werden, inhärent. Die Meinung, man könnte ein experimentelles parapsychologisches Modell aufstellen *ohne* Betrachtung des Versuchsleiters, seiner Intentionen und seiner Interaktionen, scheint mir eine Verletzung der eigenen Voraussetzungen zu sein. Insofern wären die Modelleisenbahnexperimente interessante Metaexperimente, mit denen studiert werden könnte, wie die Interaktion eines Versuchsleiters mit seinem experimentellen Aufbau wirkt oder gebrochen wird.

Eine Schlussfolgerung von dem Ergebnis eines solchen Modells auf die systemimmanente Kopplung eines nicht belebten Systems mit einem Zufallsprozess erscheint mir nicht zulässig, weil hinter dem gesamten Versuchsaufbau immerhin die vielen hundert Stunden Arbeit der Experimentalleiter stehen.

Stellungnahme der Autoren

JOHANNES HAGEL, MARGOT TSCHAPKE

Replik zu den vier zentralen Problemkreisen

Zunächst möchten wir uns bei den zwölf Kommentatoren für die intensive Auseinandersetzung mit der von uns vorgestellten Materie bedanken. Ihre konstruktiv-kritischen aber auch aner kennenden Kommentare zu unserer Arbeit eröffneten unerwartete Einsichten in zuvor nicht oder nur wenig beachtete Zusammenhänge und führten uns zu neuen Ideen für unsere Forschungsarbeit. Auf Grund der vielen Anregungen und Bemerkungen, die sich in den 32 Seiten umfassenden Kommentaren finden, können wir zu unserem Bedauern nicht auf jeden einzelnen Punkt eingehen. Wir arbeiteten daher aus dem vorliegenden Material vier Hauptthemen heraus und werden bei deren Diskussion die uns am wichtigsten erscheinenden Argumente der verschiedenen Kommentatoren behandeln. Als Hauptthemen kristallisieren sich für uns (a) die Problematik des verwendeten Zufallsgenerators, (b) die Frage des Beobachtereffekts, (c) mögliche technische Artefakte des experimentellen Aufbaus, sowie (d) Implikationen der Resultate in naturwissenschaftlicher, philosophischer und kosmologischer Hinsicht heraus.

Zur Frage des verwendeten Pseudozufallsgenerators

Da das zur Steuerung unseres Modellbahnxperimentes und zur Speicherung seiner Resultate verwendete Programm in der – wenn auch etwas veralteten, so doch sehr verbreiteten – Programmiersprache MS-QBASIC 4.5 geschrieben wurde und diese Sprache einen Aufruf für einen Pseudozufallsgenerator (RND) enthält, lag es nahe, diesen direkt zu verwenden, um einen eventuellen Interaktionseffekt zwischen dem unbelebten System „Modelleisenbahn“ und Zufallsprozessen zu untersuchen. Die durch ein solches Vorgehen provozierte Kritik erwarteten wir bereits in der Planungsphase des Experiments, doch bestimmte Gründe, die wir im folgenden darlegen wollen, veranlassten uns dennoch, so vorzugehen. Die von den verschiedenen BASIC-Dialekten verwendeten Pseudozufallsgeneratoren sind auf Kongruenzrelationen beruhende, rekursiv definierte Zahlenfolgen erster Ordnung. Die Nicht-Linearität der definierenden Rekursionsrelation bewirkt, dass die Abfolge der einzelnen Zahlen ein in hohem Maße irreguläres Verhalten aufweist, wie es in den chaotischen Lösungszonen von Differenzgleichungen der Fall ist. In diesen Bereichen tritt eine quasi-statistische Gleichverteilung von Zahlen in einem bestimmten Intervall auf, die dann eben zur Simulation von Zufallsereignissen benutzt werden kann. Dennoch darf nicht übersehen werden, dass (a) eine solche Zahlenfolge trotz ihres hochkomplexen Verhaltens streng deterministisch ist, insofern sie durch ihr erstes Element festgelegt ist, und dass (b) auf Grund der Natur der verwendeten Kongruenzrelationen stets eine bestimmte (allerdings sehr hohe) Periodizität der Zahlenfolge vorliegt. In diesen beiden Eigenschaften unterscheidet sich eine Pseudozufallszahlenfolge von einer echt zufälligen Zahlensequenz. Warum aber bestanden wir auf der Verwendung von softwaremäßigen Pseudozufallszahlen, wo uns heute doch ausgezeichnete und auch preiswerte echte Zufallszahlengeneratoren zur Verfügung stehen?

Nicht nur weil die Methode, softwaremäßig auf eine fertige Routine zuzugreifen, sehr einfach ist. Vielmehr beruhte unsere Entscheidung auf der Vermutung, dass das Teilsystem „Lokomotive“ sich schon mit einem *systeminhärenten* echten Zufallsprozess korrelieren können müsste, ohne auf einen externen echten Zufallsgenerator angewiesen zu sein. Dieser systeminhärente Zufallsprozess besteht in den *echt zufälligen* Verteilungen der gefahrenen Rundenzeiten der Lokomotive auf der äußeren und der inneren Teilstrecke der Gleisanlage. Für beide Rundenzeiten gibt es einen eigenen Mittelwert, um den sich die Zeitintervalle gemäß einer Normalverteilung anordnen. Diese Verteilung ist echt zufällig, weil sie in äußerst empfindlicher Weise sowohl von zufälligen Variationen von Systemparametern (Gleislänge, Rad-Abrieb, Schmierungseigenschaften, Motortemperatur, elektrischer Gleiswiderstand etc.), als auch von systemexternen Parametern (Raumtemperatur, Feuchtigkeit, Luftdruck etc.) bestimmt wird. Die somit als echt zufällig anzusehenden Rundenzeiten bestimmen die Anzahl der Pseudozufallszahlen, die vom Computer während der aufeinander folgenden Runden abgerufen werden, bevor der für die jeweilige Runde relevante Binärwert erzeugt wird. Die so organisierte Verkettung eines echten und eines Pseudo-Zufallsprozesses erzeugt somit eine *binäre echte Zufallszahlenfolge*, wobei die Auftrittswahrscheinlichkeit für die binären Zustände jener des Pseudozufallsgenerators entspricht. In unserem Experiment messen wir letztlich die Korrelationsfähigkeit des Teilsystems „Lokomotive“ mit jenen binären Zuständen.

Wie Bernd Dürrer in seinem Kommentar richtig ausführt, ist es von essenzieller Wichtigkeit, die Auftrittswahrscheinlichkeiten der binären Zustände +1 und -1 des von uns verwendeten Pseudozufallsprozesses genau zu kennen. Schon ganz geringe Abweichungen dieser Wahrscheinlichkeiten von ihrem Idealwert von $p=0,5$ führen zu scheinbar systematischen („paranormalen“) Abweichungen vom (falsch vorausgesetzten) Erwartungswert Null, was zu falschen Schlussfolgerungen über das Systemverhalten führen würde. Selbst wenn nun mathematisch gezeigt werden kann (was wir für möglich halten), dass die Auftrittswahrscheinlichkeiten der beiden binären Zustände des auf bekannten Kongruenzrelationen basierenden Pseudozufallsgenerators exakt gleich 0,5 sind, so ist diese Aussage gemäß der asymptotischen Wahrscheinlichkeitsdefinition nur sinnvoll, wenn von einer unendlichen Grundgesamtheit N ausgegangen wird. Dies ist aber niemals der Fall. Vielmehr erstreckt sich ein Versuch über 10 mal 10000 Runden. Es ist also zu erwarten, dass ein mit einem festen Wert gestarteter Pseudozufallsprozess nach 10000-maligem Abruf eine errechnete Wahrscheinlichkeit $P = G/N$ (günstige Fälle geteilt durch mögliche Fälle) ergibt, die vom asymptotischen Wert von $p=0,5$ abweicht. Aus diesem Grund – und dies sei hier betont – wurde der Pseudozufallsgenerator vor jedem Durchgang von 10000 Runden *neu* initialisiert, und zwar mit dem BASIC-Befehl „RANDOMIZE timer“. Dieser Befehl verwendet die Systemvariable „timer“ (seit Mitternacht abgelaufene Zeit in hundertstel Sekunden) als Startwert für die Pseudozufallszahlensequenz. In einem separaten kleinen BASIC-Programm haben wir die Wahrscheinlichkeiten aus 10 solcher neu initialisierter Sequenzen von 10000 Zufallszahlen berechnet. Hierbei wurde der Pseudozufallsgenerator in einer Schleife 60000 mal aufgerufen (dies entspricht dem mittleren Umlauf der Lokomotive). Danach wurde ein Wert für die Berechnung der aktuellen Differenz $S(n)$ herangezogen und dieser gesamte Vorgang bis $n=10000$ wiederholt. Daraus ergaben sich folgende 10 Wahrscheinlichkeitswerte: $P = \{0,49390; 0,50960; 0,49280; 0,49790; 0,50500; 0,50240; 0,50420; 0,49710;$

0,49980; 0,50110}. Die maximale Abweichung von $p=0,5$ beträgt in diesem Fall $\Delta P = 0,0096$, was einem von 5000 abweichendem Erwartungswert für $n=10000$ von $n \Delta P = 96$ entspricht. Ohne Neuinitialisierung des Pseudozufallsgenerators hätten wir diese Zufallsreihe nun 10 mal verwendet und wären bei einer Abweichung von 960, obwohl wir 0 erwarten würden, was einem Scheineffekt von 3σ entspricht! Andererseits entspricht die gefundene Wahrscheinlichkeit nach 10 Neuinitialisierungen einem Wert von $P = 0,50038$. Der daraus folgende verschobene Erwartungswert beträgt nach 100000 Runden nur noch $n \Delta P = 38$, was einem Wert von $0,12 \sigma$ entspricht. Und damit beträgt dieser Scheineffekt nur noch einen Bruchteil des gemessenen Effektes.

Bernd Dürrer und Thorsten Siebenborn schreiben weiterhin, dass wir den verwendeten Pseudozufallsgenerator testeten, indem wir $S(n)$ für 100000 *fortlaufende* Werte bildeten. Dem ist aber *nicht* so. Tatsächlich verwenden wir auch hier 10 Serien von 10000 fortlaufenden Werten, wobei nach jedem Block von 10000 Werten neu initialisiert wird, und zwar ebenfalls mit dem „RANDOMIZE timer“-Befehl. Wir finden aber Dürrers Vorschlag interessant, den Pseudozufallsgenerator durch die Lokomotive selbst abfragen zu lassen, ohne dass sich daraus eine Umpolung oder veränderte Weichenstellung ergäbe. Dieser Idee werden wir in zukünftigen Experimenten nachgehen.

Eine weitere sehr interessante Bemerkung zum Thema Zufallsgenerator kam von Bernd Dürrer sowie von Eckhard Etzold. Sie bemerken richtig, dass vor allem die einfachen BASIC-Generatoren das Zufallsverhalten einer echten Zufallszahlensequenz nicht perfekt simulieren, sondern dass es zu einem Restoberwellenverhalten kommen kann, insofern es in regelmäßigen Abständen zu Häufungen bestimmter Zahleneigenschaften (z.B. $z > 0,5$) kommt. Steht nun die mittlere Umlaufperiode der Lokomotive zufällig in Resonanz mit einer solchen Oberwelle, so kann es prinzipiell auch zu übersignifikanten Abweichungen kommen, die aber nur die Existenz einer solchen Oberwelle und den Fall einer artifiziellen Resonanz anzeigen würden, jedoch keinen akasalen Korrelationseffekt. Eine solche Resonanz kann in ihrer Stärke ebenfalls durch regelmäßige Neuinitialisierung des Pseudozufallsgenerators (wie oben beschrieben) vermindert werden. Dadurch kommt es – wegen der Nicht-Linearität der verwendeten Rekursionsrelation – sowohl zu einer Änderung der eventuell vorhandenen Oberwellenfrequenz (und somit zum Verlassen der Resonanzbedingung) als auch zu einem Phasensprung der Oberwelle. Beide Effekte führen zum Abklingen der Resonanzamplitude. Ein dritter Mechanismus kommt uns ebenfalls entgegen, insofern er den artifiziellen Resonanzeffekt schwächt: Es handelt sich um die schon oben diskutierte Tatsache, dass die Umlaufperiode der Lokomotive selbst in echt zufälliger Weise um einen Mittelwert verteilt ist. Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt dieses Verhalten deutlich. Es handelt sich um die Verteilung der Anzahl der Zufallsgenerator-Aufrufe pro gefahrener Runde während der 10000 Runden eines Eichlaufes auf einem Testoval ohne Weiche. Der gegenüber dem ursprünglichen Experiment deutlich höhere Mittelwert von 410000 Aufrufen pro Runde erklärt sich damit, dass ein gegenüber dem Original optimiertes Programm auf einem schnelleren Computer ablief.

Die Schwankungsbreite der Anzahl der Zufallsgenerator-Aufrufe pro gefahrener Runde bei einem Mittelwert von 415000 beträgt 60000, das sind also 15 %. Um diesen Prozentsatz schwankt also die Umlauffrequenz im Verlaufe eines Durchganges von 10000 Perioden. Das

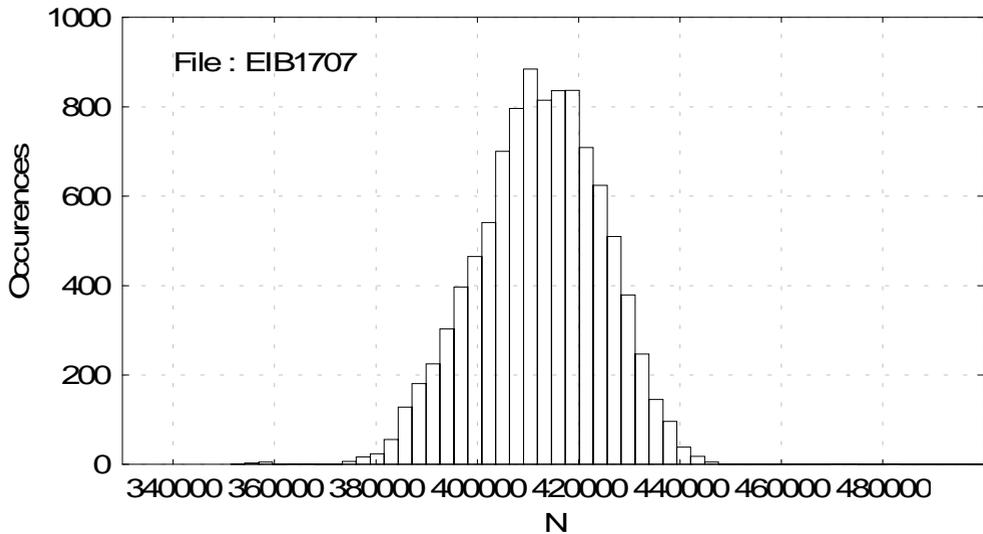


Abbildung 1: Zahl der Abrufe des Pseudo-Zufallsgenerators pro gefahrener Runde während 10000 Runden in einem Testlauf (vgl. Haupttext).

bedeutet aber auch, dass die Resonanzbedingung $f_{\text{Umlauf}} = f_{\text{RND}}$ im ungünstigsten Fall zwar geschnitten werden kann, das System aber niemals darauf verharren wird. Außerdem sind die Zeitpunkte der sukzessiven Resonanzschnitte nicht äquidistant sondern zeitlich zufällig verteilt, da sich die Umlauffrequenzen selbst zufällig verhalten. Damit sind auch die Phasenlagen der beiden Schwingungen zu den Zeitpunkten der Resonanzschnitte zufällig, was einem Anwachsen der Resonanzamplituden entgegen steht.

Zur Frage möglicher technischer Artefakte

Ein Einwand, der uns schon von vielen Seiten entgegen gebracht wurde und der treffend in dem Kommentar von Gerd H. Hövelmann zusammengefasst wurde, soll zuerst behandelt werden. Hövelmann schreibt richtig, dass das von uns experimentell beobachtete Systemverhalten des Eisenbahnexperimentes keineswegs dem beobachteten Verhalten komplexer technischer Systeme entspricht, ja dass das ungestörte Funktionieren solcher Systeme jenen durch allerlei „filigrane handwerkliche Kunst zuallererst abgerungen bis aufgezwungen werden muss“. Der Autor hat vielmehr den Eindruck, dass solche Systeme „eher dem vertrackten Murphyschen Gesetz zu gehorchen pflegen, nach dem alles schief geht, was nur schief gehen kann“.

Nun, diese Aussage von Hövelmann zweifeln wir keineswegs an, zumal er sich als erfahrener Modellbauspezialist ausweist. Das Murphysche Gesetz, das schon Generationen von Ingenieuren beschäftigte, sehen wir als das tägliche Erfahrungsextrakt dessen, was in der Physik als das Gesetz der zunehmenden Entropie bekannt ist: In einem abgeschlossenen System nimmt die Entropie (das Maß an Unordnung) insgesamt zu. Je komplexer ein auf kleinem

Raum realisiertes (z.B. technisches oder biologisches) System ist, desto ungünstiger verschiebt sich das Verhältnis von Möglichkeiten, dass „etwas schief geht“ zu jenen, dass „alles nach Plan funktioniert“. Die Wahrscheinlichkeit eines technischen Versagens steigt also, und jedes komplexe System wird in einer abgeschlossenen Umgebung unweigerlich in Zustände niedrigerer Komplexität und somit höherer Entropie übergehen.

Ebenso gibt es in der Natur aber auch den umgekehrten Prozess, nämlich den einer lokal auftretenden spontanen Komplexifizierung. Ohne diesen wäre die spontane Entstehung des Lebens (und seiner nichtlebenden Vorstufen!) nicht möglich gewesen. Physikalisch lässt sich dies – ohne auf die äußerst komplizierten Details einzugehen – damit erklären, dass der thermodynamische Satz von der zunehmenden Entropie sich auf Systeme im stationären Gleichgewicht bezieht, was lokale Umkehrungen dieses Vorganges in nicht-stationären Systemzonen ermöglicht. Und dies sind nicht einfach nur „kleine Störungen“ oder „Ausnahmesituationen“ im Weltgeschehen, sondern vielmehr Vorgänge von so fundamentaler Bedeutung, dass hochkomplexe biologische Systeme bis hinauf zum menschlichen Gehirn möglich wurden und spontan entstehen konnten. Allerdings können solche Prozesse nur aufrecht erhalten werden, wenn die Energieversorgung des Systems von außen gewährleistet ist. Und damit nimmt die Entropie des Gesamtsystems Erde-Sonne zu, und zwar wegen der in der Sonne stattfindenden thermonuklearen Reaktion.

Aus diesen Ausführungen sehen wir also, dass in der Natur *beide* Vorgänge, nämlich der der *spontanen Entropiezunahme*, als auch der der *spontanen Komplexifizierung* existieren können. Nur sind wir daran gewöhnt, den zweiten Vorgang ausschließlich mit *lebenden* Systemen in Verbindung zu bringen, ja lebende Systeme geradezu durch diese Fähigkeit zu definieren. Und dies, obwohl wir mittlerweile über gesicherte Kenntnisse solcher Vorgänge in gewissen nicht-linearen dissipativen chaotischen *nicht-lebenden* Systemen (z.B. nicht-laminare viskose Flüssigkeitsströmungen) verfügen.

All diese Argumente – sowie das Wissen um vermutete akasale Korrelationen in den Experimenten der Parapsychologie – führten uns zu unserem experimentellen Ansatz. In diesem wollten wir überprüfen, ob eine primitive Schutzfunktion gegen das Anwachsen der Systementropie prinzipiell in einem nicht-lebenden System möglich sein könnte.

Um einen solchen – von uns von vornherein als sehr schwach angenommenen – Effekt überhaupt feststellen zu können, mussten wir (wie in einem Experiment üblich) eine künstliche Situation herstellen, die den angenommenen Effekt speziell begünstigt. Hätte Galilei etwa Vogelfedern fallen lassen, um daraus seine Fallgesetze abzuleiten, so wäre er gescheitert. Durch Verwendung von massiven kleinen Bleikugeln gelang es ihm jedoch, sein Experiment von dem störenden Einfluss des Luftwiderstandes (weitgehend) zu entkoppeln. Die von uns in unserem Experiment konstruierte Situation besteht darin, der Lokomotive auf jedem einzelnen ihrer Umläufe die Möglichkeit anzubieten, einen (binären) Zufallsprozess auszulösen, der in direkter und definierter Weise auf ihre eigene Evolution einwirkt und zwar in entweder neutraler oder destruktiver Weise. Eine solche Situation ist zweifelsfrei künstlich und eben darauf angelegt, einen bestimmten Effekt, sofern er existiert und noch stark genug ist, nachzuweisen. Und insofern unterscheidet sich unser Experiment von den Testaufbauten, wie sie Hövelmann beschreibt. Diese sollen ja „nur“ beweisen, dass eine Modellbahnanlage in der Lage ist, das zu tun, was sie normalerweise tun sollte: Viele Kinder (und vielleicht noch mehr „kindgebliebene“ erwachsene Frauen und Männer) eine bestimm-

nte zeitlang zu erfreuen. Und dass man hierbei den Murphyschen Effekt beobachtet, ohne dass dafür eigene Vorkehrungen getroffen werden müssten, beweist, dass dieser Effekt wesentlich stärker ist als der der Schutzfunktion durch eine akausale Korrelation, den wir in unserem sehr speziellen Experiment meinen nachgewiesen zu haben.

Martin Lambeck erstellte in seinem Kommentar eine kleine Liste weiterer Vorschläge, um verschiedene apparative Artefakte auszuschließen: Die erste Empfehlung betrifft die Symmetrisierung des Experiments durch die Vertauschung der Rollen der inneren und der äußeren Teilstrecke. Dies wurde von uns im Rahmen des verblindeten Experiments bereits durchgeführt (siehe Seite 23). Die Umkehrung der Fahrtrichtung (im Uhrzeigersinn) wurde von Dr. Marcel Odier in einer gerade abgeschlossenen eigenen Replikationsstudie (Laufzeit: August – Oktober 2001) im Labor der Fondation Odier de Psycho-Physique in Genf durchgeführt. Dabei ergab sich, dass die Umkehrung der Fahrtrichtung die Ergebnisse nicht beeinflusste. Zum Problem der Reedkontakte: In allen unseren Versuchen seit Mitte 2001 wurden jene Kontakte – eben wegen der Unwägbarkeiten der Magnetisierung – durch Unterbrecherlichtschranken ersetzt. Diese bestehen aus gelben Hochleistungsleuchtdioden und lichtsensitiven Widerständen (LDR's), wobei die Lokomotive den Lichtstrahl unterbricht. Die sicherlich etwas ungewöhnliche Methode der Kommunikation Computer-Experiment über Tastatur und Bildschirm erfolgte hauptsächlich aus Gründen der Anschaulichkeit. Speziell die Bildschirm-Weiche-Kopplung enthält zudem den von uns gewünschten Effekt der Optokopplung, einer Technik, die wir auch aus Gründen der galvanischen Trennung und somit der Erhöhung der elektrischen Störsicherheit anwandten. Weitere Zusammenhänge zwischen physikalischen Parametern und der gemessenen Effektstärke werden wir in den zukünftigen Experimenten stärker mitberücksichtigen.

Schließlich macht uns Markus Pössel auf eine technische Unklarheit in der Beschreibung des Experiments aufmerksam, nämlich auf die fehlende Angabe der genauen Gleisführung um die Weiche der Ausweichstelle und die daraus resultierenden Fliehkraftverhältnisse. Diese Information soll hier nachgereicht werden. Zunächst der genaue Lageplan der Gleisanlage in der Umgebung der Weiche:

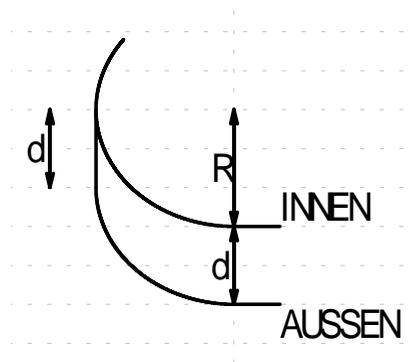


Abbildung 2: Skizze der Weichenanlage ($d = 5 \text{ cm}$; $R = 45 \text{ cm}$; Fahrtrichtung von oben nach unten)

Der innere Teil der Weiche setzt die kreisförmige Bewegung (Radius R) der Lokomotive einfach fort, während der äußere Teil die Kreisform mit Radius R durch ein kurzes gerades Stück der Länge d unterbricht. Daraus ergeben sich für die Fahrten entlang der inneren und äußeren Teilstrecken verschiedene über die Gleislänge gemittelte Fliehkräfte, nämlich

$$\begin{aligned}\bar{F}_A &= \frac{1}{d + R\pi/2} \int_0^{d+R\pi/2} F_z(s) ds = \frac{2}{2d + R\pi} \frac{mv^2}{R} \int_d^{d+R\pi/2} ds \\ &= \frac{mv^2}{R} \frac{R\pi}{2d + R\pi}\end{aligned}$$

und

$$F_I = \frac{mv^2}{R}$$

Da $R > 0$ und auch $d > 0$, so folgt unmittelbar, dass die gemittelte Fliehkraft entlang des äußeren Geleises geringer ist als jene entlang des inneren Geleises. Die Differenz der äußeren und inneren Werte der gemittelten Fliehkräfte ist also negativ und durch den Ausdruck

$$\bar{F}_A - \bar{F}_I = -\frac{mv^2}{R} \frac{2d}{2d + R\pi}$$

gegeben. Unsere Vermutung hinsichtlich einer akasualen Korrelation auf Grund der verschiedenen Fliehkräfte konnte auch insofern bekräftigt werden, als eine Wiederholung des Versuchs mit einer geometrisch symmetrischen Anlage (ohne Umpolungen) tatsächlich keinen signifikanten Effekt ergab, da die beiden Radien gleich sind.

Nach den bisherigen Ergebnissen könnte eine Proportionalitätsrelation zwischen der oben definierten Effektstärke $X[\sigma]$ und der Quadratwurzel des Betrages der Differenz der gemittelten Fliehkräfte in der Form

$$X[\sigma] = k \sqrt{|\bar{F}_A - \bar{F}_I|}$$

existieren, was die beobachtete direkte Proportionalität zwischen $X[\sigma]$ und der Bahngeschwindigkeit v erklären würde. Wir neigen aber – auf Grund weiterer Experimente, die wir in der Zwischenzeit durchgeführt haben – zur Annahme, dass X proportional zum Kraftstoß der Differenz der gemittelten Kräfte entlang der beiden Teilstrecken bezogen auf die mittlere Fahrzeit bei gegebener Geschwindigkeit ist, also:

$$X[\sigma] = k(\bar{F}_A - \bar{F}_I) \frac{t_A + t_I}{2} = k(d + R\pi) \frac{mv}{2R}$$

Zum Beobachtereffekt

Dieser wohl am schwierigsten zu kontrollierende Effekt stellt sozusagen die Crux unserer Arbeit dar, insofern sein vollständiger, teilweiser oder nicht vorhandener Einfluss auf die Ergebnisse unserer Experimente entscheidend für deren Interpretation ist. Entsprechend zahlreich waren auch die kritischen Kommentare zur Behandlung dieses Problems in unseren Forschungen. Harald Walach brachte das Problem auf den Punkt: Er bemerkt, dass die Experimentatoren, sofern sie von der Voraussetzung ausgingen, dass akausale Korrelationen möglich seien, keine Möglichkeit hätten, die vermutete Korrelation Maschine-Zufallsprozess von dem Experimentatoreffekt zu isolieren. Auch der Schlussfolgerung von Gerd H. Hövelmann („Da Einflussnahmen durch ein lebendes, bewussteinstragendes System (den Menschen) also prinzipiell nicht ausgeschlossen werden können, verbietet es sich von selbst, unbelebten Systemen die quasibewusste, zweckrationale Verfolgung autoprotektiver Zwecke wie der Destruktionsvermeidung und des Systemerhalts zuzuschreiben“) scheint prinzipiell nichts hinzuzufügen zu sein. Dennoch ist in diesem Satz Hövelmann unserer Ansicht nach ein erkenntnistheoretischer Fehler unterlaufen: Die prinzipielle Unmöglichkeit des Ausschlusses der Einflussnahme durch bewusste Systeme auf materielle Prozesse verbietet nicht die Annahme, dass es die von uns vermuteten Prozesse der akausalen Korrelation in unbelebten Systemen tatsächlich gibt, sondern es verhindert nach dem heutigen Kenntnisstand nur ihre eindeutige Beweisbarkeit. Aber auch in diesem Sinne geht unsere Schlussfolgerung, die in der Hypothese auf Seite 24 zusammengefasst ist, ein wenig zu weit, da die eindeutige Beweisbarkeit dieser Hypothese noch aussteht. Das Hauptproblem ist sicherlich, dass selbst im Falle einer vollständigen Verblindung unseres Experiments immer noch eine unwägbare mögliche Kopplung von Experimentatorbewusstsein und Experiment übrig bleibt, da die experimentelle Anlage ja in dessen Gedächtnis repräsentiert und somit seinem Bewusstsein (wie immer man dieses definieren mag) jederzeit zugänglich ist.

Können wir etwas über die relativen Stärken der Kopplungen, die durch direkte Beobachtung des Experiments entstehen und solche, die nur durch das Wissen um das Experiment definiert sind, aussagen? Nun, die zweite (sozusagen indirekte) Kopplung erfordert die Fähigkeit der Vorstellung, der Vergegenwärtigung von Situationen mit Hilfe des Gedächtnisses. Ähnlich wie Vorstellungsbilder im optischen Bewusstsein oft nur ungenau, farbschwach und verblasst erscheinen, so ist es zumindest plausibel anzunehmen, dass auch die durch solche Erinnerungsbilder im Bewusstsein verursachte akausale Korrelation deutlich geringere Effektstärken erreicht, als die durch die direkte physische Beobachtung verursacht.

Wir berichten deshalb nun von einem Experiment, das am IPP-Köln im Mai 2001 begonnen wurde und das geeignet sein könnte, den Effekt der direkten Beobachtung zu messen. Die Methode besteht darin, den Gesamteffekt an einem bislang unbeobachteten System zu messen, wenn dieses extremer aktiver Beobachtung ausgesetzt wird. Wir führten dieses Experiment über bislang 75000 Perioden am Eisenbahnexperiment ohne Umpolung aus.

Die Versuchsperson (M. Tschapke), die gleichzeitig die Experimentatorin ist und die die meisten unserer bisherigen Experimente durch nur kurze Anwesenheitszeiten überwachte, hatte die Aufgabe, durch nun konzentrierte Beobachtung der Anlage (im Zeitraum Mai bis Oktober 2001) dem vermuteten autonomen Effekt (nämlich Bevorzugung der äußeren Teilstrecke) entgegen zu wirken.

Im Sinne einer einfachen Linearitätsannahme („Proportionalitätshypothese“) nehmen wir an, dass der direkte Beobachtereffekt proportional zur Anwesenheitszeit der (konzentrierten) Versuchsperson am Experiment ist. Kennen wir nun das Resultat G (Effektstärke) des Experiments (mit 100 % Anwesenheitszeit) bezogen auf den autonomen Fall, so kann der Störeffekt S des autonomen Falles durch kurze Anwesenheiten des Experimentators berechnet werden, wenn man die Anwesenheitszeit p (in Prozent) des Beobachters kennt:

$$S = G p / 100 \rightarrow X = X_0 \pm S$$

Die bisherigen Ergebnisse dieses noch laufenden Versuchs besagen (in Übereinstimmung mit den verblindeten Experimenten), dass der Einfluss des Experimentators auch bei einer Anwesenheitszeit im Prozentbereich der gesamten Laufdauer vernachlässigbar ist.

Aus all dem Gesagten folgern wir, dass der Experimentatoreffekt durch direkte Beobachtung und durch das Wissen um das Experiment im Bewusstsein der Versuchsleiter in unserem Fall nur eine kleine Störung des autonomen Effektes darstellt. Allerdings muss auch gesagt werden, dass wir die von Helmut Schmidt und Joop M. Houtkooper in ihren Kommentaren angesprochenen Retro-PK-Effekte nicht berücksichtigt haben.

Zuletzt soll noch ein uns wichtig erscheinendes Argument Walter von Lucadous zitiert werden, das ebenfalls dazu dienen könnte, den Beobachtereffekt direkt zu messen: Von Lucadou beobachtete, dass in den ersten Replikationen unserer Experimente kein oder nur wenig Decline-Effekt aufgetreten war, obwohl dies gemäß seines Modells der Pragmatischen Information der Fall sein sollte. In seinem Kommentar zu unserem Artikel erklärt er einleuchtend, warum der Decline-Effekt bei Psi-Effekten in nicht bewussten Systemen nicht eintreten muss, ja dass sein Nichteintreten geradezu ein Hinweis für einen autonomen Effekt der akasalen Korrelation (unabhängig von bewussten Systemen) ist. Da gemäß dem Modell der Pragmatischen Information die Effektstärke sich als Funktion der Anzahl der Replikationen N wie $N^{-1/2}$ verhält, kann man den Anteil des Experimentatoreffekts gemäß dieser Argumentation recht einfach aus der asymptotischen Effektstärke für hohe N bestimmen. Es ist die kombinierte Effektstärke aus autonomen und Experimentatoreffekt dann durch

$$X(N) = X_A + \frac{X_E}{\sqrt{N}}$$

gegeben. Aus der Folge der gemessenen $X(N)$ nach N Replikationsversuchen ergibt sich asymptotisch der Wert X_A und die Effektstärke auf Grund des Experimentatoreffektes aus der Beziehung

$$X_E = X(1) - X_A$$

Ein entsprechender Versuch am IPP-Köln ist geplant.

Zusammenfassend möchten wir einräumen, dass das zentrale Problem des Beobachtereffekts zur Zeit auf befriedigende Weise nicht endgültig gelöst werden kann. Dennoch meinen wir auf Grund der angeführten Argumente, dass zumindest ein beträchtlicher Teil der von uns beobachteten Resultate auf einen *systemautonomen* Effekt rückführbar ist. Auch besteht unseres Wissens nach kein zwingender Grund anzunehmen, dass einzig der Zustand des Bewusstseins zur akasalen Korrelation (im Sinne der Mikro-PK) befähigt sein soll. Auch die Tatsache, dass Bewusstsein auf den komplexesten bekannten Strukturen beruht, indiziert nicht automatisch ein solches Faktum. Und wäre es letztlich nicht töricht anzunehmen, dass ein Topf voller Wasser auf einer Kochplatte keine Temperatur hätte, bloß weil diese durch das Eintauchen eines Thermometers nicht genau gemessen werden könnte und nur der Wert angezeigt würde, den Wasser und „Beobachter“ (Quecksilbersäule) gemeinsam aufweisen? Die prinzipielle Unmöglichkeit einer exakten Messung verhindert doch nicht die Existenz der zu messenden Größe, zumindest nicht im Bereich der klassischen Physik.

Implikationen der Ergebnisse

Aus dem eben Gesagten ergibt sich, dass die Implikationen unserer Versuchsergebnisse wesentlich von deren Interpretation hinsichtlich des Experimentatoreffektes abhängen. Nähmen wir an, dass all unsere Resultate ausschließlich auf eine Mensch-Maschine-Interaktion zurückführbar wären und die beobachtete Autonomie unserer Systeme nur eine scheinbare wäre, so stellten unsere Versuche eben eine weitere – etwas eigenwillige – Art von Psi (oder Mikro-PK)-Experimenten dar. Die Implikation der Experimente bestünde dann „nur“ darin, dass wir die Existenz von Mikro-PK in bislang recht gut replizierbarer Weise ein weiteres Mal nahegelegt hätten und sich daher die Wahrscheinlichkeit der tatsächlichen Existenz solcher Phänomene vergrößert hätte.

Sollte dagegen, wie wir meinen, auch nur ein geringer Anteil unserer experimentellen Ergebnisse auf systemautonomes (= beobachterunabhängiges) Verhalten zurückführbar sein, so sind die Implikationen viel weitreichender. Dies würde nämlich bedeuten, dass es bestimmten materiellen, nichtpsychischen Systemen möglich wäre, mit Zufallsprozessen in eine akasale Korrelation zu treten, wobei diese wie im Artikel definiert ist. Es würde also nicht weniger bedeuten, als dass jener Erscheinungsform des von C.G. Jung beschriebenen Synchronizitäts-Phänomens des menschlichen Unbewussten ein viel allgemeinerer Vorgang bereits auf materieller Basis entspräche.

Sehen wir zunächst einmal, wie Jung das Synchronizitätsphänomen deutet. In seiner Abhandlung „Synchronizität, Akasalität und Okkultismus“ schreibt er zu seiner Interpretation der bekannten Skarabeus-Synchronizität: „Die Patientin mit dem Skarabeus befand sich insofern in einer *unmöglichen Situation*, als ihre Behandlung stockte und sich nirgends ein Ausweg abzeichnete. In dieser Situation, sofern sie ernsthaft genug ist, pflegen sich archetypische Träume einzustellen“, in diesem Fall also der Traum vom Skarabeuskäfer (Jung

2001, S. 29). Diesem Traum entsprach dann ein reales Ereignis, nämlich das Auftauchen des Skarabeus am Fenster des Behandlungszimmers von C.G. Jung während der therapeutischen Sitzung. Zur weiteren Erläuterung zitiert Jung danach eine alte Quelle, nämlich „De mirabilibus mundi“ von Albertus Magnus. Dort ist zu lesen: „Ich fand, dass der menschlichen Seele eine gewisse Kraft (virtus), die Dinge zu verändern, innewohne und ihr die anderen Dinge untertan seien; und zwar dann, wenn sie in einem großen Exzess von Liebe oder Hass oder etwas Ähnlichem hingerissen ist (quando ipsa fertur in magnum amoris excessum aut odii aut alicuius talium)“ (Jung 2001, S. 36). Jung interpretiert also das Synchronizitäts-Phänomen der menschlichen Psyche als Werkzeug zur Bewältigung schwerer seelischer Krisen. Um Auswege aus diesen zu ermöglichen, werden Koinzidenzen von psychischen Zuständen mit realen Ereignissen erzeugt, deren Symbolik der gesuchten Problemlösung entspricht. In unserem Definitionsrahmen wäre das Synchronizitäts-Phänomen ein einzelnes akausales Korrelationsereignis des Typs ACC00 (keine gezielte Abfrage des Zufallsprozesses, keine Rückwirkung, einfach ein gleichzeitiges Existieren sinngemäß zusammengehöriger aber kausal nicht verbundener Ereignisse bzw. Zustände). Der Zweck der Synchronizität aber ist der der psychischen Hilfestellung, ist der einer Selbsttherapie des lebenden bewussten Systems der menschlichen Psyche. Und somit finden wir im Synchronizitäts-Phänomen in hochkomplexer Manifestation eben dasselbe Verhalten wieder, das wir auch in unserem ganz einfachen materiellen Eisenbahnsystem beobachten: Die Tendenz zum Erhalt der Systemintegrität durch akausale Korrelation an einen Zufallsprozess. Allerdings konnten wir diesen Prozess bisher nur beobachten, indem wir eine künstliche und sehr enge Koppelung an den Zufallsprozess herstellten (gezielte Abfrage, starke Rückwirkung im Sinne einer ACC11).

Wie Nicolas Benzin als Vorsitzender der Frankfurter Giordano Bruno-Gesellschaft anmerkt (und wie uns dadurch erst bewusst wurde), war Brunos Ansatz keineswegs der einer akausalen Korrelation. Vielmehr war er der Ansicht, dass sich die Selbsterhaltungstendenz aller Dinge aus den sich ausnahmslos streng kausalen Naturgesetzen ergebe. Wir teilen mit ihm aber die Idee, dass es bezüglich des Selbsterhaltungsbestrebens der Dinge der Natur keinen Unterschied zwischen belebter und unbelebter Materie gibt, ja dass diese Unterscheidung selbst fragwürdig ist. Brunos Verständnis der Natur ist zudem unserem in gewissem Sinne um zumindest einen Schritt voraus: Während er die Selbsterhaltungstendenz der Dinge als Substrat der streng gültigen Naturgesetze versteht, die letztlich auf die erste Ursache (Gott) zurückgehen, so haben wir noch wesentliche gedankliche Arbeit zu leisten. Wissen wir doch, dass die Ergebnisse unserer Experimente – gleich ob sie als autonomes Systemverhalten interpretiert werden können oder „nur“ als Beobachtereffekte – sich nicht ohne weiteres in das System der uns bekannten Naturgesetze einordnen lassen. Dieses Dilemma war auch C.G. Jung vollständig bewusst und ist auch der Grund für sein langes Zögern bei der Veröffentlichung der Synchronizitätslehre. 1952 schreibt er in „Synchronizität als ein Prinzip akausaler Zusammenhänge“: „Mit dieser Abhandlung löse ich sozusagen ein Versprechen ein, an dessen Erfüllung ich mich jahrelang nicht gewagt habe. Zu groß schienen mir die Schwierigkeiten des Problems sowohl wie die seiner Darstellung; zu groß die intellektuelle Verantwortung, ohne welche ein derartiger Gegenstand nicht behandelt werden kann; zu ungenügend endlich meine wissenschaftliche Vorbereitung ...“ (Jung 2001, S. 9). In seinem Aufsatz „Der Geist der Psychologie“ hat er die Synchronizität als eine

psychisch bedingte Relativierung von Raum und Zeit beschrieben und gezeigt, dass es wesentlicher Erweiterungen der bekannten Naturgesetze bedarf, um das Phänomen konsistent zu beschreiben (Jung 2001, S. 34). Tatsächlich vertreten wir die These, dass man akausales („synchronizitätsartiges“) Systemverhalten relativ zwanglos einführen kann, indem man psychische Zustände gleichberechtigt zu gewissen physikalischen Größen auf das Raum-Zeit-Gefüge einwirken lässt und die Differentialgleichungen der Newtonschen Mechanik in diesem Sinne erweitert. Dies soll jedoch Thema einer späteren Abhandlung werden. Eine weitere interessante Implikation ergibt sich nach Eckhard Etzold auch im Hinblick auf evolutionstheoretische Betrachtungen, vor allem was die vorbiologische Evolution betrifft. Etzold geht dabei allerdings von Retro-PK-artigen Interaktionen aus, was die offensichtliche Zielgerichtetheit der Entwicklung erklären könnte. Wir glauben aber, dass es dieses „exotischen“ Mechanismus gar nicht bedarf, wenn wir als einen Motor der Evolution unbelebter Systeme eben das von uns postulierte Prinzip des Selbsterhaltungsbestrebens mittels akausaler Korrelationen ansehen. Denn ganz ohne Zutun weiterer Mechanismen würden dann in der Überzahl jene Systeme bevorzugt übrigbleiben und die Basis der zukünftigen Entwicklung bilden, die sich diese Eigenschaft am besten bewahren können. Die anderen werden auf Grund äußerer Einflüsse eher wieder der Destruktion anheimfallen, da ihre Fähigkeit, die Entropie niedrig zu halten, geringer ist als die der konkurrierenden Systeme. Aber welche Zufallsprozesse sind es dann, mit denen die vorbiologischen Systeme in akausaler Korrelation gestanden sein könnten? Unserer Meinung nach könnten diese Prozesse in den die vorbiologischen Systeme umgebenden chaotischen Zonen zu finden sein. Da, wie Etzold richtig bemerkt, nach dem „Augenblick“ des Urknalls nur Chaos war, war auch an Zufallsprozessen jeglicher Art kein Mangel. Allerdings gab es in diesem Stadium noch keine geordneten Systeme. Diese könnten sich infolge von chaotischen Fluktuationen zunächst einzeln gebildet haben. Sobald durch Zufall einmal eine geordnete Konfiguration entstanden war, die zur akausalen Korrelation mit dem sie umgebenden Chaos befähigt war, trat diese Korrelation auch ein und zwar so, dass sich die Beständigkeit jener Systeme gegenüber nicht so befähigten erhöhte. Nach einer bestimmten Zeit, die abzuschätzen wir noch nicht in der Lage sind, könnte das Universum dann aus einer Anzahl solcher ACC-befähigter, zunehmend komplexer unbelebter Systeme bestanden sein.

Dieses Bild des frühen Universums ergibt sich als eine *mögliche* Schlussfolgerung unserer experimentellen Arbeit, wobei betont werden muss, dass noch ein großer Forschungsbedarf bestehen bleibt.

An unserem Institut für Psycho-Physik (IPP) planen wir die Erstellung eines solchen theoretischen vorbiologischen Evolutionsmodells, wobei wir für die funktionalen Abhängigkeiten der ACC, die uns noch weitgehend unbekannt sind, Annahmen treffen werden, um die so erzielten Modellergebnisse mit gesicherten Erkenntnissen zu vergleichen. Dies sollte uns zu einem tieferen Verständnis des Vorgangs der akausalen Korrelation führen.

Literatur

Jung, C.G. (2001): Synchronizität, Akausalität und Okkultismus. dtv, München.