

MATHEMATISCH – PHYSIKALISCHE KORRESPONDENZ

unter Berücksichtigung angrenzender Gebiete

Nr. 212 – Ostern 2003

Liebe Freunde der Mathematisch-Physikalischen Korrespondenz!

Die Frühjahrsnummer bringt wieder sehr verschiedene Themen.

Schon vor längerer Zeit hatten wir einen Aufsatz von G. F. Chew †, der schon vor vierzig Jahren geschrieben wurde, übersetzt, weil er einige interessante Aspekte zum Raumzeit-Kontinuum diskutiert. Die Unschärferelation der Quantenmechanik und die einsteinsche Masse-Energie-Äquivalenz haben ihre Konsequenzen bis in die Grundlagen der relativistischen Physik.

Als zweites wird Renatus Zieglers Aufsatz aus der Nummer 211 fortgesetzt. Ich hoffe immer noch, dass eine Diskussion um die darin besprochenen Fragen entsteht.

In der Nummer 209 brachten wir einen längeren Aufsatz von H.-J. Stoss über Koordinatenbildung. In der Zwischenzeit hat der Autor noch eine kleine Verallgemeinerung ausgearbeitet, die wir diesmal abdrucken.

Aus der Schulpraxis entstand der Aufsatz von Frank Rothe über quadratische Gleichungen bei den Griechen.

Schliesslich haben wir noch einen Aufsatz von Z. Kalva erhalten über einen tschechischen Mathematiker, P. Vopenka. Wir freuen uns natürlich, dass das Einzugsgebiet der Korrespondenz auch Tschechien umfasst.

Mit den herzlichsten Ostergrüssen,

Ihr Peter Gschwind

URSACHENLEHRE, ZUFALL UND NOTWENDIGKEIT

Renatus Ziegler

Fortsetzung aus Nummer 211

Relativ zufällige Eigenschaften: Alle Eigenschaften einer Erscheinung, die nicht auf Eigenschaften des Wesens zurückführbar sind, heissen *akzidentelle* oder *relativ (zum Wesen) zufällige Eigenschaften*.

(2.3) Greift man in der Erkenntnis irgendwelche solche relativ zufälligen Eigenschaften auf, oder genauer, untersucht man Erscheinungskomponenten, welche durch den Inhalt der ideell-notwendigen Ursache nicht erfasst worden sind, so wird man gemäss dem allgemeinen Erkenntnisgesetz im Prinzip auch hier einen sachgemäss ideellen Zusammenhang finden können, das heisst, eine Formursache dieser bisher vernachlässigten Erfahrungskomponenten. Dabei steht man jedoch vor demselben Tatbestand wie vorher: auch die im zweiten und den folgenden Erkenntnisschritten erfassten ideellen Zusammenhänge betreffen nur das Allgemeine und müssen im Erkenntnisurteil durch ausser-ideelle Komponenten individualisiert werden. Damit tritt man wieder in den Bereich der zu *dieser* Formursache relativ zufälligen Eigenschaften ein.

Die Erweiterung der ursprünglichen Erkenntnisintention auf die relativ zufälligen Eigenschaften einer Erscheinung kann also partielle Aufklärung über bisher vernachlässigte Ursachen bringen und damit gewisse relative Zufälligkeiten in die erkenntnismässige Notwendigkeit erheben. Die Gesamtheit der (relativ) zufälligen Eigenschaften lässt sich auf diese Weise jedoch nicht mit *einem* Erkenntnisakt aufklären: durch das Verlassen des ursprünglichen Erkenntnisproblems, dessen Lösung durch die Einsicht in die ideelle (und reelle) Notwendigkeit des Wesens vorliegt, wird ein neues Problem offenbar, das wiederum (im Prinzip) vollkommen gelöst werden kann. Meint man aber, auf diesem Wege *alle* relativen Zufälligkeiten (erkenntnismässig) in *einem* Akt aus der Welt schaffen zu können, handelt man sich durch ein Missverständnis des Erkenntnisgesetzes selbst ein unlösbares Problem ein.

Das Missverständnis besteht darin, zu meinen, das ursprüngliche Erkenntnisproblem sei nicht gelöst, wenn nicht neben den wesentlichen Eigenschaften (das heisst der Formursache) nicht auch *alle* unwesentlichen Eigenschaften auf ihre Ursachen zurückgeführt werden können – *ohne irgendeinen Rest relativ zufälliger Eigenschaften*.

Durch dieses Missverständnis geleitet, ist die Forderung nach einem infiniten Regress von weiteren Erkenntnisakten, bei welchen immer feinere relativ zufällige Eigenschaften (zufällige Schwankungen) untersucht werden sollen, bis kein unerklärter Rest mehr bleibt, unausweichlich. Dabei verliert man einerseits das ursprüngliche Erkenntnis-Problem aus den Augen und schafft andererseits eine prinzipiell nicht endende Kette von Erkenntnisproblemen, da jede Lösung eines Erkenntnisproblems neue relativ zufällige Eigenschaften zutage fördert. Dieser infinite Regress (falls man sich überhaupt auf ihn einlässt) kann dann nur noch durch eine Erkenntnisresignation oder aber einen Willkürakt abgebrochen werden: durch das Postulat *absolut zufälliger Eigenschaften*, also Eigenschaften von Ereignissen, die grundsätzlich kein ursächliches Verhältnis zu anderen Ereignissen oder Tatsachen haben. Dies läuft auf eine grundsätzliche Leugnung ideeller und reeller Ursachen für bestimmte Erfahrungsinhalte hinaus und damit auf einen Widerspruch zur Erkenntnislehre und zur Ursachenlehre (Abschnitt 1).

Das Postulat absolut zufälliger Eigenschaften ist somit eine unausweichliche Konsequenz (1) aus der Beschränkung auf die Untersuchung des ursächlichen Zusammenhangs physischer Tatsachen sowie (2) des Anspruchs, eine in sich abgeschlossene, lückenlose und vollständige Erklärung der Welterscheinungen (Ereignisse) liefern zu können.

Beispiel: Dies ist meines Erachtens der weltanschauliche Hintergrund, der die bis heute vorherrschende Kopenhagener *Interpretation* des Formalismus der Quantenmechanik zur Folge hat. Lässt man sich auf diese eingeschränkte Sicht ein, so muss einerseits der genaue Geltungsbereich der Quantenmechanik abgesteckt werden sowie andererseits eine sachgemässe Interpretation des erfolgreichen mathematischen Formalismus gefunden werden (siehe dazu auch den nächsten Abschnitt 3).

Die Bedingungen (1) und (2) sind für sich genommen in ihrem jeweiligen sachgemässen Umfeld unproblematisch: (1) ist sinnvoll im Rahmen eines bestimmten Naturbereiches, der anorganischen Natur und (2) gilt bei vorurteilsfreier Vorgehensweise für die allgemeine Form des Erkennens.

Auf den genannten Regress braucht man sich jedoch nicht einzulassen: Ein sich selbst verstehendes Erkennen weiss um seine Gesetzmässigkeit und wird nichts fordern können, was mit dieser nicht vereinbar ist. Diese Einsicht hat nichts mit dem Aufstellen irgendwelcher Erkenntnisgrenzen zu tun: weder mit subjektiven noch mit objektiven Grenzen. Jede konkret vorliegende Erscheinung, jedes Aggregat von Wahrnehmungen kann prinzipiell in seinen ideellen, reellen und materialen

Ursachen durchschaut werden – ohne irgendeine Einschränkung. Dieser Akt führt (idealerweise) zu einer Einsicht in die (ideellen und reellen) Prinzipien der Wahrnehmungsinhalte als geordnete Inhalte. Damit ist der Erkenntnisakt abgeschlossen. Die weitere Untersuchung der jeweiligen, als Gesamtheit, geordneten Einzelinhalte oder der Teile auf *deren* eigene, *interne* Ordnung oder hinsichtlich ihres Zusammenhangs mit Wahrnehmungen, die für den ursprünglichen Erkenntnis-Zusammenhang keine unmittelbare Bedeutung haben, hat mit diesem ursprünglichen Erkenntnisproblem nichts mehr gemein: es wird ein neues Problem aufgestellt, das auch neu angegangen werden muss.

Beispiel: Das Problem der Kreidequalität ist eine relativ zufällige Eigenschaft bei einem ursprünglich als Kreis erkannten, auf eine Tafel gemalten Gebilde und muss in einer eigenen, über das ursprüngliche Erkenntnisproblem hinaus gehenden, Untersuchung näher bestimmt werden.

3. Chaos und Kosmos, subjektiver Zufall und subjektives Chaos

(3.1) Die Wesensgemässheit einer Erscheinung hängt vom Verhältnis des Wesens zum Medium ab. Mit *Wesensgemässheit* ist hier gemeint, wie gut, wie dem Wesen gemäss die Erscheinung gestaltet ist. Dies hängt einerseits von der gestaltenden (wirkfähigen) Potenz des Wesens sowie andererseits von der gestaltbaren (leidensfähigen) Potenz, das heisst der Qualität und der Quantität des Mediums ab. Ersteres ist eine Frage der Wirksamkeit, der Fähigkeiten und der Erfahrungen des Wesens. Letzteres hängt davon ab, welche anderen Ursachen im Medium wirksam präsent sind oder einmal wirksam gewesen sind.

Mit *Kosmos* kann die Einheit aller Erscheinungen, das heisst Wirkungen gegenwärtiger oder vergangener ideell-, material- und reell-notwendiger Ursachen, bezeichnet werden – entweder global (totaler Kosmos) oder lokal in einem bestimmten Medium (spezieller Kosmos). Tritt ein Wesen in einem bestimmten Medium in Erscheinung, so wird das bisher gewordene, der spezielle Kosmos, neu geordnet, mit relativ zum Vorangehenden neuen Prinzipien bearbeitet. Die Wesensgemässheit dieser Bearbeitung hängt davon ab, inwieweit das Medium sich in eine neue Ordnung bringen lässt, das heisst, inwiefern sich keine anderen (vergangene oder gegenwärtige) Ursachen verhindernd oder störend und nicht nur modifizierend bemerkbar machen.

Chaos ist ein spezifischer Daseinsbereich oder ein Teilbereich eines solchen, der

für ein bestimmtes Wesen so zur Verfügung steht, dass dieses sich gemäss seinen eigenen Gestaltungsprinzipien wesensgemäss verwirklichen kann. Ein Daseinsbereich oder ein Teil desselben ist also nur *relativ* zu einem bestimmten Wesen ein Chaos. Der Begriff des Chaos macht ohne einen solchen Bezug keinen Sinn: *Es gibt kein absolutes oder globales Chaos*. Jeder derart chaotische Daseinsbereich ist zugleich ein spezieller Kosmos und damit ein geordnetes Gebilde, jedoch relativ zu einer neuen, unmittelbar bevorstehenden Wesenseinwirkung noch unbestimmt, ungestaltet, eben chaotisch.

Chaos und Kosmos: *Kosmos* ist die Einheit aller Erscheinungen, das heisst aller Wirkungen gegenwärtiger oder vergangener ideell-, material- und reell-notwendiger Ursachen. *Chaos* ist ein Daseinsbereich, der für ein bestimmtes Wesen als Medium zur wesensgemässen Erscheinung zur Verfügung steht.

Sobald ein Wesen zur Erscheinung gekommen ist, ist es zusammen mit seinem Medium selbst ein Teil des Kosmos geworden. Jedes Chaos ist das Ergebnis vergangener und/oder gegenwärtiger Ursachen, ist eine Komposition determinierter Ereignisse. Also gibt es nur ein determiniertes Chaos, kein «absolutes» Chaos.

Gesetz von Chaos und Kosmos: *Aus Chaos entsteht Kosmos und aus Kosmos entsteht Chaos*.

(3.2) Der chaotische Zustand eines Daseinsbereiches relativ zu einem in diesem als Medium erscheinenden Wesen ist eine graduelle, keine prinzipielle Eigenschaft: Jeder Daseinsbereich ist mehr oder weniger chaotisch, der Grad des Chaos ist ebenfalls nicht absolut feststellbar, sondern nur in Beziehung auf ein sich verwirklichendes Wesen.

Damit ein Daseinsbereich die Funktion des Mediums einer Erscheinung eines sich verwirklichenden Wesens übernehmen kann, muss er bezüglich dieses Wesens bereits in einem chaotischen Zustand sein oder in einen solchen übergeführt werden. Chaos ist somit eine wesentliche Vorbedingung der Entstehung von etwas Neuem, von neuen Entwicklungsimpulsen, neuen Erscheinungen.

Beispiel: Ton kann als Medium des Vasengesetzes dienen, falls er die richtige Konsistenz, die richtige Feuchtigkeit und Festigkeit, hat. Möchte man angetrocknete Bruchstücke früherer Gestaltungsversuche mit Ton wiederverwerten, so muss dieses Material erst vorbereitet, «chaotisiert», werden: Es muss mit Wasser angemessen über längere Zeit aufgeweicht und dann durchgeknetet werden.

Der Vorgang der Chaotisierung eines Daseinsbereiches oder eines Teilbereiches eines solchen dient der Vorbereitung dieses Bereiches als Medium einer wesens-

gemässen Erscheinung. Er ist, wie das resultierende Chaos selbst, ein auf dieses Wesen hing gerichteter Prozess und macht unabhängig von diesem keinen Sinn.

Beispiel: Das Entwicklungsstadium der Verpuppung einer Raupe bei einem Schmetterling ist relativ zur späteren Erscheinung der Imago (eigentliches Schmetterlingsstadium) eine Chaotisierung. Die entsprechende organische Substanz ist nur relativ zur erscheinenden Imago chaotisch, für sich selbst genommen ist sie ein hoch organisierter Komplex verschiedenster Inhaltsstoffe.

Es lässt sich nicht im Allgemeinen festlegen, auf welche Weise ein Daseinsbereich chaotisiert werden kann, da dies gemäss obiger Bestimmungen wesentlich von der Eigenart des Daseinsbereiches selbst sowie dessen Relation zu dem zur Erscheinung drängenden Wesen abhängt. Eine Chaotisierung ist demzufolge ein Wesens- und Medium-spezifischer Prozess. Er soll dazu führen, dass die relativ zufälligen Eigenschaften der Erscheinung dieses Wesens keine prominente Rolle spielen und somit die Erscheinung, unter der Voraussetzung geeigneter Fähigkeiten des Wesens, wesensgemäss werden kann. Der für eine solche Erscheinung notwendige Grad der Chaotisierung hängt auch von diesen Fähigkeiten des Wesens ab: Im Hervorbringen von Erscheinungen in verschiedenen Medien erfahrene Wesen sind eher in der Lage, ein für andere Wesen ungeeignetes Medium für ihre eigene Erscheinung zu verwenden.

Beispiel: Welche Art von Stein oder Holz ein Bildhauer oder allgemeiner, welche Art von Material eine Künstlerin für ihre Werke fruchtbar verwenden kann, hängt wesentlich von deren Fähigkeiten im Umgang mit diesen Materialien ab. Was der einen Künstlerin möglich ist, zum Beispiel die Bearbeitung von Granit, kann eine andere nicht und umgekehrt.

(3.3) Gibt man sich Rechenschaft über die Natur des Erkennens in der Form des Erkenntnisgesetzes, so erweisen sich die durch das sich entwickelnde Subjekt bedingten einseitigen oder beschränkten Erscheinungsweisen dieses Gesetzes im individuellen Erkenntnisakt als prinzipiell überwindbar. Einem naiven, das heisst seiner eigenen Gesetzmässigkeit gegenüber nicht aufgeklärten Erkenntnisbewusstsein erscheinen diese Beschränkungen als absolute, unüberwindbare Grenzen.

Dem individuellen Bewusstsein sind sowohl bezüglich des Inhalts wie bezüglich der Form (subjektive) Grenzen gesetzt, im Folgenden *subjektive Erkenntnisgrenzen* genannt. Das erstere ist eine in der Natur des Menschen begründete wohlbekanntete Tatsache: Jeder erfahrene Inhalt, sei es im Wahrnehmen oder im Denken, repräsentiert einen Ausschnitt aus der erfahrbaren Welt. Dies hat zur Folge, dass manche Ereignisse «übersehen» werden und damit in ihrer Verursachung oder in ihren Fol-

gen nicht umfassend erkannt werden.

Das zweite, die Begrenzung in der Form des Erfahrens, bezieht sich auf die Tatsache, dass im gewöhnlichen, an die sinnliche Erfahrung gebundenen Bewusstsein ausserhalb der Erfahrung der eigenen Denktätigkeit keine unmittelbare Erfahrung der Wirksamkeit eines Wesens stattfindet. Letzteres hat zur Folge, dass im Rahmen der Naturerkenntnis im Allgemeinen keine Erfahrung einer effektiven Verursachung vorliegt. Von einer wirkenden Ursache ist zunächst nur ihre Formseite (im Prinzip) zugänglich, das heisst bloss die ideelle Notwendigkeit, nicht aber die reelle Notwendigkeit einer Erscheinung.

Ist man sich dieser entwicklungsbedingten Beschränkungen bewusst, wird man daraus keine weitreichenden Schlüsse über das Vermögen bzw. das Unvermögen menschlicher Erkenntnisbemühungen ziehen. Meistens bleibt es jedoch weder bei der naiven Erkenntnishaltung, noch kommt es zu einer bis auf den Grund gehenden Aufklärung des allgemeinen Erkenntnisgesetzes. Deshalb wird oftmals eine mehr oder weniger willkürliche inhaltliche Beschränkung sowohl der Wahrnehmungssphäre wie der Denksphäre gefordert.

(3.4) Die Konsequenzen der gegenwärtig üblichen Erkenntnis-Beschränkungen sind leicht anzugeben. Zum einen wird davon ausgegangen, dass als wissenschaftlich akzeptierbare Erfahrungen nur sinnliche Erfahrungen, unter Ausschluss aller übrigen Erfahrungen (wie z.B. auch der Gefühle und des Denkens), in Frage kommen. Zum anderen werden als wissenschaftlich zugelassene Denkinhalte meist nur mathematische oder zumindest mathematisierbare Gedankenformen (deterministische oder stochastische mathematische Modelle) zugelassen. Was diese Einschränkungen im Allgemeinen sowie im Einzelnen tatsächlich bedeuten, wird meist weder hinreichend geklärt, noch befriedigend begründet. Dies muss hier auch nicht weiter untersucht werden, da es im gegebenen Zusammenhang vor allem darauf ankommt, dass bezüglich des Erfahrungshorizontes überhaupt gewisse Einschränkungen gemacht oder Grenzen gesetzt werden.

Die genannten subjektiven Erkenntnisgrenzen haben zur Folge, dass bezüglich des vorhandenen, durch irgendwelche wirksamen Wesen (insbesondere Mitmenschen) geschöpften Weltinhalts weder der volle Umfang des Erschienenen noch die wirkende und formale Verursachung offenbar sind. Das Erlebnis von gegebenem, vorgefundenem, kurz geschöpftem Weltinhalt ohne unmittelbare erlebnisgesättigte Einsicht in die bei seiner Schöpfung wirksam gestaltenden Prinzipien ist die Erfahrungsgrundlage zur Begriffsbildung des *subjektiven Zufalls*. Als subjektiv zufällig im weitesten Sinne könnte alles dasjenige bestimmt werden, was ohne Zutun des

individuellen Bewusstseins in demselben auftritt, eben diesem Bewusstsein «zufällt». Im engeren Sinne, so wie der Terminus hier gebraucht werden wird, sollen alle diejenigen Ereignisse *subjektiv zufällig* genannt werden, zu denen das denkende Individuum gemäss Selbsteinschätzung keinen erkenntnismässigen Zugang finden kann. Dabei sind zwei hauptsächliche Fälle zu unterscheiden: Entweder ist die reelle Notwendigkeit (effektive Ursache) nicht erlebbar oder die ideelle Notwendigkeit (formale Ursache, Gesetzmässigkeit) nicht zugänglich. Das erstere ist die subjektive Seite des objektiven Zufalls (Abschnitt 2).

Subjektiver Zufall: Ereignisse heissen für ein erkennendes Subjekt *subjektiv reell zufällig* oder *subjektiv ideell zufällig*, wenn diesem die reelle bzw. die ideelle Notwendigkeit dieser Ereignisse nicht erlebbar und damit nicht erkennbar ist.

Daraus folgt, dass für subjektiv zufällige Ereignisse dem eine Erkenntnis intendierenden Subjekt entwicklungsbedingt oder durch explizite Einschränkung die Einheit der Erfahrung des Ereignisses mit der reellen, ideellen sowie der materialen Notwendigkeit nicht erlebbar und damit nicht erkennbar ist.

Die explizite Beschränkung des menschlichen Erkenntnisvermögens durch bewusste Setzung von (subjektiven) Erkenntnisgrenzen ist nicht neutral gegenüber den Erkenntnisergebnissen, sondern hat gravierende Folgen. Zunächst müssen aufgrund dieser Voraussetzungen früher oder später gewisse Ereignisse oder Ereigniskomplexe als «*absolut*» (*subjektiv*) *zufällig* postuliert werden, falls man nicht gewillt ist, den Erkenntnishorizont (inhaltlich oder formell) zu erweitern.

(3.5) Vom oben im Abschnitt 2 charakterisierten *Chaos* muss demzufolge ein *subjektives Chaos* unterschieden werden. Gemäss den beiden Formen des subjektiven Zufalls, dem subjektiv reellen und dem subjektiv ideellen Zufall, müssen zwei Formen des Chaos unterschieden werden, ein subjektiv reelles Chaos und ein subjektiv ideelles Chaos.

Subjektives Chaos: Das *subjektiv reelle Chaos* beinhaltet diejenigen Ereignisse, für welche dem erkennenden Subjekt die reellen Notwendigkeiten nicht zugänglich sind und umfasst damit den Gesamtbereich der subjektiv reell zufälligen Ereignisse. Das *subjektiv ideelle Chaos* beinhaltet diejenigen Ereignisse, für welche dem erkennenden Subjekt die ideellen Notwendigkeiten nicht zugänglich sind und umfasst damit den Gesamtbereich der subjektiv ideell zufälligen Ereignisse.

Vom oben charakterisierten Gesichtspunkt des Erkenntnishorizontes aus ergibt sich zusammenfassend Folgendes. Jede bewusste oder naive Einschränkung des Erkenntnishorizontes (entweder durch Ausblendung oder Ignorierung gewisser Erfah-

rungsarten und/oder -inhalten oder durch eingeschränkte Begriffsbildung) schliesst gewisse Ursachen (wirksame Wesen) aus dem Betrachtungsfeld aus. Deren natürlich trotzdem vorhandene Wirkungen werden dann entweder fälschlicherweise anderen Ursachen zugesprochen oder bleiben als subjektiv reell oder ideell zufällige Ereignisse ungeklärt. Je enger das Blickfeld wird, je mehr subjektiv zufällige Ereignisse tauchen vermöge der Ausblendung von möglichen Ursachen auf, je subjektiv chaotischer, ungeordneter erscheint die Welt. Treibt man dies bis zum Extrem, so bleibt am Ende nur noch ein «weisses Hintergrundsrauschen» übrig, ein aller *erkennbaren* Struktur bares Chaos, ein Geschehen mit vorwiegend subjektiv zufälligen Ereignissen.

Beispiele: (1) Die sogenannte empfindliche Abhängigkeit gewisser deterministischer Vorgänge, zum Beispiel des mechanischen Bewegungsablaufes eines Doppelpendels, von den Anfangsbedingungen, ist eine Konsequenz eines bewusst eingeschränkten Erkenntnisblicks: es werden aus praktischen (mess- und rechentechnischen) Gründen weder die genauen Anfangsbedingungen in Betracht gezogen, noch die den Lauf der Bewegung mitbestimmenden relativ zufälligen Ereignisse (wie zum Beispiel Staubablagerungen, Luftturbulenzen, minimale Temperatur- und Druckschwankungen, leichte Verschmutzung der Lager, etc.). Man spricht in der modernen Chaostheorie von diesem subjektiv reellen Chaos konsequenterweise von einem *deterministischen Chaos*. – (2) Ähnlich verhält es sich mit den Glücksspielen Roulette, Würfeln, Münzwurf oder Kartenspiel. Die Komplexität und Empfindlichkeit des Bewegungsablaufes verwischt nach relativ kurzer Zeit die eventuell systematische Verschiedenheit der jeweiligen Anfangsbedingungen der Bewegung (Anstoss, Wurf oder Mischung) und lässt so das konkrete Ergebnis des an sich deterministischen Bewegungsablaufes in guter Näherung als ein Ereignis mit relativ zufälligen Eigenschaften erscheinen. – (3) Die konkret feststellbaren Zeitpunkte von diskreten Ereignissen des radioaktiven Zerfalls erscheinen dem auf sinnliche Erfahrungen in Messinstrumenten (wie Zeigerausschläge, Leuchten von Lampen, etc.) oder Online-Datenaufzeichnungsgeräten (alphanumerische Zeichenfolgen) eingeschränkten Blick als subjektiv (reell und ideell) zufällige Ereignisse und/oder relativ zufällige Eigenschaften radioaktiver Materialien. Daraus kann jedoch nicht der Schluss gezogen werden, dass es sich um «absolut» zufällige Prozesse handelt, sondern nur, dass diese Prozesse unter den gegebenen Erkenntnisbedingungen subjektiv zufällig sind.

Jede Erkenntnisbemühung, der eine implizite oder explizite Einschränkung des Erkenntnishorizontes zugrunde liegt, *muss* demzufolge früher oder später die Existenz von «absolut» zufälligen (d.h. genauer: relativ zu diesem Horizont zufälligen)

Ereignissen akzeptieren und zum notwendigen Bestandteil ihrer Theoriebildung machen.

Beispiel: Die Theoriebildung und die daraus abgeleiteten oder dadurch interpretierten Experimentalanordnungen der Quantenmechanik und ihrer Variationen und Erweiterungen beruhen auf der Annahme, dass die naturwissenschaftlich sachgemässen Erfahrungen (1) sinnlicher Natur und (2) messbar sind, sich also in Zahlen (mit kontinuierlicher oder diskreter Skala) ausdrücken lassen. Damit wird eine weitreichende Beschränkung des Erkenntnishorizontes in Kauf genommen. – Hier liegt meines Erachtens der tiefere Grund für die nicht abbrechende Debatte über die Rolle des Zufalls sowie der Möglichkeit bzw. Unmöglichkeit einer deterministischen Theorie der verborgenen Parameter in der Quantenmechanik. Denn zum einen ist *jede* uneingeschränkt deterministische Interpretation einer Theorie, das heisst jede Interpretation einer Theorie, die auf dem *Postulat des totalen Determinismus* (I 10.5) beruht, prinzipiell zum Scheitern verurteilt. Denn bereits der individuelle reine Denkkakt eines Menschen widerlegt dieses Postulat (siehe Abschnitt 1). Zum andern wird jede Interpretation einer Theorie, die sich bestimmten Beschränkungen des Wahrnehmens und Denkens unterwirft und zugleich den Anspruch einer allumfassenden Weltanschauung aufrecht erhält, aus sachgemässer Notwendigkeit früher oder später mit gewissen Phänomenen in Widerspruch geraten oder «absolut» zufällige, das heisst nicht reduzierbar zufällige Ereignisse postulieren müssen.

Man kann diese Überlegungen auch umkehren: Wenn man in einem Wissenschaftsgebiet sich genötigt sieht, Zufallsprozesse als grundsätzlich nicht eliminierbare Teile der Theoriebildung und der Interpretation zu etablieren, so ist diese Wissenschaft prinzipiell unvollständig und hat einen eingeschränkten Erkenntnishorizont.

Die positive Wendung dieser Konsequenz ist die sachlich begründete Notwendigkeit zu einer Erweiterung des subjektiven Erkenntnishorizontes.

Beispiel: In der *Evolutionsbiologie* auf neodarwinistischer Grundlage wird die (subjektiv reelle) Zufälligkeit der Genmutationen von einer Generation zur anderen letztlich als einzige Quelle, als unausweichliche «Erklärung» für wesentliche Neubildungen organismischer Gestalten zugelassen. Auch hier spielt die Beschränkung auf sinnliche Erfahrungen als notwendige und hinreichende Erscheinungsbedingungen eine entscheidende Rolle. Falls man dies einsieht, ist der Weg für eine erweiterte Naturauffassung geebnet.