

Zufall und Bestimmtheit in der Physik

Naturwissenschaftlich-Humanistischer Tag am BG 19
Weltbild und Wissenschaft

<http://tph.tuwien.ac.at/~svozil/publ/2005-BG18-pres.pdf>

Karl Svozil

Institut für Theoretische Physik, University of Technology Vienna,
Wiedner Hauptstraße 8-10/136, A-1040 Vienna, Austria
svozil@tuwien.ac.at

Disclaimer: Die hier vertretenen Meinungen des Autors verstehen sich als Diskussionsbeiträge und decken sich nicht notwendigerweise mit den Positionen der Technischen Universität Wien oder deren Vertreter.

22. 2. 2005



Haltung zur Physik...einerseits

- ▶ Niemand sollte durch Physik(unterricht) Schaden erleiden;)

Haltung zur Physik...einerseits

- ▶ Niemand sollte durch Physik(unterricht) Schaden erleiden;)
- ▶ Provokante Fragen: Wozu Physik-Zertifizierungen (Benotungen) breiter Bildungsschichten? Wieviel Physik können "erfolgreiche" Erwachsene, zB. Vorstandsmitglieder und Aufsichtsräte großer Unternehmen, Professoren geisteswissenschaftlicher Fächer, Handwerksmeister, Juristen, Politiker, Großbauern usw. wirklich ("neue" OECD-Pisa-Studie zu Erwachsenenwissen)? Ist es möglich, Erfolg zu haben ohne physikalisches Grundwissen?

Haltung zur Physik...andererseits

- ▶ Es wäre besser, statt Zertifizierungsdruck & Drohungen die Neugierde zu erwecken.

Haltung zur Physik...andererseits

- ▶ Es wäre besser, statt Zertifizierungsdruck & Drohungen die Neugierde zu erwecken.
- ▶ Eine ablehnende Haltung der Physik gegenüber erscheint defätistisch angesichts der gewaltigen Wettbewerbs- und der persönlichen (z.B. medizinischen & technologischen) Vorteile, welche wir durch ihre Anwendung beziehen.

Haltung zur Physik...andererseits

- ▶ Es wäre besser, statt Zertifizierungsdruck & Drohungen die Neugierde zu erwecken.
- ▶ Eine ablehnende Haltung der Physik gegenüber erscheint defätistisch angesichts der gewaltigen Wettbewerbs- und der persönlichen (z.B. medizinischen & technologischen) Vorteile, welche wir durch ihre Anwendung beziehen.
- ▶ Dan Brown (Verfasser von "The Da Vinci Code" in New Hampshire/Capitol Center for the Arts on Tuesday, May 18, 2004): "What I finally come to accept: science & religion are partners. They are simply two different languages attempting to tell the same story. Both are manifestations of man's quest to understand the divine."

Subjektive Innenansicht

- ▶ Internationalisierung: Englisch als *lingua franca*.

Subjektive Innenansicht

- ▶ Internationalisierung: Englisch als *lingua franca*.
- ▶ “The winner takes it all” — Robert K. Merton
“Matthäus-Prinzip” der Aufmerksamkeitsökonomie.

“Denn wer da hat, dem wird gegeben, daß er die Fülle habe; wer aber nicht hat, dem wird auch das genommen, was er hat. (Mt 13,12)”,

“Denn wer da hat, dem wird gegeben werden, und er wird die Fülle haben; wer aber nicht hat, dem wird auch, was er hat, genommen werden. (Mt 25,29)”,

“Ich sage euch aber: Wer da hat, dem wird gegeben werden; von dem aber, der nicht hat, wird auch das genommen werden, was er hat. (Lk 19,26)”,

“Denn wer da hat, dem wird gegeben; und wer nicht hat, dem wird man auch das nehmen, was er hat. (Mk 4,25)”

Subjektive Innenansicht cntd.

- ▶ Extreme Konkurrenz unter Jungwissenschaftlern

Subjektive Innenansicht cntd.

- ▶ Extreme Konkurrenz unter Jungwissenschaftlern
- ▶ Extreme Innovationsorientiertheit

Subjektive Innenansicht cntd.

- ▶ Extreme Konkurrenz unter Jungwissenschaftlern
- ▶ Extreme Innovationsorientiertheit
- ▶ Hohe Selbstständigkeit für manche, grosse Abhängigkeiten für andere ...

Subjektive Innenansicht cntd.

- ▶ Extreme Konkurrenz unter Jungwissenschaftlern
- ▶ Extreme Innovationsorientiertheit
- ▶ Hohe Selbstständigkeit für manche, grosse Abhängigkeiten für andere ...
- ▶ Zertifizierungsdruck und zunehmende Verbürokratisierung durch "Performance Indicators", motiviert durch "objektive" Vergabekriterien von (Steuer)mittel ...

“Griechische Aufklärung”

Buchtip

Schrödinger, Die Natur und die Griechen

Aufklärung-Französische Revolution-vor WWI

- ▶ The vision of a clockwork universe is probably best characterized by the (probably apocryphal) story, that when Laplace was asked by Napoleon how God fitted into his secular system of *Mécanique Céleste*, he replied, **"I have no need for that hypothesis."**

[[Btw, in his memoirs written on St. Hélène, Napoleon states that he removed Laplace from office as Minister of the Interior after only six weeks *"because he brought the spirit of the infinitely small into the government."*]]

Aufklärung-Französische Revolution-vor WWI

- ▶ The vision of a clockwork universe is probably best characterized by the (probably apocryphal) story, that when Laplace was asked by Napoleon how God fitted into his secular system of *Mécanique Céleste*, he replied, **"I have no need for that hypothesis."**

[[Btw, in his memoirs written on St. Hélène, Napoleon states that he removed Laplace from office as Minister of the Interior after only six weeks *"because he brought the spirit of the infinitely small into the government."*]]

- ▶ 1874 erkundigt sich der Abiturient des Max-Gymnasiums in München Max Planck beim Physik-Professor von Jolly nach den Studienaussichten im Fach Physik. Der Professor riet ab, da in der Physik fast schon alles erforscht sei. Es gelte nur noch einige Lücken zu schließen und einige Naturkonstanten etwas genauer zu bestimmen.

Problem der Gerichtetheit der Zeit

Frage: Wenn alle mikrophysikalischen Gesetze reversibel sind (in Form von eineindeutigen, bijektiven Funktionen dargestellt werden können), wie kommt dann die zeitliche Gerichtetheit zustande? Ist etwa das Naturgeschehen nur die Permutation eines immer gleichen Inhalts in verschieden codierter Form?

Chaostheorie

- ▶ Bestimmte physikalische Systeme haben die Eigenschaft, dass eine lineare Verbesserung der Kenntnis des Anfangszustandes nur eine logarithmische Verbesserung der Prognostik bedeutet.

Chaostheorie

- ▶ Bestimmte physikalische Systeme haben die Eigenschaft, dass eine lineare Verbesserung der Kenntnis des Anfangszustandes nur eine logarithmische Verbesserung der Prognostik bedeutet.
- ▶ Anders ausgedrückt: “kleine” (lineare, polynomische) Veränderungen des Anfangszustandes bewirken “riesige” (zeitlich exponentiel steigende) Änderungen im Endzustand: “butterfly effect.”

Chaostheorie ctd.

- ▶ “Kontinuumsurne”: “fast alle” (vom Lebesgue-Maß 1) Elemente des reellen Kontinuums sind zufällige Zahlen, dh. algorithmisch inkompressibel.

Chaostheorie ctd.

- ▶ “Kontinuumsurne”: “fast alle” (vom Lebesgue-Maß 1) Elemente des reellen Kontinuums sind zufällige Zahlen, dh. algorithmisch inkompressibel.
- ▶ Zufälligkeit und Unberechenbarkeit kommt daher von der absoluten Zufälligkeit des Anfangswertes x_0 , welcher durch eine geeignete Funktion, zB. $x_{n+1} = \alpha x_n(1 - x_n)$ mit $3.57 < \alpha \leq 4$ “erschlossen” wird.

Chaostheorie ctd.

- ▶ “Kontinuumsurne”: “fast alle” (vom Lebesgue-Maß 1) Elemente des reellen Kontinuums sind zufällige Zahlen, dh. algorithmisch inkompressibel.
- ▶ Zufälligkeit und Unberechenbarkeit kommt daher von der absoluten Zufälligkeit des Anfangswertes x_0 , welcher durch eine geeignete Funktion, zB. $x_{n+1} = \alpha x_n(1 - x_n)$ mit $3.57 < \alpha \leq 4$ “erschlossen” wird.
- ▶ Frage: Macht es überhaupt Sinn, nichtkonstruktive Kontinua in der Natur zu postulieren? Operationell sind diese nicht nachweisbar!

Gödel'sche Unentscheidbarkeit

Heuristisch gesprochen ist kein endliches formales deterministisches System in der Lage, alle wahren Sätze (zB. über sich selbst) abzuleiten.

Komplementarität

Heuristisch gesprochen gibt es quantenmechanische Messgrößen, die nicht gleichzeitig mit beliebiger Genauigkeit gemessen werden können.

Beispiel: Aufenthaltsort/Geschwindigkeit, oder Drehimpulskomponenten in verschiedenen Richtungen.

Zufälligkeit von Einzelereignissen

Heuristisch gesprochen gibt es quantenmechanische Ereignisse, welche absolut zufällig passieren.
Beispiel: Zerfall bestimmter instabiler Zustände (Kernspaltung).

Wellenfunktion als Katalog von Erwartungswerten

Gleichzeitige formale Darstellung von einander klassisch widersprechenden Eigenschaften. Beispiel: "Gleichzeitiger Durchgang" eines Einzelteilchens durch zwei räumlich getrennte Spalten. "Schrödinger's Katze"



Kann man alles wissen? Auch was nicht passiert ist?

Unmöglichkeit der gleichzeitigen Existenz aller klassischen Observablen.

Beispiel: Kochen-Specker Theorem. Alte scholastische Fragestellung der “Infuturabilien”.

Es scheint fast so, als ob Ängste das Weltbild bestimmen:

- ▶ Angst vor Determinismus: Das Individuum gefangen in einem unentrinnbaren “Blockuniversum” ohne freien Willen, Erlösung und ohne Würde (freier Wille ist bloß subjektiv empfunden; idealistisches Konzept).

Es scheint fast so, als ob Ängste das Weltbild bestimmen:

- ▶ Angst vor Determinismus: Das Individuum gefangen in einem unentrinnbaren “Blockuniversum” ohne freien Willen, Erlösung und ohne Würde (freier Wille ist bloß subjektiv empfunden; idealistisches Konzept).
- ▶ Angst vor Indeterminismus: Das Individuum ausgeliefert der schicksalhaften Zufälligkeit in einem Universum, welches sinnleer erscheint, ohne Möglichkeit der Steuerbarkeit, Erlösung und Würde.

Es scheint fast so, als ob Ängste das Weltbild bestimmen:

- ▶ Angst vor Determinismus: Das Individuum gefangen in einem unentrinnbaren “Blockuniversum” ohne freien Willen, Erlösung und ohne Würde (freier Wille ist bloß subjektiv empfunden; idealistisches Konzept).
- ▶ Angst vor Indeterminismus: Das Individuum ausgeliefert der schicksalhaften Zufälligkeit in einem Universum, welches sinnleer erscheint, ohne Möglichkeit der Steuerbarkeit, Erlösung und Würde.
- ▶ Beide Ängste existentiell (A. Camus, Der Mythos des Sisyphos).

Es scheint fast so, als ob Ängste das Weltbild bestimmen:

- ▶ Angst vor Determinismus: Das Individuum gefangen in einem unentrinnbaren “Blockuniversum” ohne freien Willen, Erlösung und ohne Würde (freier Wille ist bloß subjektiv empfunden; idealistisches Konzept).
- ▶ Angst vor Indeterminismus: Das Individuum ausgeliefert der schicksalhaften Zufälligkeit in einem Universum, welches sinnleer erscheint, ohne Möglichkeit der Steuerbarkeit, Erlösung und Würde.
- ▶ Beide Ängste existentiell (A. Camus, Der Mythos des Sisyphos).
- ▶ Lösung? Verdrängung, Bewusstmachung unserer Ignoranz, Glaube, ...

Literatur

Richard P. Feynman, “Vom Wesen physikalischer Gesetze”,
Karl Svozil, “Das Wasser fließt zum Mond - Alexander entdeckt die
Geheimnisse der Physik”