

Können Elektronen denken?

Detlef Dürr

Mathematisches Institut
LMU München

Magliaso 2018

Erwin Schrödinger aus seinem Vortrag: Can Electrons think?

To think that electrons can think is absurd!

Der freie Wille

Der freie Wille

- Was immer der freie Wille ist, er hat zunächst, falls existent, keinen Platz in der bis heute entwickelten Physik, sei sie deterministisch im Laplaceschen Sinne oder verweichtlicht durch eine intrinsisch zufällige Physik im Sinne von Kollapstheorie → [GRW-Theorie](#). Der freie Wille steht im Gegensatz zu den bisher formulierten Naturgesetzen im Sinne einer gegebenen Ordnung.

Der freie Wille

- Was immer der freie Wille ist, er hat zunächst, falls existent, keinen Platz in der bis heute entwickelten Physik, sei sie deterministisch im Laplaceschen Sinne oder verweicht durch eine intrinsisch zufällige Physik im Sinne von Kollapstheorie → [GRW-Theorie](#). Der freie Wille steht im Gegensatz zu den bisher formulierten Naturgesetzen im Sinne einer gegebenen Ordnung.
- Der freie Wille ist dennoch Teil der Argumentation in der Physik

Der freie Wille

- Was immer der freie Wille ist, er hat zunächst, falls existent, keinen Platz in der bis heute entwickelten Physik, sei sie deterministisch im Laplaceschen Sinne oder verweicht durch eine intrinsisch zufällige Physik im Sinne von Kollapstheorie → [GRW-Theorie](#). Der freie Wille steht im Gegensatz zu den bisher formulierten Naturgesetzen im Sinne einer gegebenen Ordnung.
- Der freie Wille ist dennoch Teil der Argumentation in der Physik
- Als Beispiel besprechen wir die Bellsche Ungleichung

Der freie Wille

- Was immer der freie Wille ist, er hat zunächst, falls existent, keinen Platz in der bis heute entwickelten Physik, sei sie deterministisch im Laplaceschen Sinne oder verweicht durch eine intrinsisch zufällige Physik im Sinne von Kollapstheorie → [GRW-Theorie](#). Der freie Wille steht im Gegensatz zu den bisher formulierten Naturgesetzen im Sinne einer gegebenen Ordnung.
- Der freie Wille ist dennoch Teil der Argumentation in der Physik
- Als Beispiel besprechen wir die Bellsche Ungleichung
- Zum Ende Rückkehr zur Romantik?

Alles war klar im Jahre 1927 (de Broglie auf der Solvay Konferenz), noch klarer im Jahre 1952: David Bohm's Arbeiten

Warum also sagt Feynman nach 1952

*But after people read the paper , a lot of people understood the theory of relativity in some way or other, certainly more than twelve. On the other hand, I think I can safely say that **nobody** understands quantum mechanics.*

*But after people read the paper , a lot of people understood the theory of relativity in some way or other, certainly more than twelve. On the other hand, I think I can safely say that **nobody** understands quantum mechanics.*

Hat niemand Bohms Papier gelesen? Sicher waren es mehr als 12. Warum hat niemand zugegriffen?

Warum wurde de Broglie auf der Solvay Konferenz verlacht?

Warum wurde de Broglie auf der Solvay Konferenz verlacht?

Ψ ist nicht auf dem physikalischen Raum sondern auf dem hoch dimensionalen Konfigurationsraum \mathbb{R}^{3n}

Warum wurde de Broglie auf der Solvay Konferenz verlacht?

Ψ ist nicht auf dem physikalischen Raum sondern auf dem hoch dimensionalem Konfigurationsraum \mathbb{R}^{3n}

Verschränkung: ψ , die unphysikalische Wellenfunktion

- de Broglie auf der Solvay Konferenz 1927: “It seems a little paradoxical to construct a configuration space with the coordinates of points that do not exist.” Deswegen führte er hypothetisch zunächst Punktteilchen als Materie ein, die von der Welle geführt werden. Das Bewegungsgesetz ist das Bohmsche. Deswegen auch de Broglie-Bohm Führungstheorie. (Nebenbei: Der Begriff des Führungsfeldes für die Wellenfunktion kommt von Max Born.)

Warum wurde de Broglie auf der Solvay Konferenz verlacht?

Ψ ist nicht auf dem physikalischen Raum sondern auf dem hoch dimensionalem Konfigurationsraum \mathbb{R}^{3n}

Verschränkung: ψ , die unphysikalische Wellenfunktion

- de Broglie auf der Solvay Konferenz 1927: “It seems a little paradoxical to construct a configuration space with the coordinates of points that do not exist.” Deswegen führte er hypothetisch zunächst Punktteilchen als Materie ein, die von der Welle geführt werden. Das Bewegungsgesetz ist das Bohmsche. Deswegen auch de Broglie-Bohm Führungstheorie. (Nebenbei: Der Begriff des Führungsfeldes für die Wellenfunktion kommt von Max Born.)
- Dafür wurde er verlacht. Warum?

Warum wurde de Broglie auf der Solvay Konferenz verlacht?

Ψ ist nicht auf dem physikalischen Raum sondern auf dem hoch dimensionalem Konfigurationsraum \mathbb{R}^{3n}

Verschränkung: ψ , die unphysikalische Wellenfunktion

- de Broglie auf der Solvay Konferenz 1927: “It seems a little paradoxical to construct a configuration space with the coordinates of points that do not exist.” Deswegen führte er hypothetisch zunächst Punktteilchen als Materie ein, die von der Welle geführt werden. Das Bewegungsgesetz ist das Bohmsche. Deswegen auch de Broglie-Bohm Führungstheorie. (Nebenbei: Der Begriff des Führungsfeldes für die Wellenfunktion kommt von Max Born.)
- Dafür wurde er verlacht. Warum?
- Weil ein physikalisches Feld auf dem Konfigurationsraum eine Sünde gegen Einsteins Relativität ist! Weil die Führungsgleichung eine instantane Wechselwirkung zwischen den Teilchen beinhaltet, die prinzipiell über beliebige Distanzen agieren kann.

BM ist manifest nicht lokal und eine relativistische Verallgemeinerung eine Extrastruktur von Gleichzeitigkeit zu benötigen scheint. **Manifest nicht lokal, weil die Wellenfunktion nicht lokal ist= sie ist verschränkt!**

Zwei Teilchen $X_1(t)$ und $X_2(t)$

$$\dot{X}_1(t) = \frac{\hbar}{m_1} \Im \left(\frac{\frac{\partial}{\partial \bar{x}} \psi(x, X_2(t))|_{x=X_1(t)}}{\psi(X_1(t), X_2(t))} \right),$$

BM ist manifest nicht lokal und eine relativistische Verallgemeinerung eine Extrastruktur von Gleichzeitigkeit zu benötigen scheint. **Manifest nicht lokal, weil die Wellenfunktion nicht lokal ist= sie ist verschränkt!**

Zwei Teilchen $X_1(t)$ und $X_2(t)$

$$\dot{X}_1(t) = \frac{\hbar}{m_1} \Im \left(\frac{\frac{\partial}{\partial \bar{x}} \psi(x, X_2(t))|_{x=X_1(t)}}{\psi(X_1(t), X_2(t))} \right),$$

- falls $\psi = \psi_1(x_1)\psi_2(x_2)$ die Bewegung von X_1 ist unabhängig von X_2

BM ist manifest nicht lokal und eine relativistische Verallgemeinerung eine Extrastruktur von Gleichzeitigkeit zu benötigen scheint. **Manifest nicht lokal, weil die Wellenfunktion nicht lokal ist= sie ist verschränkt!**

Zwei Teilchen $X_1(t)$ und $X_2(t)$

$$\dot{X}_1(t) = \frac{\hbar}{m_1} \Im \left(\frac{\frac{\partial}{\partial \bar{x}} \psi(x, X_2(t))|_{x=X_1(t)}}{\psi(X_1(t), X_2(t))} \right),$$

- falls $\psi = \psi_1(x_1)\psi_2(x_2)$ die Bewegung von X_1 ist unabhängig von X_2
- **Verschränkung:** Wellenfunktion ψ ist **kein** Produkt, es ist eine allgemeine Funktion auf dem Konfigurationsraum, die Bewegung von X_1 ist hängt instantan von der Bewegung von X_2 ab.

Einstein, Schrödinger, ... und fast alle Physiker

Die Wellenfunktion ist kein physikalisches Feld!

Die Wahrscheinlichkeit $|\psi(x_1, x_2)|^2$ kann auf dem Konfigurationsraum sein, denn das *Wissen* über weit entfernte Ereignisse kann sich momentan ändern: → Bertlmann's socks

Einstein, Schrödinger, ... und fast alle Physiker

Die Wellenfunktion ist kein physikalisches Feld!

Die Wahrscheinlichkeit $|\psi(x_1, x_2)|^2$ kann auf dem Konfigurationsraum sein, denn das *Wissen* über weit entfernte Ereignisse kann sich momentan ändern: → Bertlmann's socks

Aber es darf nicht passieren, dass ein Teilchen ein anderes über beliebige Distanzen momentan ändert. Das wäre laut Einstein „spooky action at a distance“. Also ist BM falsch?

Einstein, Schrödinger, ... und fast alle Physiker

Die Wellenfunktion ist kein physikalisches Feld!

Die Wahrscheinlichkeit $|\psi(x_1, x_2)|^2$ kann auf dem Konfigurationsraum sein, denn das *Wissen* über weit entfernte Ereignisse kann sich momentan ändern: → Bertlmann's socks

Aber es darf nicht passieren, dass ein Teilchen ein anderes über beliebige Distanzen momentan ändert. Das wäre laut Einstein „spooky action at a distance“. Also ist BM falsch?

Nein!

Nichtlokalität ist die wahre Innovation der Quantentheorie:



Nichtlokalität ist die wahre Innovation der Quantentheorie:

NATUR ist nicht lokal



Nichtlokalität ist die wahre Innovation der Quantentheorie:

NATUR ist nicht lokal



John Stuart Bell 1928-1990, etabliert 1964 die Nichtlokalität der Natur

Der Ausgangspunkt: Bohmsche Mechanik ist gut aber nicht lokal. Kann man es besser machen?

Bell on Bohm in *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics*

But in 1952 I saw the impossible done. It was in papers by David Bohm. Bohm showed explicitly how parameters could indeed be introduced, into nonrelativistic wave mechanics, with the help of which the indeterministic description could be transformed into a deterministic one. More importantly, in my opinion, the subjectivity of the orthodox version, the necessary reference to the 'observer,' could be eliminated....

...Bohm's 1952 papers on quantum mechanics were for me a revelation. The elimination of indeterminism was very striking. But more important, it seemed to me, was the elimination of any need for a vague division of the world into "system" on the one hand, and "apparatus" or "observer" on the other. I have always felt since that people who have not grasped the ideas of those papers . . . and unfortunately they remain the majority . . . are handicapped in any discussion of the meaning of quantum mechanics.

Worüber oft gesagt wird, die Bellsche Ungleichung sei

Die letzte gefeierte Veröffentlichung über Bellsche Ungleichungen ist “Experimental loophole-free violation of a Bell inequality using entangled electron spins separated by 1.3 km” Dort heißt es im abstract: *In his seminal work, John Bell proved that no theory of nature that obeys locality **and realism** can reproduce all the predictions of quantum theory.*

Worüber oft gesagt wird, die Bellsche Ungleichung sei

Die letzte gefeierte Veröffentlichung über Bellsche Ungleichungen ist “Experimental loophole-free violation of a Bell inequality using entangled electron spins separated by 1.3 km” Dort heißt es im abstract: *In his seminal work, John Bell proved that no theory of nature that obeys locality **and realism** can reproduce all the predictions of quantum theory.*

- realism=pre-existing values, die den Ausgang eines Experimentes festlegen=determinism, im Sinne von John Bell.

Worüber oft gesagt wird, die Bellsche Ungleichung sei

Die letzte gefeierte Veröffentlichung über Bellsche Ungleichungen ist “Experimental loophole-free violation of a Bell inequality using entangled electron spins separated by 1.3 km” Dort heißt es im abstract: *In his seminal work, John Bell proved that no theory of nature that obeys locality **and realism** can reproduce all the predictions of quantum theory.*

- realism=pre-existing values, die den Ausgang eines Experimentes festlegen=determinism, im Sinne von John Bell.
- locality is in, **realism** is out

Worüber oft gesagt wird, die Bellsche Ungleichung sei

Die letzte gefeierte Veröffentlichung über Bellsche Ungleichungen ist "Experimental loophole-free violation of a Bell inequality using entangled electron spins separated by 1.3 km" Dort heißt es im abstract: *In his seminal work, John Bell proved that no theory of nature that obeys locality **and realism** can reproduce all the predictions of quantum theory.*

- realism=pre-existing values, die den Ausgang eines Experimentes festlegen=determinism, im Sinne von John Bell.
- locality is in, **realism** is out
- Schlussfolgerung: Bell beweist, dass Bohmsche Mechanik falsch ist.

Worüber die Bellsche Ungleichung nicht ist

Bell in Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics

It is important to note that to the limited degree to which determinism plays a role in the EPR argument, it is not assumed but inferred. What is held sacred is the principle of “local causality” or “no action at a distance”. . . . It is remarkably difficult to get this point across, that determinism is not a presupposition of the analysis.

Worüber die Bellsche Ungleichung nicht ist

Bell in *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics*

It is important to note that to the limited degree to which determinism plays a role in the EPR argument, it is not assumed but inferred. What is held sacred is the principle of “local causality” or “no action at a distance”. . . . It is remarkably difficult to get this point across, that determinism is not a presupposition of the analysis.

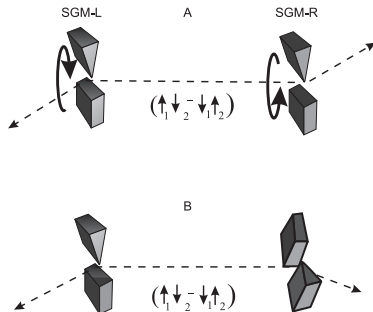
Worüber die Bellsche Ungleichung nicht ist

Bell in Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics

It is important to note that to the limited degree to which determinism plays a role in the EPR argument, it is not assumed but inferred. What is held sacred is the principle of “local causality” or “no action at a distance”. . . . It is remarkably difficult to get this point across, that determinism is not a presupposition of the analysis.

Ausgehend von berühmten Papier von Einstein, Podolski und Rosen (EPR) und der experimentell realisierbaren Fassung von David Bohm (EPRB) leitet John Stewart Bell eine (triviale) Ungleichung ab

Das EPRB-experiment



Erklärung an der Tafel: Mit der Annahme der Lokalität (Wechselwirkungen können bestenfalls mit Lichtgeschwindigkeit passieren) und der *freien Wahl* der Orientierung der Magnete zeigt man die Existenz von Zufallsgrößen $Z_{\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}}^{L, R} \in \{0, 1\}$, die nicht in der Kopenhagener Quantentheorie vorkommen.

$$(Z_{\vec{a}}^{(L)}, Z_{\vec{b}}^{(L)}, Z_{\vec{c}}^{(L)}) = (-Z_{\vec{a}}^{(R)}, -Z_{\vec{b}}^{(R)}, -Z_{\vec{c}}^{(R)}).$$

Wir suchen dann die Wahrscheinlichkeiten \mathbb{P} (relative Häufigkeiten) der Antikoinzidenzen $Z_{\vec{a}}^{(L)} = -Z_{\vec{b}}^{(R)}$, $Z_{\vec{b}}^{(L)} = -Z_{\vec{c}}^{(R)}$ usw. auf und addieren diese. Damit erhalten wir:

$$\begin{aligned} & \mathbb{P}(Z_{\vec{a}}^{(L)} = -Z_{\vec{b}}^{(R)}) + \mathbb{P}(Z_{\vec{b}}^{(L)} = -Z_{\vec{c}}^{(R)}) + \mathbb{P}(Z_{\vec{c}}^{(L)} = -Z_{\vec{a}}^{(R)}) \\ &= \mathbb{P}(Z_{\vec{a}}^{(L)} = Z_{\vec{b}}^{(L)}) + \mathbb{P}(Z_{\vec{b}}^{(L)} = Z_{\vec{c}}^{(L)}) + \mathbb{P}(Z_{\vec{c}}^{(L)} = Z_{\vec{a}}^{(L)}) \\ &\geq \mathbb{P}(Z_{\vec{a}}^{(L)} = Z_{\vec{b}}^{(L)} \text{ oder } Z_{\vec{b}}^{(L)} = Z_{\vec{c}}^{(L)} \text{ oder } Z_{\vec{c}}^{(L)} = Z_{\vec{a}}^{(L)}) \\ &= \mathbb{P}(\text{„sicheres Ereignis“}) \\ &= 1, \end{aligned}$$

denn $Z_{\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}}^{(L, R)}$ kann nur die Werte $+1$ oder -1 annehmen, also muss immer mindestens einer der Fälle $Z_{\vec{a}}^{(L)} = Z_{\vec{b}}^{(L)}$ oder $Z_{\vec{b}}^{(L)} = Z_{\vec{c}}^{(L)}$ oder $Z_{\vec{c}}^{(L)} = Z_{\vec{a}}^{(L)}$ gelten. Dies ist eine Version der berühmten *Bellschen Ungleichung*:

$$\mathbb{P}(Z_{\vec{a}}^{(L)} = -Z_{\vec{b}}^{(R)}) + \mathbb{P}(Z_{\vec{b}}^{(L)} = -Z_{\vec{c}}^{(R)}) + \mathbb{P}(Z_{\vec{c}}^{(L)} = -Z_{\vec{a}}^{(R)}) \geq 1 \quad (1)$$

Einzigartig für unser Verständnis der Natur!

Wie kann eine solche simple Ungleichung etwas über die Natur aussagen?
Oder besser: Man mache das Experiment, was kann da schon für die
relativen Häufigkeiten von Antikoinzidenzen anderes rauskommen?

Einzigartig für unser Verständnis der Natur!

Wie kann eine solche simple Ungleichung etwas über die Natur aussagen?
Oder besser: Man mache das Experiment, was kann da schon für die relativen Häufigkeiten von Antikoinzidenzen anderes rauskommen?

Die experimentelle Überraschung: $3/4$ statt ≥ 1

Einzigartig für unser Verständnis der Natur!

Wie kann eine solche simple Ungleichung etwas über die Natur aussagen?
Oder besser: Man mache das Experiment, was kann da schon für die relativen Häufigkeiten von Antikoinzidenzen anderes rauskommen?

Die experimentelle Überraschung: $3/4$ statt ≥ 1

- Schlussfolgerung:

Einzigartig für unser Verständnis der Natur!

Wie kann eine solche simple Ungleichung etwas über die Natur aussagen?
Oder besser: Man mache das Experiment, was kann da schon für die relativen Häufigkeiten von Antikoinzidenzen anderes rauskommen?

Die experimentelle Überraschung: $3/4$ statt ≥ 1

- Schlussfolgerung:
- (i) Die Größen Z existieren nicht!

Einzigartig für unser Verständnis der Natur!

Wie kann eine solche simple Ungleichung etwas über die Natur aussagen?
Oder besser: Man mache das Experiment, was kann da schon für die relativen Häufigkeiten von Antikoinzidenzen anderes rauskommen?

Die experimentelle Überraschung: $3/4$ statt ≥ 1

- Schlussfolgerung:
- (i) Die Größen Z existieren nicht!
- (ii) Deren Existenz folgt aus der Annahme der Lokalität

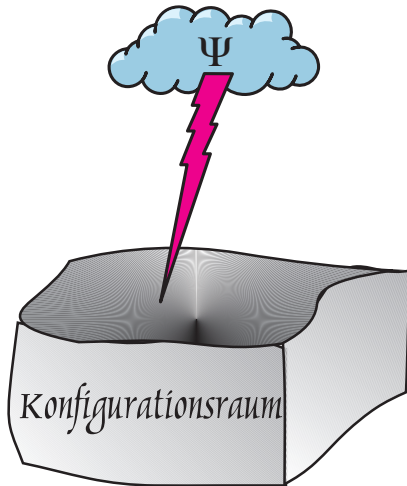
Einzigartig für unser Verständnis der Natur!

Wie kann eine solche simple Ungleichung etwas über die Natur aussagen?
Oder besser: Man mache das Experiment, was kann da schon für die relativen Häufigkeiten von Antikoinzidenzen anderes rauskommen?

Die experimentelle Überraschung: $3/4$ statt ≥ 1

- Schlussfolgerung:
- (i) Die Größen Z existieren nicht!
- (ii) Deren Existenz folgt aus der Annahme der Lokalität
- (iii) Lokalität ist falsch, d.h. Natur ist nicht lokal

Shelly Goldstein: Bohmian mechanics is just what the doctor ordered



Wenn es den freien Willen nicht gibt? Wenn „Alles“ determiniert ist und super-determinism herrscht?

In 1985, John Bell discussed super-determinism in a BBC interview with Paul Davies:

There is a way to escape the inference of superluminal speeds and spooky action at a distance. But it involves absolute determinism in the universe, the complete absence of free will. Suppose the world is super-deterministic, with not just inanimate nature running on behind-the-scenes clockwork, but with our behavior, including our belief that we are free to choose to do one experiment rather than another, absolutely predetermined, including the „decision“ by the experimenter to carry out one set of measurements rather than another, the difficulty disappears. There is no need for a faster than light signal to tell particle A what measurement has been carried out on particle B, because the universe, including particle A, already „knows“ what that measurement, and its outcome, will be.

Wäre dann Physik nicht wie eine griechische Tragödie

denn alles was wir tun und sagen können, nein mehr noch, alles was wir entdecken und verstehen *können* und zu welcher Zeit wir das tun, *ist festgelegt?*

Wäre dann Physik nicht wie eine griechische Tragödie

denn alles was wir tun und sagen können, nein mehr noch, alles was wir entdecken und verstehen *können* und zu welcher Zeit wir das tun, *ist festgelegt?*

- Was für ein Verstehen ist das denn?

Wäre dann Physik nicht wie eine griechische Tragödie

denn alles was wir tun und sagen können, nein mehr noch, alles was wir entdecken und verstehen *können* und zu welcher Zeit wir das tun, *ist festgelegt?*

- Was für ein Verstehen ist das denn?
- Was für eine Rolle spielen wir dann noch überhaupt?

Wäre dann Physik nicht wie eine griechische Tragödie

denn alles was wir tun und sagen können, nein mehr noch, alles was wir entdecken und verstehen *können* und zu welcher Zeit wir das tun, *ist festgelegt?*

- Was für ein Verstehen ist das denn?
- Was für eine Rolle spielen wir dann noch überhaupt?
- Zugegeben: Gäbe es keine Menschen, wäre die Erde möglicherweise in einem heileren Zustand.

Wäre dann Physik nicht wie eine griechische Tragödie

denn alles was wir tun und sagen können, nein mehr noch, alles was wir entdecken und verstehen *können* und zu welcher Zeit wir das tun, *ist festgelegt?*

- Was für ein Verstehen ist das denn?
- Was für eine Rolle spielen wir dann noch überhaupt?
- Zugegeben: Gäbe es keine Menschen, wäre die Erde möglicherweise in einem heileren Zustand.
- Zugegeben: Auch Faust brauchte den Teufel, um zum Verstehen zu kommen und hinterließ einige Leichen.

Wäre dann Physik nicht wie eine griechische Tragödie

denn alles was wir tun und sagen können, nein mehr noch, alles was wir entdecken und verstehen *können* und zu welcher Zeit wir das tun, *ist festgelegt?*

- Was für ein Verstehen ist das denn?
- Was für eine Rolle spielen wir dann noch überhaupt?
- Zugegeben: Gäbe es keine Menschen, wäre die Erde möglicherweise in einem heileren Zustand.
- Zugegeben: Auch Faust brauchte den Teufel, um zum Verstehen zu kommen und hinterließ einige Leichen.
- Zu guter Letzt: Brauchen wir einen freien Willen, um zu verstehen oder reicht es uns, Bewusstsein zu haben, so dass wir uns einbilden können, freien Willen zu haben?

Wäre dann Physik nicht wie eine griechische Tragödie

denn alles was wir tun und sagen können, nein mehr noch, alles was wir entdecken und verstehen *können* und zu welcher Zeit wir das tun, *ist festgelegt*?

- Was für ein Verstehen ist das denn?
- Was für eine Rolle spielen wir dann noch überhaupt?
- Zugegeben: Gäbe es keine Menschen, wäre die Erde möglicherweise in einem heileren Zustand.
- Zugegeben: Auch Faust brauchte den Teufel, um zum Verstehen zu kommen und hinterließ einige Leichen.
- Zu guter Letzt: Brauchen wir einen freien Willen, um zu verstehen oder reicht es uns, Bewusstsein zu haben, so dass wir uns einbilden können, freien Willen zu haben?
- Wenn freier Wille existiert und der freie Wille Materie bewegen kann, wie geht das denn? Wie ist die Interaktion zwischen freiem Willen und Materie?

Physik und freier Wille

Physik und freier Wille

1. Der freie Wille existiere

Physik und freier Wille

1. Der freie Wille existiere

- der freie Wille manifestiert sich in der Option, Materie zu bewegen, wenn aber die Bewegung der Materie durch das physikalische Gesetz (stochastisch) determiniert ist, hat man ein Problem.

Physik und freier Wille

1. Der freie Wille existiere

- der freie Wille manifestiert sich in der Option, Materie zu bewegen, wenn aber die Bewegung der Materie durch das physikalische Gesetz (stochastisch) determiniert ist, hat man ein Problem.
- die Esfeldsche Humesche Lösung: Man hofft, dass die Historie des gesamten Universum, die „Bahn der Materie“ von der Vergangenheit bis in die Ewigkeit trotz materieller Bewegungen, die vom freien Willen erzeugt sind, so regulär ist, dass man die Buchführung alles Geschehens als eine „Lösung eines Gesetzes“ \mathcal{G} abkürzen kann, mit einer Menge von „passenden Anfangsbedingungen“ \mathcal{A}
- Warum sollte die Bewegung der Materie hinreichend regulär sein, damit ein Gesetz formuliert werden kann?

Physik und freier Wille

1. Der freie Wille existiere

- der freie Wille manifestiert sich in der Option, Materie zu bewegen, wenn aber die Bewegung der Materie durch das physikalische Gesetz (stochastisch) determiniert ist, hat man ein Problem.
- die Esfeldsche Humesche Lösung: Man hofft, dass die Historie des gesamten Universum, die „Bahn der Materie“ von der Vergangenheit bis in die Ewigkeit trotz materieller Bewegungen, die vom freien Willen erzeugt sind, so regulär ist, dass man die Buchführung alles Geschehens als eine „Lösung eines Gesetzes“ \mathcal{G} abkürzen kann, mit einer Menge von „passenden Anfangsbedingungen“ \mathcal{A}
- Warum sollte die Bewegung der Materie hinreichend regulär sein, damit ein Gesetz formuliert werden kann? Das ist nun mal so.

Physik und freier Wille

1. Der freie Wille existiere

- der freie Wille manifestiert sich in der Option, Materie zu bewegen, wenn aber die Bewegung der Materie durch das physikalische Gesetz (stochastisch) determiniert ist, hat man ein Problem.
- die Esfeldsche Humesche Lösung: Man hofft, dass die Historie des gesamten Universum, die „Bahn der Materie“ von der Vergangenheit bis in die Ewigkeit trotz materieller Bewegungen, die vom freien Willen erzeugt sind, so regulär ist, dass man die Buchführung alles Geschehens als eine „Lösung eines Gesetzes“ \mathcal{G} abkürzen kann, mit einer Menge von „passenden Anfangsbedingungen“ \mathcal{A}
- Warum sollte die Bewegung der Materie hinreichend regulär sein, damit ein Gesetz formuliert werden kann? Das ist nun mal so.
- Wie schafft es der freie Wille, Materie zu bewegen? → Das Körper-Seele Problem

Physik und freier Wille

1. Der freie Wille existiere

- der freie Wille manifestiert sich in der Option, Materie zu bewegen, wenn aber die Bewegung der Materie durch das physikalische Gesetz (stochastisch) determiniert ist, hat man ein Problem.
- die Esfeldsche Humesche Lösung: Man hofft, dass die Historie des gesamten Universum, die „Bahn der Materie“ von der Vergangenheit bis in die Ewigkeit trotz materieller Bewegungen, die vom freien Willen erzeugt sind, so regulär ist, dass man die Buchführung alles Geschehens als eine „Lösung eines Gesetzes“ \mathcal{G} abkürzen kann, mit einer Menge von „passenden Anfangsbedingungen“ \mathcal{A}
- Warum sollte die Bewegung der Materie hinreichend regulär sein, damit ein Gesetz formuliert werden kann? Das ist nun mal so.
- Wie schafft es der freie Wille, Materie zu bewegen? → Das Körper-Seele Problem

2. oder

Es gibt keinen freien Willen

Es gibt keinen freien Willen

Das Universum durchläuft dieselbe Historie wie vor, aber statt zu hoffen denken wir, dass \mathcal{G} gilt, jetzt und immerdar, und die Historie ist eine Lösung des Gesetzes mit der Menge von Anfangsbedingungen \mathcal{A}

Es gibt keinen freien Willen

Das Universum durchläuft dieselbe Historie wie vor, aber statt zu hoffen denken wir, dass \mathcal{G} gilt, jetzt und immerdar, und die Historie ist eine Lösung des Gesetzes mit der Menge von Anfangsbedingungen \mathcal{A}

Der Unterschied zum Ersteren ist, dass \mathcal{G} und \mathcal{A} am Ende des Universums formuliert wird. Das erlaubt den freien Willen.

Brauchen wir den freien Willen, um unsere Rolle als Mensch im Kosmos zu verstehen, oder reicht Bewusstsein aus?

Das Körper – Seele (Bewusstsein) Problem: Bewusstsein und Materie

Das Körper – Seele (Bewusstsein) Problem: Bewusstsein und Materie

- Der Körper ist materiell. Die Steine werfende Hand ist materiell. Ich bin mir des Aufhebens des Steins bewusst. Damit werde ich scheinbar Teil der kosmischen Ordnung. Scheinbar oder tatsächlich?

Das Körper – Seele (Bewusstsein) Problem: Bewusstsein und Materie

- Der Körper ist materiell. Die Steine werfende Hand ist materiell. Ich bin mir des Aufhebens des Steins bewusst. Damit werde ich scheinbar Teil der kosmischen Ordnung. Scheinbar oder tatsächlich?
- Auf jeden Fall muss es einen Zusammenhang zwischen der Bewegung der Materie und dem Bewusstsein geben, mit dem wir uns möglicherweise nur einbilden, freien Willen zu haben. Wie ist der Zusammenhang beschaffen? Die Beantwortung dieser Frage nennt David Chalmers *The hard problem*.

Materialismus

Bewusstsein entsteht in einer komplizierten Vernetzung von Materie.

Materialismus

Bewusstsein entsteht in einer komplizierten Vernetzung von Materie.

- Beispiel: Man verbinde viele Milliarden von Wasserrohren, die logische Ja-Nein-Verbindungen darstellen. Ab einer bestimmten Anzahl solcher Verbindungen wird dieses Gebilde sich selbst empfinden, es wird Schmerz empfinden, es wird, wenn es den Satz des Pythagoras im Euklidschen Sinne bewiesen hat, Freude und Erleuchtung und damit Sehnsucht nach mehr Verständnis empfinden und vieles mehr. → HAL in „A Space Odyssey“ von Stanley Kubrick. Kann das sein?

Materialismus

Bewusstsein entsteht in einer komplizierten Vernetzung von Materie.

- Beispiel: Man verbinde viele Milliarden von Wasserrohren, die logische Ja-Nein-Verbindungen darstellen. Ab einer bestimmten Anzahl solcher Verbindungen wird dieses Gebilde sich selbst empfinden, es wird Schmerz empfinden, es wird, wenn es den Satz des Pythagoras im Euklidschen Sinne bewiesen hat, Freude und Erleuchtung und damit Sehnsucht nach mehr Verständnis empfinden und vieles mehr. → HAL in „A Space Odyssey“ von Stanley Kubrick. Kann das sein?
- Das ist eine Glaubensfrage! Die Existenz des Bewusstseins lässt sich nicht beweisen. Ich glaube das nicht.

Materialismus

Bewusstsein entsteht in einer komplizierten Vernetzung von Materie.

- Beispiel: Man verbinde viele Milliarden von Wasserrohren, die logische Ja-Nein-Verbindungen darstellen. Ab einer bestimmten Anzahl solcher Verbindungen wird dieses Gebilde sich selbst empfinden, es wird Schmerz empfinden, es wird, wenn es den Satz des Pythagoras im Euklidschen Sinne bewiesen hat, Freude und Erleuchtung und damit Sehnsucht nach mehr Verständnis empfinden und vieles mehr. → HAL in „A Space Odyssey“ von Stanley Kubrick. Kann das sein?
- Das ist eine Glaubensfrage! Die Existenz des Bewusstseins lässt sich nicht beweisen. Ich glaube das nicht.
- Man kann einen Supercomputer lernen lassen „Aua“ zu sagen, wenn man einen Stein auf ihn fallen lässt, aber er wird keinen *Schmerz empfinden*.

Materialismus

Bewusstsein entsteht in einer komplizierten Vernetzung von Materie.

- Beispiel: Man verbinde viele Milliarden von Wasserrohren, die logische Ja-Nein-Verbindungen darstellen. Ab einer bestimmten Anzahl solcher Verbindungen wird dieses Gebilde sich selbst empfinden, es wird Schmerz empfinden, es wird, wenn es den Satz des Pythagoras im Euklidschen Sinne bewiesen hat, Freude und Erleuchtung und damit Sehnsucht nach mehr Verständnis empfinden und vieles mehr. → HAL in „A Space Odyssey“ von Stanley Kubrick. Kann das sein?
- Das ist eine Glaubensfrage! Die Existenz des Bewusstseins lässt sich nicht beweisen. Ich glaube das nicht.
- Man kann einen Supercomputer lernen lassen „Aua“ zu sagen, wenn man einen Stein auf ihn fallen lässt, aber er wird keinen *Schmerz empfinden*.
- Materie kann sich nur bewegen, full stop. „Phasenübergang: flüssig zu fest ist KEINE Analogie! Die Qualität „Bewusstsein“ ist gar nicht in den Karten. Und deswegen ist Materialismus für mich nicht haltbar.

Eine vollkommene Theorie?

Bewusstsein ist eine neue Größe, die, will man sie in der vollkommenen Beschreibung der Natur mit aufnehmen, in irgendeiner Form hinzugefügt werden muss. Möglichkeiten sind oberflächlich denkbar, wenn auch nur zu sagen:

Eine vollkommene Theorie?

Bewusstsein ist eine neue Größe, die, will man sie in der vollkommenen Beschreibung der Natur mit aufnehmen, in irgendeiner Form hinzugefügt werden muss. Möglichkeiten sind oberflächlich denkbar, wenn auch nur zu sagen:

- Das Bewusstsein ist eine teilbare (neue primitive) Größe und jede Materie besitzt einen Teil davon. Mit der komplexen Vernetzung von immer mehr Materie steigt der Anteil an Bewusstsein: Ein Elektron wird davon wenig haben, ein Huhn aber sehr viel. → [Pansychism](#)

Eine vollkommene Theorie?

Bewusstsein ist eine neue Größe, die, will man sie in der vollkommenen Beschreibung der Natur mit aufnehmen, in irgendeiner Form hinzugefügt werden muss. Möglichkeiten sind oberflächlich denkbar, wenn auch nur zu sagen:

- Das Bewusstsein ist eine teilbare (neue primitive) Größe und jede Materie besitzt einen Teil davon. Mit der komplexen Vernetzung von immer mehr Materie steigt der Anteil an Bewusstsein: Ein Elektron wird davon wenig haben, ein Huhn aber sehr viel. → [Pansychism](#)
- Das Bewusstsein ist eine Art Feld, das den Kosmos durchsetzt. Komplizierte Vernetzungen von Materie, wie z.B. das Hirn eines Tieres, können wie Antennen am Bewusstsein im Kosmos teilhaben. Dazu braucht man im Gesetz der Natur noch eine Wechselwirkung zwischen Materie und dem Bewusstseinsfeld. → [The Global Consciousness Project](#)

Eine vollkommene Theorie?

Bewusstsein ist eine neue Größe, die, will man sie in der vollkommenen Beschreibung der Natur mit aufnehmen, in irgendeiner Form hinzugefügt werden muss. Möglichkeiten sind oberflächlich denkbar, wenn auch nur zu sagen:

- Das Bewusstsein ist eine teilbare (neue primitive) Größe und jede Materie besitzt einen Teil davon. Mit der komplexen Vernetzung von immer mehr Materie steigt der Anteil an Bewusstsein: Ein Elektron wird davon wenig haben, ein Huhn aber sehr viel. → [Pansychism](#)
- Das Bewusstsein ist eine Art Feld, das den Kosmos durchsetzt. Komplizierte Vernetzungen von Materie, wie z.B. das Hirn eines Tieres, können wie Antennen am Bewusstsein im Kosmos teilhaben. Dazu braucht man im Gesetz der Natur noch eine Wechselwirkung zwischen Materie und dem Bewusstseinsfeld. → [The Global Consciousness Project](#)
- Wir müssen unseren Zugang zur Natur ganz neu durchdenken, so dass ein ganz neues Verständnis entsteht, in dem Bewusstsein logischerweise Bestandteil der neuen Theorie ist → [Alfred North Whitehead](#)

Romantik

Ich habe mich entschieden, mit der Antinomie zwischen freiem Willen/Bewusstsein und materieller Physik zu leben. Ich kann keine Lösung anbieten: Das ist meine Art von menschlicher Ehrfurcht, dem Kosmos zu begegnen. Meine einzige Mitteilung ist, dass ich glaube, dass ein Computer programmiert werden kann folgenden Text selbstständig zu verfassen

Romantik

Ich habe mich entschieden, mit der Antinomie zwischen freiem Willen/Bewusstsein und materieller Physik zu leben. Ich kann keine Lösung anbieten: Das ist meine Art von menschlicher Ehrfurcht, dem Kosmos zu begegnen. Meine einzige Mitteilung ist, dass ich glaube, dass ein Computer programmiert werden kann folgenden Text selbstständig zu verfassen

*Es war, als hätt' der Himmel
Die Erde still geküsst,
Daß sie im Blütenschimmer
Von ihm nun träumen müsst'.
Die Luft ging durch die Felder,
Die Ähren wogten sacht,
Es rauschten leis' die Wälder,
So sternklar war die Nacht.
Und meine Seele spannte
Weit ihre Flügel aus,
Flog durch die stillen Lande,
Als flöge sie nach Haus.*
Mondnacht: Joseph von Eichendorff

aber er hätte beim Schreiben nichts gefühlt

Was bleibt:

aber er hätte beim Schreiben nichts gefühlt

Was bleibt:

- Was fühlen wir beim Verstehen der Natur?

aber er hätte beim Schreiben nichts gefühlt

Was bleibt:

- Was fühlen wir beim Verstehen der Natur?
- Das Delphische Orakel trägt als Inschrift *Erkenne dich selbst*. Was bedeutet das?

aber er hätte beim Schreiben nichts gefühlt

Was bleibt:

- Was fühlen wir beim Verstehen der Natur?
- Das Delphische Orakel trägt als Inschrift *Erkenne dich selbst*. Was bedeutet das?
- Wenn wir verstanden haben, sei es mit freiem Willen oder unfreiem Willen, fühlen wir uns erleuchtet.