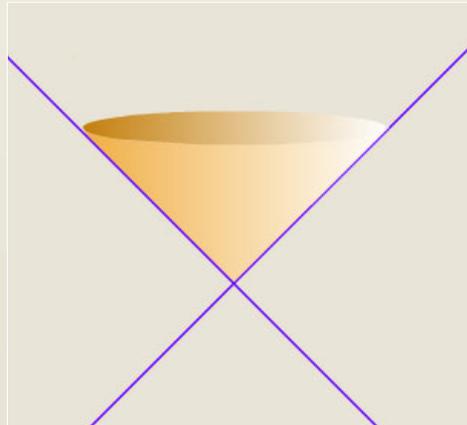
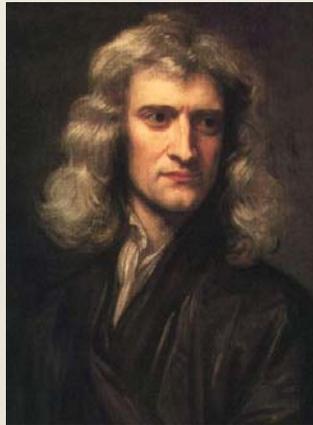


Evolution in der Physik

Zwei Bedeutungen eines Begriffs

Franz Embacher

Fakultät für Physik
Universität Wien



Vortrag im Rahmen von *University Meets Public*,
VHS Meidling, Wien. 20. 10. 2009

Inhalt

„Evolution“ als Zeitentwicklung

- Zeit in der Newtonschen Physik
- Zeit in der Relativitätstheorie
- Zeit in der Quantentheorie
- Das Problem der Quantengravitation

„Darwinsche Evolution“ und die Entwicklung des Lebens

- Altruismus und das Selbstmörder-Gen

Darwinsche Evolution in der Physik?

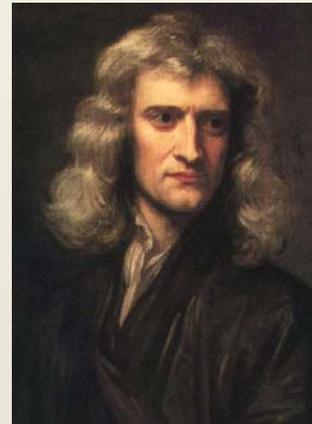
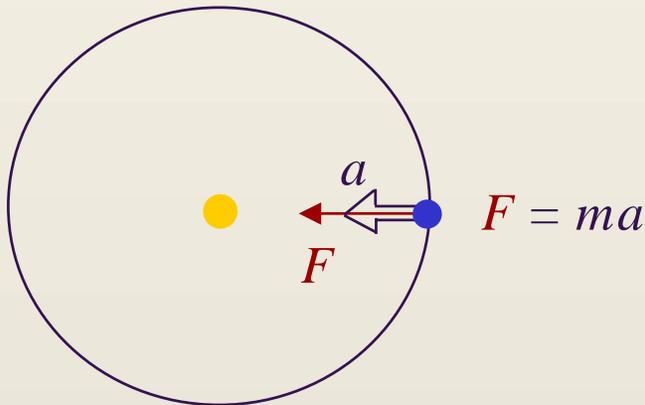
- Das Problem der Feinabstimmung – evolvierende Naturgesetze?
- Das anthropische Prinzip als Lösung?
- Die Spekulation von Lee Smolin

Evolution

„Evolution“ als **Zeit**entwicklung
(time evolution)

Zeit in der Newtonschen Physik

- Das zweite Newtonsche Axiom $F = ma$ bzw. $a = \frac{F}{m}$



- **Zeitentwicklung** dynamischer Systeme
- **Laplacescher Dämon**: Wenn die Kräfte bekannt sind, dann

Anfangsdaten → Voraussage der Zukunft!
- Feldtheorie (elektromagnetische Phänomene): analog!

Zeit in der Relativitätstheorie

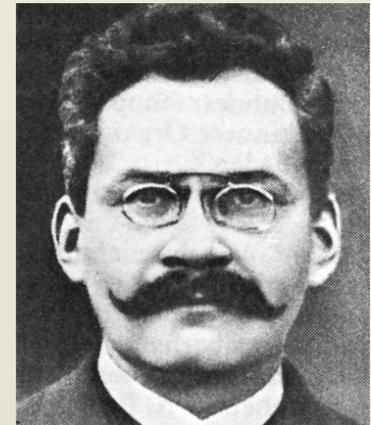
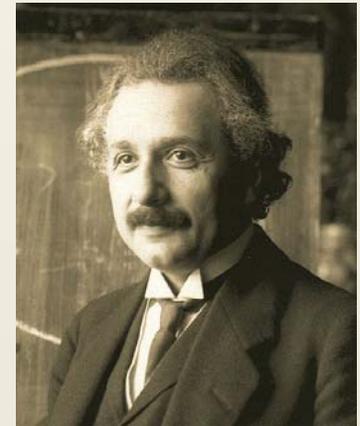
- Albert Einstein, 1905: Spezielle Relativitätstheorie, Relativität der Gleichzeitigkeit, Zeit ist beobachterabhängig → Zwillingsparadoxon, “**Vielfingrigkeit**“ der Zeit.

<http://homepage.univie.ac.at/franz.embacher/Rel/Einstein/Gleichzeitigkeit/>

- Hermann Minkowski, 1908: „Von Stund´ an sollen **Raum für sich** und **Zeit für sich** völlig zu Schatten herabsinken und nur noch eine Art **Union** der beiden soll Selbständigkeit bewahren“ → die vierdimensionale **Raumzeit**.

<http://homepage.univie.ac.at/franz.embacher/Rel/EinsteinRechnet/Raumzeit.html>

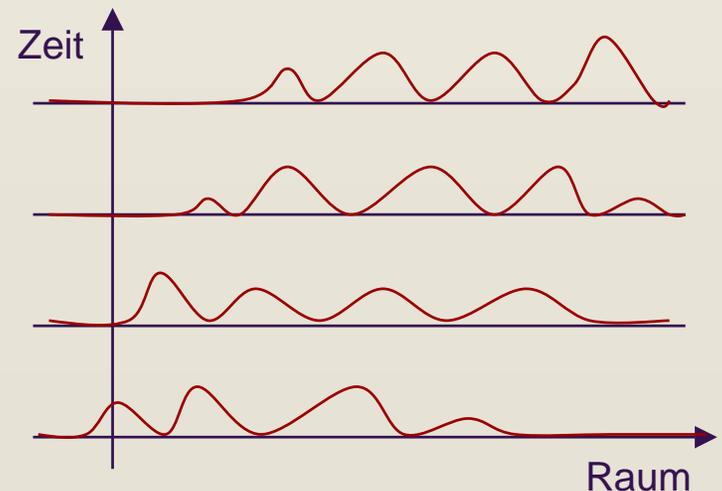
- Albert Einstein, 1915: Allgemeine Relativitätstheorie, vierdimensionales **gekrümmtes** Raumzeit-Kontinuum. **Materie** krümmt die Raumzeit, **beeinflusst** also **den Zeitfluss!**



Zeit in der Quantentheorie

- Zustand (Wellenfunktion) zur Anfangszeit \rightarrow Zustand (Wellenfunktion) zu jeder späteren Zeit
- Schrödingergleichung (ist eine besondere Form einer **Wellengleichung**)
- Messgrößen (Ort, Impuls, Energie, Drehimpuls,...) sind Unbestimmtheiten unterworfen.
- **Zeit ist keine Messgröße** – sie ist lediglich ein **Parameter!**
- Damit Wahrscheinlichkeiten für die möglichen Ergebnisse einer Messung angegeben werden können, muss der Zeitpunkt der Messung bekannt sein!

$$\psi_{\text{Zeit}}(\text{Ort eines Teilchens})$$



Das Problem der Quantengravitation

Allgemeine Relativitätstheorie:

Dynamische Variable =
„Geometrie des Raumes“.
Der Zustand der Materie
beeinflusst den Zeitfluss.

+

Quantentheorie:

Zeit ist ein Parameter.

~~ψ_{Zeit} (Geometrie)~~

macht keinen Sinn!!!

Problem: Zeitfluss hängt von der Geometrie ab!

„Darwinsche Evolution“ und die Entwicklung des Lebens

Altruismus und das Selbstmörder-Gen

- Darwinsche Evolution: **Vererbung + Variation + Selektion**
- Molekularer Mechanismus: DNA, Gene, Allele
- Der Stärkere gewinnt?
- Wie kann die Evolution **Altruismus** hervorbringen?
- „Selbstmörder-Gene“ (Richard Dawkins, 1976):
Biologische Modellwelt:

- Allel zur Rettung von sich selbst
- Allel zur Rettung von 1 Geschwister
- Allel zur Rettung von 2 Geschwistern
- Allel zur Rettung von 3 Geschwistern ... **wird sich ausbreiten!**

„ich“	G1	G2
SG	SG	–

„ich“	G1	G2	G3
SG	SG	–	–

„ich“	G1	G2	G3
SG	SG	SG	–

Evolution

Darwinsche Evolution in der Physik?

Das Problem der Feinabstimmung

- Die Naturgesetze lassen die Entwicklung von Leben zu!
- Wäre die Stärke der elektromagnetischen Kraft ein bisschen größer oder kleiner → **keine stabilen Atome** → kein Leben!
- Kohlenstoff und Sauerstoff entstehen in roten Riesen. Kleine Änderungen von Naturkonstanten → **keine C- und O-Produktion** → kein Leben
- Wäre die Vakuumenergie (kosmologische Konstante, Dunkle Energie) ein bisschen kleiner oder größer → Universum würde nur **Sekundenbruchteile alt** oder wäre durch Inflation in Kürze **extrem verdünnt** → kein Leben
- ...

Sind die Naturgesetze fix vorgegeben oder können sie „evolviere“?

Das anthropische Prinzip als Lösung?

- Erklärungsbedürftig?
- **Anthropisches Prinzip** (Brandon Carter, 1973): Es gibt
 - „viele Regionen im Universum“
(oder
 - „viele Universen“ ... „Multiversum“)
 - mit **unterschiedlichen** Werten der Naturkonstanten (bzw. mit **unterschiedlichen** Naturgesetzen)!
(Quantengravitation?)
- „Wir“ (als Beobachter der Welt) können nur in einer Region des Universums entstehen, die die Entwicklung von Leben zulässt!
→ **Feinabstimmung** „erklärt“!?

Die Spekulation von Lee Smolin



- Lee Smolin: *Warum gibt es die Welt? Die Evolution des Kosmos*, 1999.
- Beim Gravitationskollaps entstehen Schwarze Löcher.
- Aus einem Schwarzen Loch entsteht ein „Baby-Universum“, das die Eigenschaften des „Mutter-Universums“ (bis auf kleine zufällig Variationen) übernimmt: **Vererbung + Variation**.
- Welche Art von Universen wird nach einiger Zeit überwiegen?
→ **Universen, in denen es viele Schwarze Löcher gibt!**
- Welche physikalischen Eigenschaften fördern die Entstehung vieler schwarzer Löcher?
 - Langlebigkeit
 - Existenz von Sternen und Galaxien

Viele Schwarze Löcher → günstige Bedingungen für Leben? **?**
[entspräche der „**Selektion**“]

Danke...

... für Ihre Aufmerksamkeit!

Diese Präsentation finden Sie im Web unter

<http://homepage.univie.ac.at/franz.embacher/EvolutionInDerPhysik/>