

Würfelt Gott oder würfelt er nicht?

Die Rolle des Zufalls im Weltbild der Physik

Claus Grupen

Universität Siegen

Dortmund, den 21. Mai 2005



Eine uralte Frage...

Euripides (428 v. Chr.):

... am Irrwahn hängend, dass es Götter gibt, indes der Zufall diese ganze Welt beherrscht.

Eine uralte Frage...

Euripides (428 v. Chr.):

... am Irrwahn hängend, dass es Götter gibt, indes der Zufall diese ganze Welt beherrscht.

Max Born (1926):

Die Theorie liefert viel, aber dem Geheimnis des Alten bringt sie uns kaum näher. Jedenfalls bin ich überzeugt, dass er nicht würfelt.

I Klassische Physik

- Newton'sche Gesetze

I Klassische Physik

- Newton'sche Gesetze
- Planetenbewegung (Tycho Brahe, Nikolaus Kopernikus, Johannes Kepler)

I Klassische Physik

- Newton'sche Gesetze
- Planetenbewegung (Tycho Brahe, Nikolaus Kopernikus, Johannes Kepler)
- Galileo Galilei

I Klassische Physik

- Newton'sche Gesetze
- Planetenbewegung (Tycho Brahe, Nikolaus Kopernikus, Johannes Kepler)
- Galileo Galilei

Sind die Anfangsbedingungen (Position und Geschwindigkeit) aller Teilchen in einem geschlossenen System bekannt, so lassen sich alle zukünftigen, aber auch alle vergangenen Situationen ausrechnen, sind also vollständig determiniert.
→ **Laplace'scher Dämon**

I Klassische Physik

- Newton'sche Gesetze
- Planetenbewegung (Tycho Brahe, Nikolaus Kopernikus, Johannes Kepler)
- Galileo Galilei

Sind die Anfangsbedingungen (Position und Geschwindigkeit) aller Teilchen in einem geschlossenen System bekannt, so lassen sich alle zukünftigen, aber auch alle vergangenen Situationen ausrechnen, sind also vollständig determiniert.

→ **Laplace'scher Dämon**

Laplace soll von Newton gefragt worden sein, welche Rolle denn Gott in seinem Weltbild spiele. Laplace soll geantwortet haben: dieser Hypothese bedürfe er nicht.

Gott wurde von manchen arbeitslos erklärt, da ja alles automatisch abzulaufen schien.

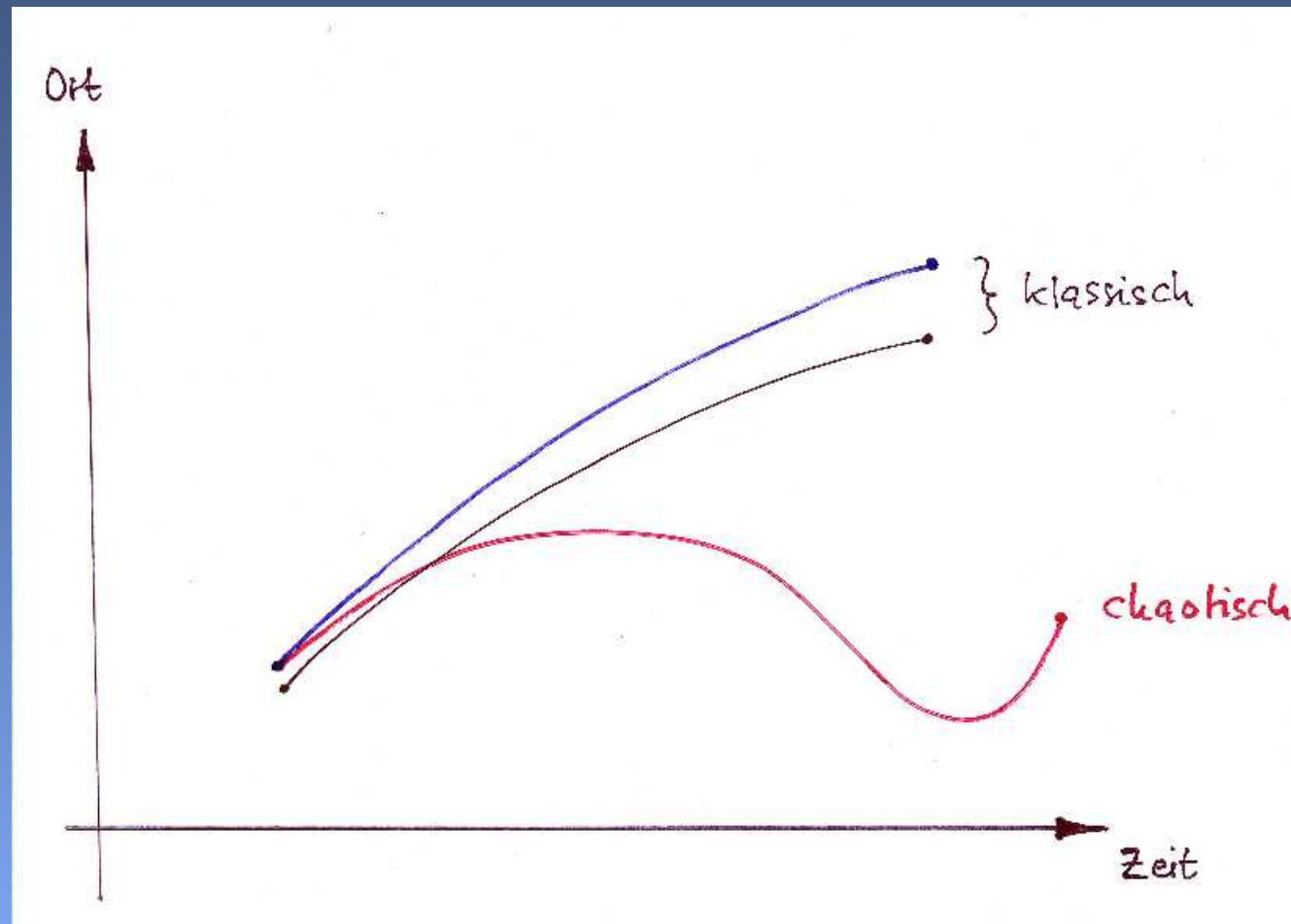
II Klassisches Chaos (1)

Annahme der klassischen Physik:

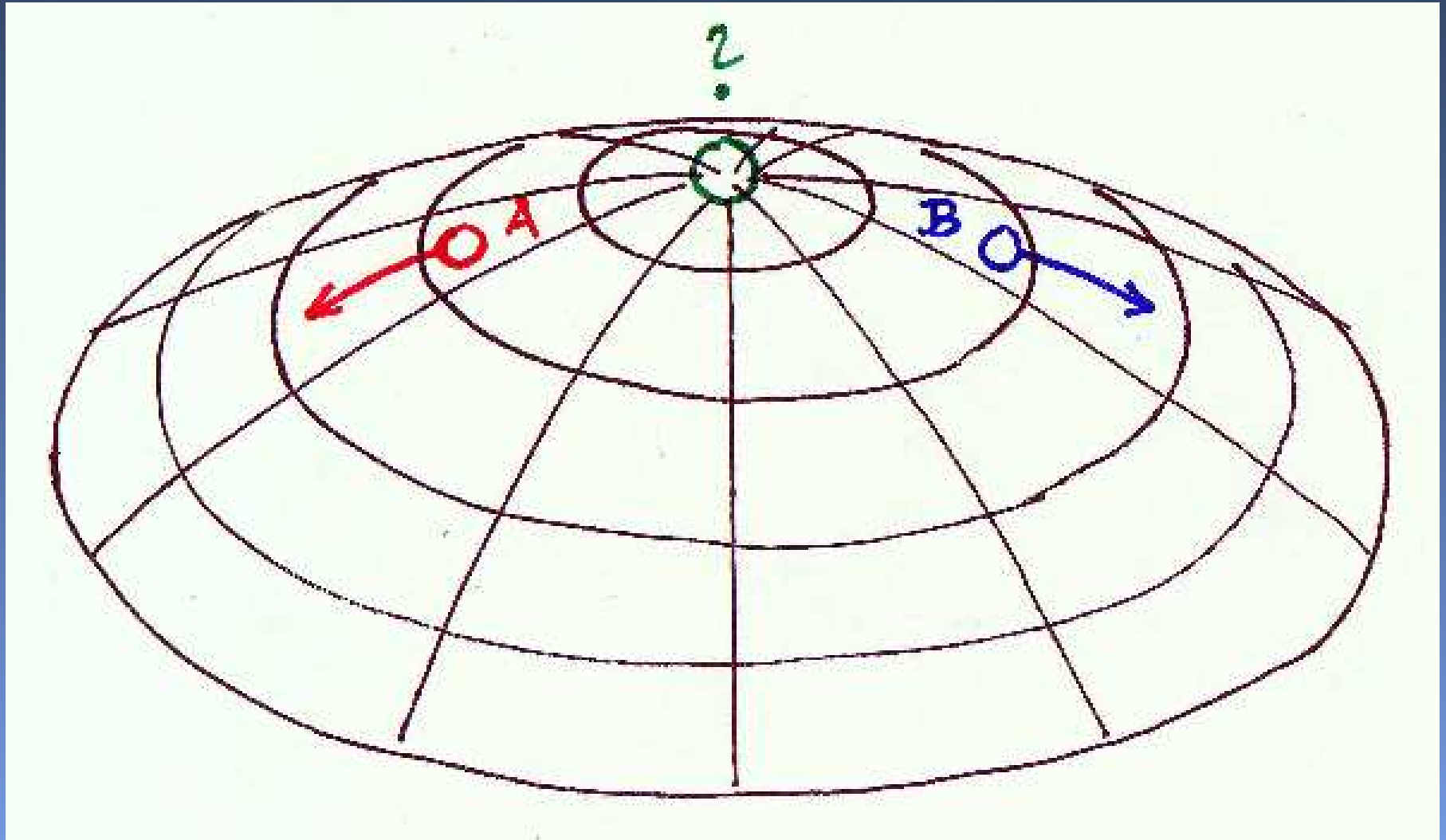
geringe Änderungen der Anfangsbedingungen führen nur zu geringfügigen Änderungen des Ergebnisses.

II Klassisches Chaos (1)

Annahme der klassischen Physik:
geringe Änderungen der Anfangsbedingungen führen nur zu geringfügigen Änderungen des Ergebnisses.



II Klassisches Chaos (2)



II Klassisches Chaos (3)

Diese Annahme der klassischen Physik ist falsch, denn

- Wetter: der Flügelschlag eines Schmetterlings in Südamerika kann einen Sturm in Dortmund auslösen.

II Klassisches Chaos (3)

Diese Annahme der klassischen Physik ist falsch, denn

- Wetter: der Flügelschlag eines Schmetterlings in Südamerika kann einen Sturm in Dortmund auslösen.
- Würfelspiel: alle Gesetze, die den Fall eines Würfels beschreiben, sind bekannt. Man kennt nur die Anfangsbedingungen nicht genau genug.

II Klassisches Chaos (3)

Diese Annahme der klassischen Physik ist falsch, denn

- Wetter: der Flügelschlag eines Schmetterlings in Südamerika kann einen Sturm in Dortmund auslösen.
- Würfelspiel: alle Gesetze, die den Fall eines Würfels beschreiben, sind bekannt. Man kennt nur die Anfangsbedingungen nicht genau genug.
- die Bewegung einer Kugel auf einer konkaven Oberfläche hängt ganz empfindlich von der genauen Kenntnis ihrer Position ab.

II Klassisches Chaos (3)

Diese Annahme der klassischen Physik ist falsch, denn

- Wetter: der Flügelschlag eines Schmetterlings in Südamerika kann einen Sturm in Dortmund auslösen.
- Würfelspiel: alle Gesetze, die den Fall eines Würfels beschreiben, sind bekannt. Man kennt nur die Anfangsbedingungen nicht genau genug.
- die Bewegung einer Kugel auf einer konkaven Oberfläche hängt ganz empfindlich von der genauen Kenntnis ihrer Position ab.
- Beispiel: *Chaos-Pendel*

II Klassisches Chaos (3)

Diese Annahme der klassischen Physik ist falsch, denn

- Wetter: der Flügelschlag eines Schmetterlings in Südamerika kann einen Sturm in Dortmund auslösen.
- Würfelspiel: alle Gesetze, die den Fall eines Würfels beschreiben, sind bekannt. Man kennt nur die Anfangsbedingungen nicht genau genug.
- die Bewegung einer Kugel auf einer konkaven Oberfläche hängt ganz empfindlich von der genauen Kenntnis ihrer Position ab.
- Beispiel: *Chaos-Pendel*

Am Rande bemerkt: Die Jünger Jesu haben den Jünger Matthias durch das Los (!) für den Judas ausgewählt.

II Klassisches Chaos (4)



II Klassisches Chaos (5)

Computersimulationen weisen nach, dass einfache Gesetze nicht nur einfache Muster hervorbringen können, sondern auch kompliziertes, unvorhersagbares Verhalten und geordnete Komplexität zur Folge haben können (selbstorganisierende Prozesse ohne äußere Ordnungsmacht).

II Klassisches Chaos (5)

Computersimulationen weisen nach, dass einfache Gesetze nicht nur einfache Muster hervorbringen können, sondern auch kompliziertes, unvorhersagbares Verhalten und geordnete Komplexität zur Folge haben können (selbstorganisierende Prozesse ohne äußere Ordnungsmacht).

Die Entdecker physikalischer Gesetze staunten seit jeher darüber, wie elegant die Natur ist.

Beispiel aus der klassischen Physik: Das Würfelspiel

- Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Zahl: $1/6$

Beispiel aus der klassischen Physik: Das Würfelspiel

- Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Zahl: $1/6$
- Dreier-Pasch für eine Sechs (Hamburger Aalwette):

Beispiel aus der klassischen Physik: Das Würfelspiel

- Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Zahl: $1/6$
- Dreier-Pasch für eine Sechs (Hamburger Aalwette):
 - $\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} = \frac{1}{216}$

Beispiel aus der klassischen Physik: Das Würfelspiel

- Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Zahl: $1/6$
- Dreier-Pasch für eine Sechs (Hamburger Aalwette):
 - $\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} = \frac{1}{216}$
- keine Beeinflussung zukünftiger Ergebnisse durch die Vorgeschichte

Beispiel aus der klassischen Physik: Das Würfelspiel

- Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Zahl: $1/6$
- Dreier-Pasch für eine Sechs (Hamburger Aalwette):
 - $\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} = \frac{1}{216}$
- keine Beeinflussung zukünftiger Ergebnisse durch die Vorgeschichte

Obwohl beim Würfelspiel keine unbekanntes Kräfte am Werk sind und alles im Prinzip determiniert ist, ist das Ergebnis nicht vorhersagbar.

Beispiel aus der klassischen Physik: Das Würfelspiel

- Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Zahl: $1/6$
- Dreier-Pasch für eine Sechs (Hamburger Aalwette):
 - $\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} = \frac{1}{216}$
- keine Beeinflussung zukünftiger Ergebnisse durch die Vorgeschichte

Obwohl beim Würfelspiel keine unbekanntes Kräfte am Werk sind und alles im Prinzip determiniert ist, ist das Ergebnis nicht vorhersagbar.

→ schon klassisch kann man das Bild vom Laplace'schen Dämon nicht aufrechterhalten

Beispiel aus der klassischen Physik: Das Würfelspiel

- Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Zahl: $1/6$
- Dreier-Pasch für eine Sechs (Hamburger Aalwette):
 - $\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} = \frac{1}{216}$
- keine Beeinflussung zukünftiger Ergebnisse durch die Vorgeschichte

Obwohl beim Würfelspiel keine unbekanntes Kräfte am Werk sind und alles im Prinzip determiniert ist, ist das Ergebnis nicht vorhersagbar.

→ schon klassisch kann man das Bild vom Laplace'schen Dämon nicht aufrechterhalten

Aber, viel schlimmer noch: man kann die Anfangsbedingungen prinzipiell nicht genau kennen.

Beispiel aus der klassischen Physik: Das Würfelspiel

- Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Zahl: $1/6$
- Dreier-Pasch für eine Sechs (Hamburger Aalwette):
 - $\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} = \frac{1}{216}$
- keine Beeinflussung zukünftiger Ergebnisse durch die Vorgeschichte

Obwohl beim Würfelspiel keine unbekanntes Kräfte am Werk sind und alles im Prinzip determiniert ist, ist das Ergebnis nicht vorhersagbar.

→ schon klassisch kann man das Bild vom Laplace'schen Dämon nicht aufrechterhalten

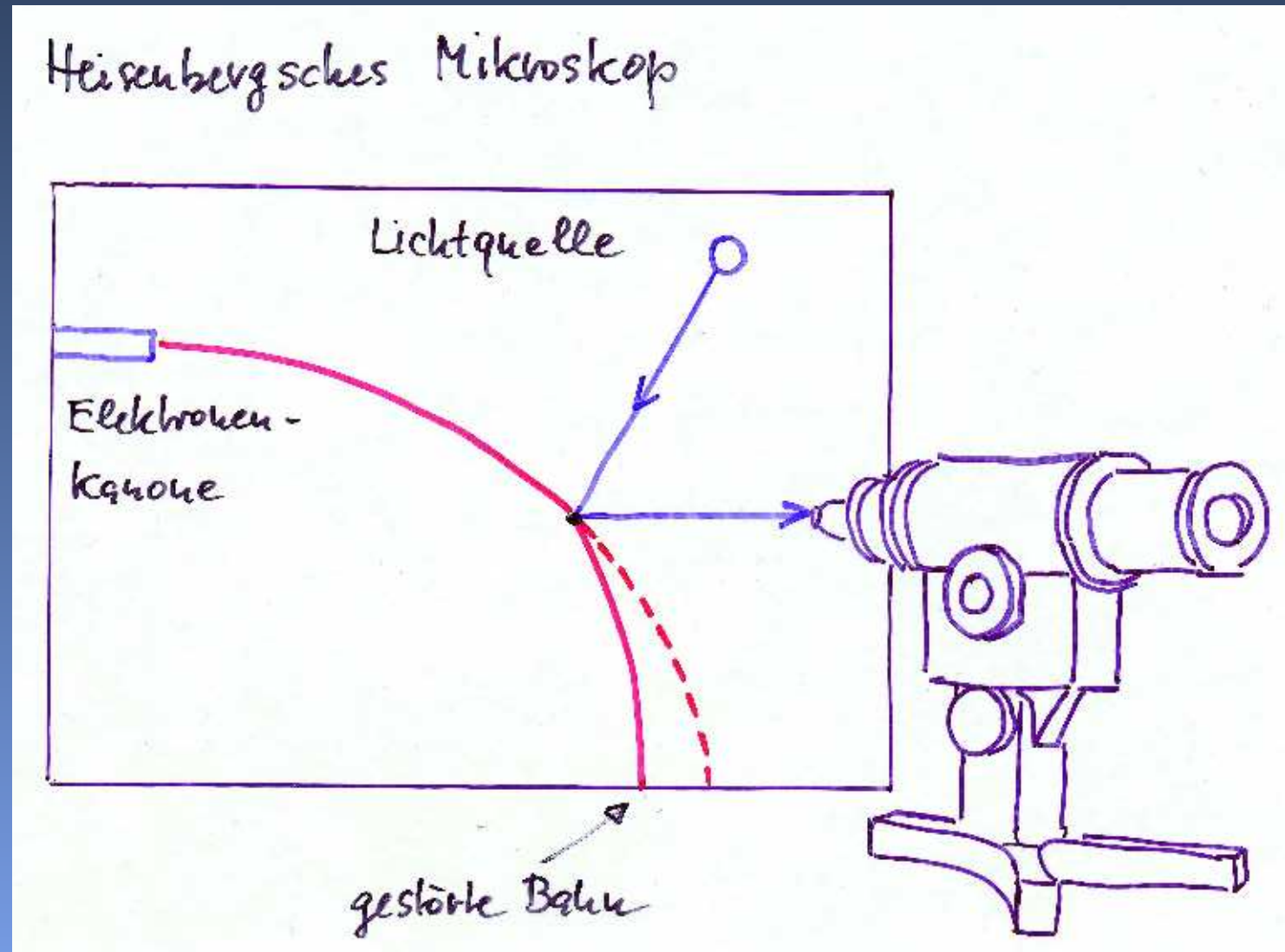
Aber, viel schlimmer noch: man kann die Anfangsbedingungen prinzipiell nicht genau kennen.

→ *Heisenberg'sche Unschärferelation*

Casino



Heisenberg'sches Mikroskop



Quantenphysik

Wer von der Quantenmechanik nicht schockiert ist, hat sie nicht verstanden (Niels Bohr).

Quantenphysik

Wer von der Quantenmechanik nicht schockiert ist, hat sie nicht verstanden (Niels Bohr).

Die Mikroobjekte der Quantenphysik sind gar keine Teilchen im klassischen Sinne, also keineswegs stark verkleinerte Kügelchen. Will man Phänomene anschaulich erklären, muss man manchmal zu komplementären Bildern greifen, die sich z.T. sogar ausschließen.

Quantenphysik

Wer von der Quantenmechanik nicht schockiert ist, hat sie nicht verstanden (Niels Bohr).

Die Mikroobjekte der Quantenphysik sind gar keine Teilchen im klassischen Sinne, also keineswegs stark verkleinerte Kügelchen. Will man Phänomene anschaulich erklären, muss man manchmal zu komplementären Bildern greifen, die sich z.T. sogar ausschließen.

„Materie ist nicht, sie geschieht.“ (Hermann Weyl)

Quantenphysik

- *Heisenbergsche Unschärferelation:*
Die Anfangsbedingungen in einem System sind nicht wie in der klassischen Mechanik aus praktischen Gründen unbekannt, sondern sie existieren gar nicht scharf. Die Natur legt sich sozusagen nicht genauer fest.

Quantenphysik

- *Heisenbergsche Unschärferelation:*
Die Anfangsbedingungen in einem System sind nicht wie in der klassischen Mechanik aus praktischen Gründen unbekannt, sondern sie existieren gar nicht scharf. Die Natur legt sich sozusagen nicht genauer fest.
- Einstein empfand die Unschärfe der Quantentheorie als großen Makel: **Gott würfelt nicht.**

Quantenphysik

- *Heisenbergsche Unschärferelation:*
Die Anfangsbedingungen in einem System sind nicht wie in der klassischen Mechanik aus praktischen Gründen unbekannt, sondern sie existieren gar nicht scharf. Die Natur legt sich sozusagen nicht genauer fest.
- Einstein empfand die Unschärfe der Quantentheorie als großen Makel: **Gott würfelt nicht.**
- Steht hinter den zufälligen Ereignissen der Quantenmechanik doch eine Art von strengem Determinismus? Gibt es verborgene Parameter? **NEIN.** Gott ist nicht einer der verborgenen Parameter der Quantenmechanik!

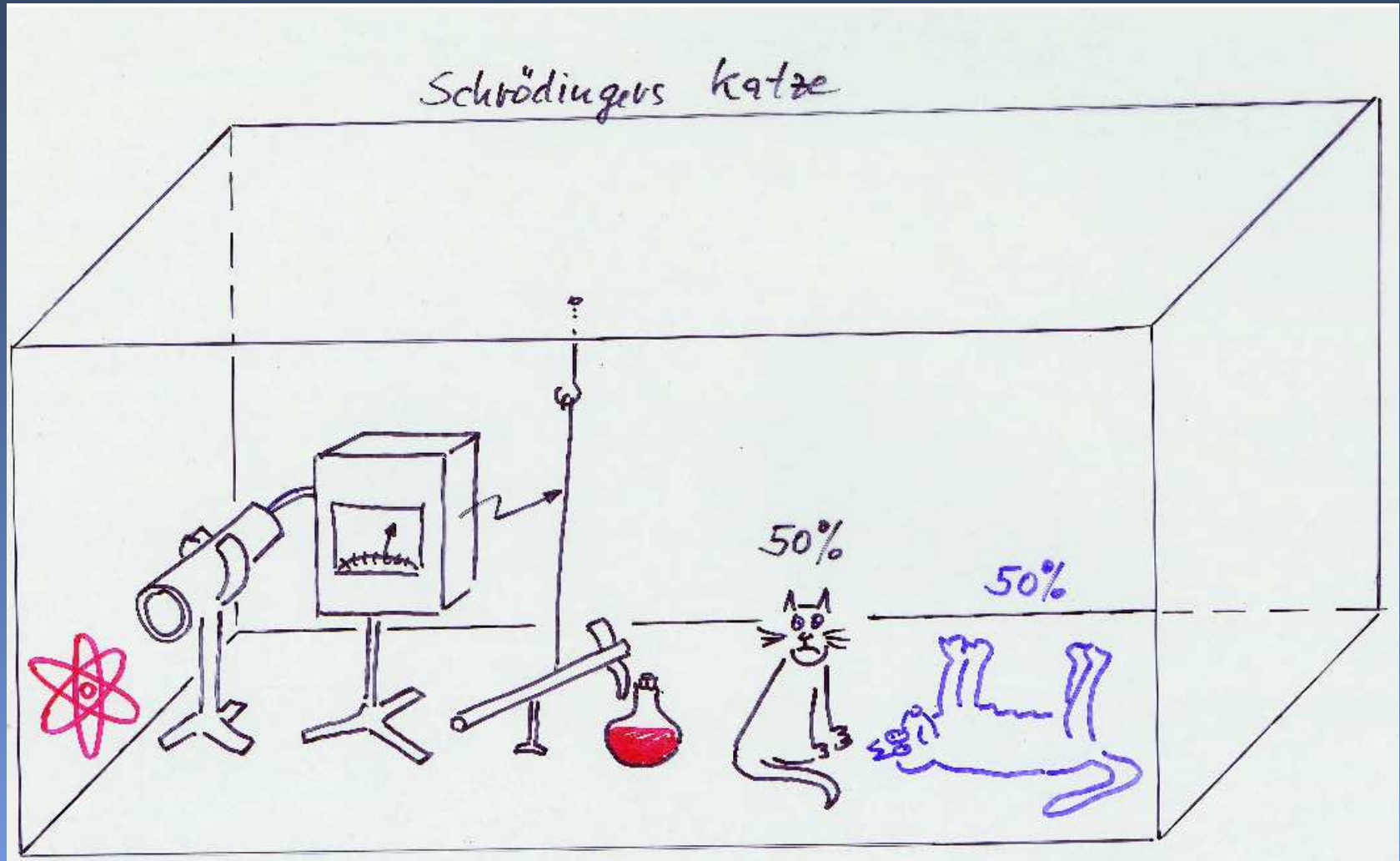
Quantenphysik

- *Heisenbergsche Unschärferelation:*
Die Anfangsbedingungen in einem System sind nicht wie in der klassischen Mechanik aus praktischen Gründen unbekannt, sondern sie existieren gar nicht scharf. Die Natur legt sich sozusagen nicht genauer fest.
- Einstein empfand die Unschärfe der Quantentheorie als großen Makel: **Gott würfelt nicht.**
- Steht hinter den zufälligen Ereignissen der Quantenmechanik doch eine Art von strengem Determinismus? Gibt es verborgene Parameter? **NEIN.** Gott ist nicht einer der verborgenen Parameter der Quantenmechanik!
- Halbdurchlässiger Spiegel?

Quantenphysik

- *Heisenbergsche Unschärferelation:*
Die Anfangsbedingungen in einem System sind nicht wie in der klassischen Mechanik aus praktischen Gründen unbekannt, sondern sie existieren gar nicht scharf. Die Natur legt sich sozusagen nicht genauer fest.
- Einstein empfand die Unschärfe der Quantentheorie als großen Makel: **Gott würfelt nicht.**
- Steht hinter den zufälligen Ereignissen der Quantenmechanik doch eine Art von strengem Determinismus? Gibt es verborgene Parameter? **NEIN.** Gott ist nicht einer der verborgenen Parameter der Quantenmechanik!
- Halbdurchlässiger Spiegel?
- Schrödingers Katze: Die Beobachtung ist ein irreversibler Eingriff in die Welt und macht sie erst zur Wirklichkeit.

Schrödingers Katze



Zufallsgeneratoren

- **Radioaktiver Zerfall:** → echter Zufallsgenerator

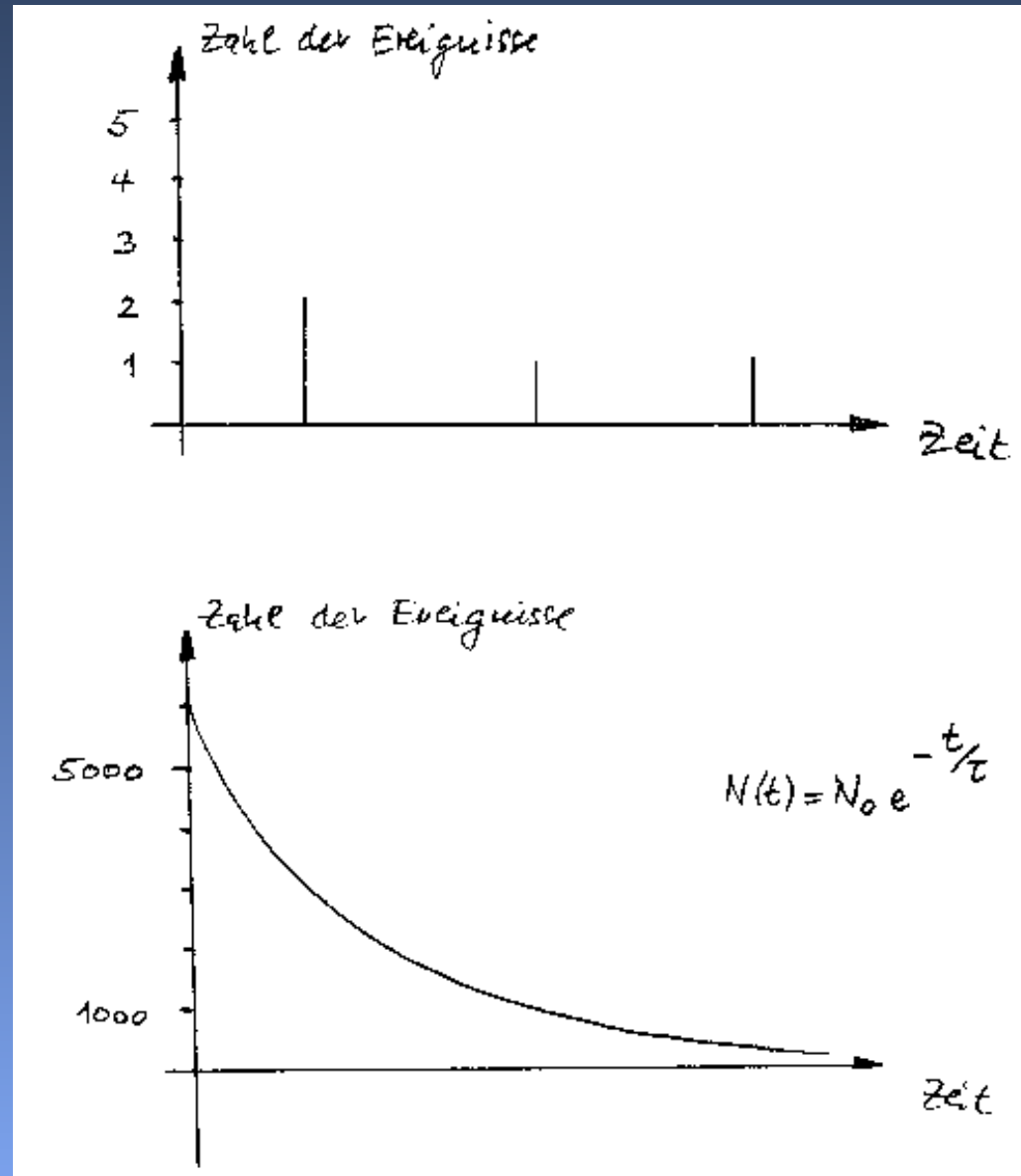
Zufallsgeneratoren

- **Radioaktiver Zerfall:** → echter Zufallsgenerator
- Alle Zufallszahlengeneratoren in Rechnern sind in Wirklichkeit Pseudozufallszahlengeneratoren, d.h. sie werden nach einem bestimmten Algorithmus „ausgerechnet“, sind also streng deterministisch.

Zufallsgeneratoren

- **Radioaktiver Zerfall:** → echter Zufallsgenerator
- Alle Zufallszahlengeneratoren in Rechnern sind in Wirklichkeit Pseudozufallszahlengeneratoren, d.h. sie werden nach einem bestimmten Algorithmus „ausgerechnet“, sind also streng deterministisch.
- Für echte Zufallszahlengeneratoren braucht man also ein nicht-vorhersagbares Quantenphänomen; diese echten Zufallszahlen sind nicht einmal von Gott vorhersagbar!

Zufallsgenerator radioaktiver Zerfall



Der Zufall (1)

- Es gibt zwar keine Vorhersagbarkeit für ein Einzelereignis, aber stattdessen eine Wahrscheinlichkeit.

Der Zufall (1)

- Es gibt zwar keine Vorhersagbarkeit für ein Einzelereignis, aber stattdessen eine Wahrscheinlichkeit.
- Gott bestimmt in der Quantenphysik zwar die große Linie, aber mit Einzelheiten hält er sich nicht auf.

Der Zufall (1)

- Es gibt zwar keine Vorhersagbarkeit für ein Einzelereignis, aber stattdessen eine Wahrscheinlichkeit.
- Gott bestimmt in der Quantenphysik zwar die große Linie, aber mit Einzelheiten hält er sich nicht auf.
- Wie müssen uns wohl mit der prinzipiellen Rolle des Zufalls anfreunden. Die gemeinsame Wurzel der beobachteten strengen Gesetzmäßigkeiten ist der Zufall.

Der Zufall (2)

- In der Quantenphysik ist der Zufall das Normale. Nur: der Zufall unterliegt klaren Gesetzen, sodass bei vielen Ereignissen sich eine erwartete und vorhersagbare Verteilung ergibt.

Der Zufall (2)

- In der Quantenphysik ist der Zufall das Normale. Nur: der Zufall unterliegt klaren Gesetzen, sodass bei vielen Ereignissen sich eine erwartete und vorhersagbare Verteilung ergibt.
- *Beispiel:* wann zerfällt ein einzelner Atomkern einer bestimmten Sorte (Lebensdauer τ gegeben)?

Der Zufall (2)

- In der Quantenphysik ist der Zufall das Normale. Nur: der Zufall unterliegt klaren Gesetzen, sodass bei vielen Ereignissen sich eine erwartete und vorhersagbare Verteilung ergibt.
- *Beispiel:* wann zerfällt ein einzelner Atomkern einer bestimmten Sorte (Lebensdauer τ gegeben)?
 - \rightsquigarrow Es gibt keine Möglichkeit, den einzelnen Zerfall vorherzusagen. Die Verteilung der Zerfallszeiten ist aber mathematisch klar vorgegeben. Wo viele Teilchen zusammenspielen, verhindert der statistische Durchschnitt große Sprünge.

Symmetriebrechung

Eine Symmetrie wird häufig bei Phasenübergängen in unvorhersagbarer Weise gebrochen:

- Frieren von Wasser (Schneeflocken)

Symmetriebrechung

Eine Symmetrie wird häufig bei Phasenübergängen in unvorhersagbarer Weise gebrochen:

- Frieren von Wasser (Schneeflocken)
- Ferromagnet (*Weiß'sche Bezirke*)

Symmetriebrechung

Eine Symmetrie wird häufig bei Phasenübergängen in unvorhersagbarer Weise gebrochen:

- Frieren von Wasser (Schneeflocken)
- Ferromagnet (*Weiß'sche Bezirke*)
- Phasenübergänge im frühen Universum

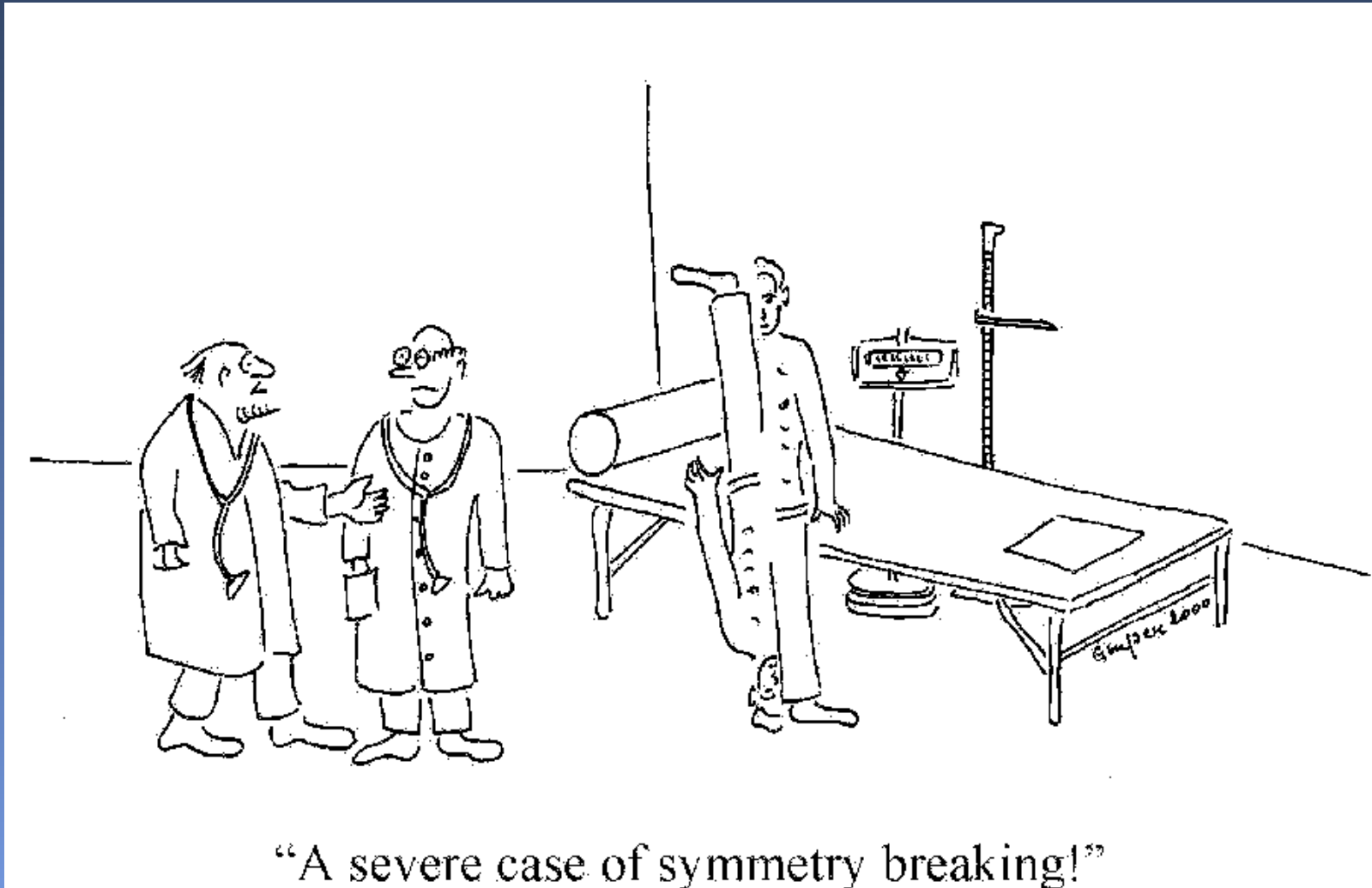
Symmetriebrechung

Eine Symmetrie wird häufig bei Phasenübergängen in unvorhersagbarer Weise gebrochen:

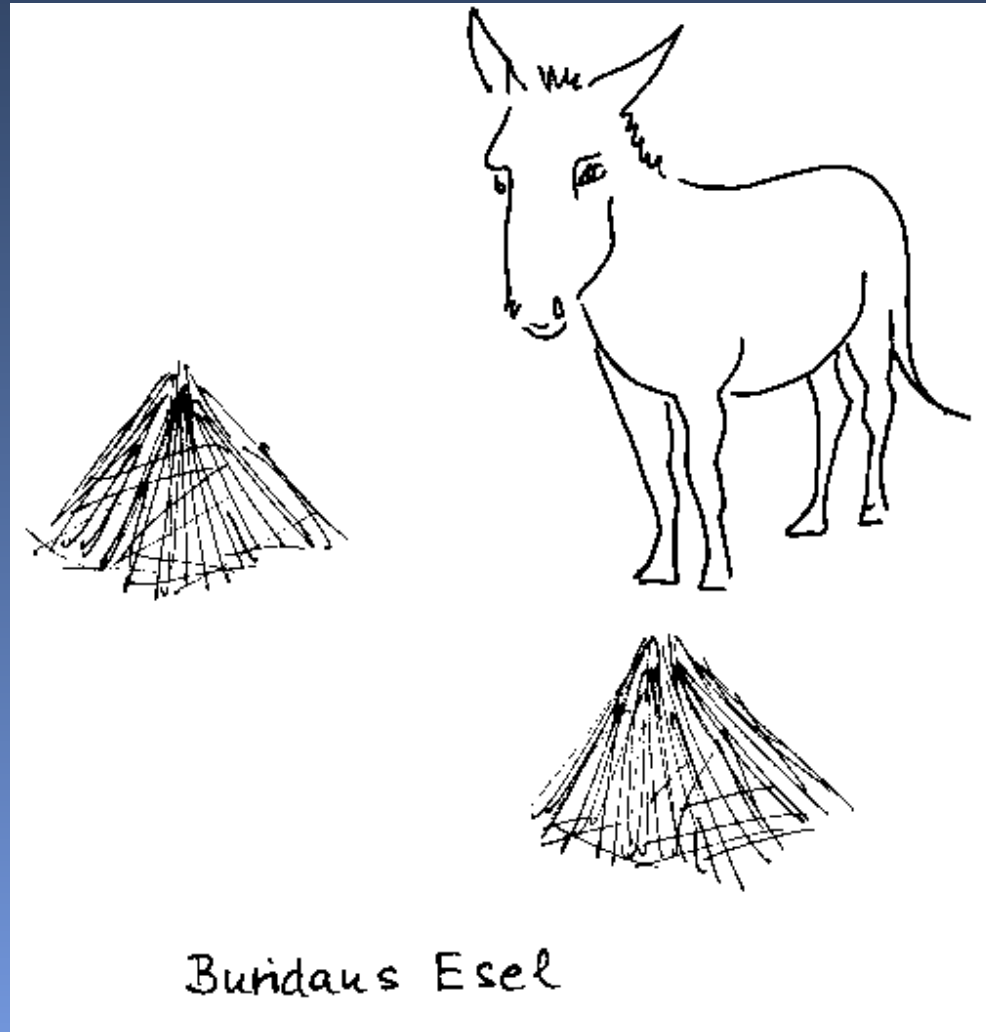
- Frieren von Wasser (Schneeflocken)
- Ferromagnet (*Weiß'sche Bezirke*)
- Phasenübergänge im frühen Universum

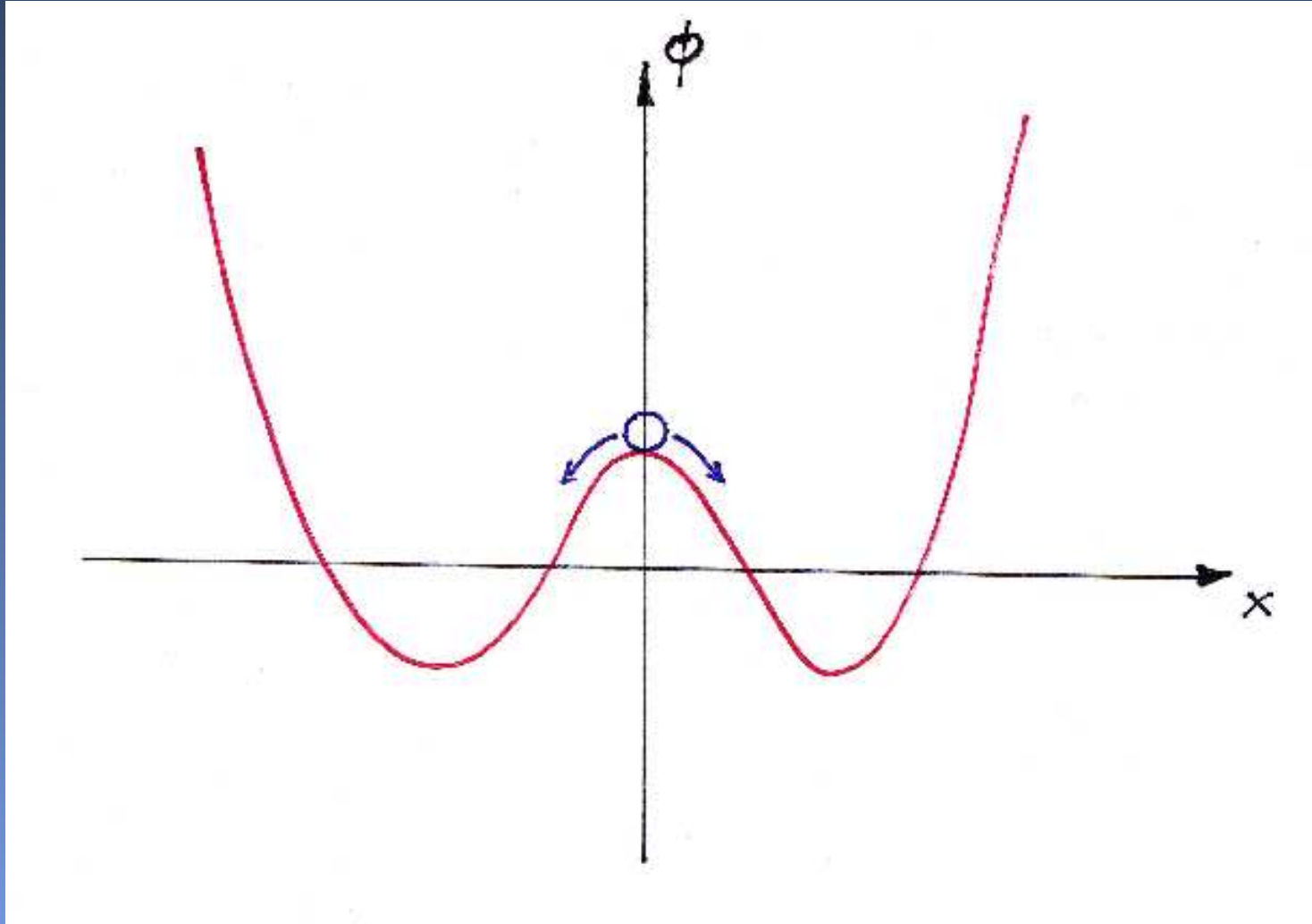
Weitere Symmetriebrechungen:

- *Buridan's Esel*
- runder gedeckter Tisch
- spontane Symmetriebrechung: *Higgs-Mechanismus*



Buridans Esel





Kosmologie und Zufall

Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde.

- Ursprung des Universums aus einer Quantenfluktuation?

Kosmologie und Zufall

Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde.

- Ursprung des Universums aus einer Quantenfluktuation?
- *Stephen Hawking*: „Wer bläst den Gleichungen den Odem ein und erschafft ihnen ein Universum, das sie beschreiben können?“

Kosmologie und Zufall

Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde.

- Ursprung des Universums aus einer Quantenfluktuation?
- *Stephen Hawking*: „Wer bläst den Gleichungen den Odem ein und erschafft ihnen ein Universum, das sie beschreiben können?“
- *Augustinus*: *Creatio ex Nihilo*?

Kosmologie und Zufall

Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde.

- Ursprung des Universums aus einer Quantenfluktuation?
- *Stephen Hawking*: „Wer bläst den Gleichungen den Odem ein und erschafft ihnen ein Universum, das sie beschreiben können?“
- *Augustinus*: *Creatio ex Nihilo*?
- Ist Gott ewig? Was hat er gemacht, bevor er die Welt geschaffen hat?

Kosmologie und Zufall

Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde.

- Ursprung des Universums aus einer Quantenfluktuation?
- *Stephen Hawking*: „Wer bläst den Gleichungen den Odem ein und erschafft ihnen ein Universum, das sie beschreiben können?“
- *Augustinus*: *Creatio ex Nihilo*?
- Ist Gott ewig? Was hat er gemacht, bevor er die Welt geschaffen hat?
- Er hat die Hölle gemacht für diejenigen, die solche Fragen stellen.

Kosmologie und Zufall

Am Anfang schuf Gott Himmel und Erde.

- Ursprung des Universums aus einer Quantenfluktuation?
- *Stephen Hawking*: „Wer bläst den Gleichungen den Odem ein und erschafft ihnen ein Universum, das sie beschreiben können?“
- *Augustinus*: *Creatio ex Nihilo*?
- Ist Gott ewig? Was hat er gemacht, bevor er die Welt geschaffen hat?
- Er hat die Hölle gemacht für diejenigen, die solche Fragen stellen.
- $E_{kin} + E_{pot} = 0$.

Schöpfung

- Dauer des Schöpfungsaktes 6 Tage?

Schöpfung

- Dauer des Schöpfungsaktes 6 Tage?
- nach 3 Minuten war die Big Bang Nukleosynthese fertig

Schöpfung

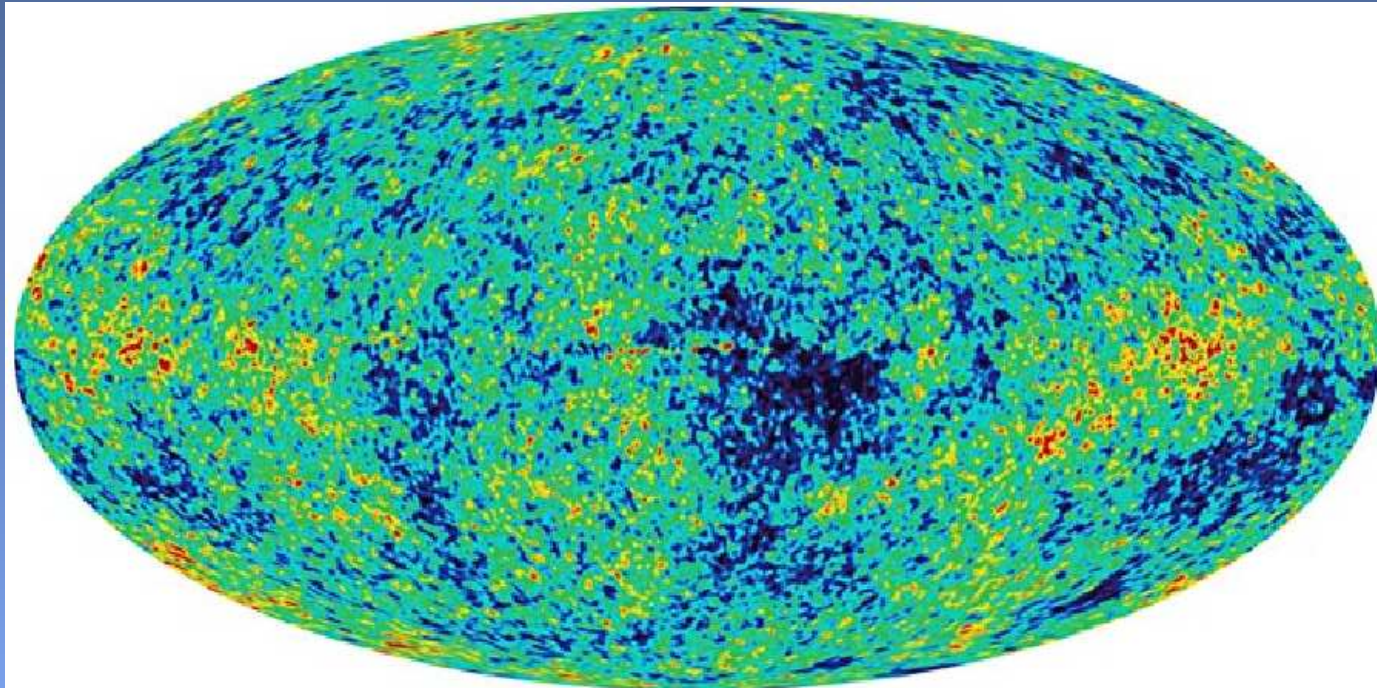
- Dauer des Schöpfungsaktes 6 Tage?
- nach 3 Minuten war die Big Bang Nukleosynthese fertig
- nach 380 000 Jahren wurde das Universum durchsichtig

Schöpfung

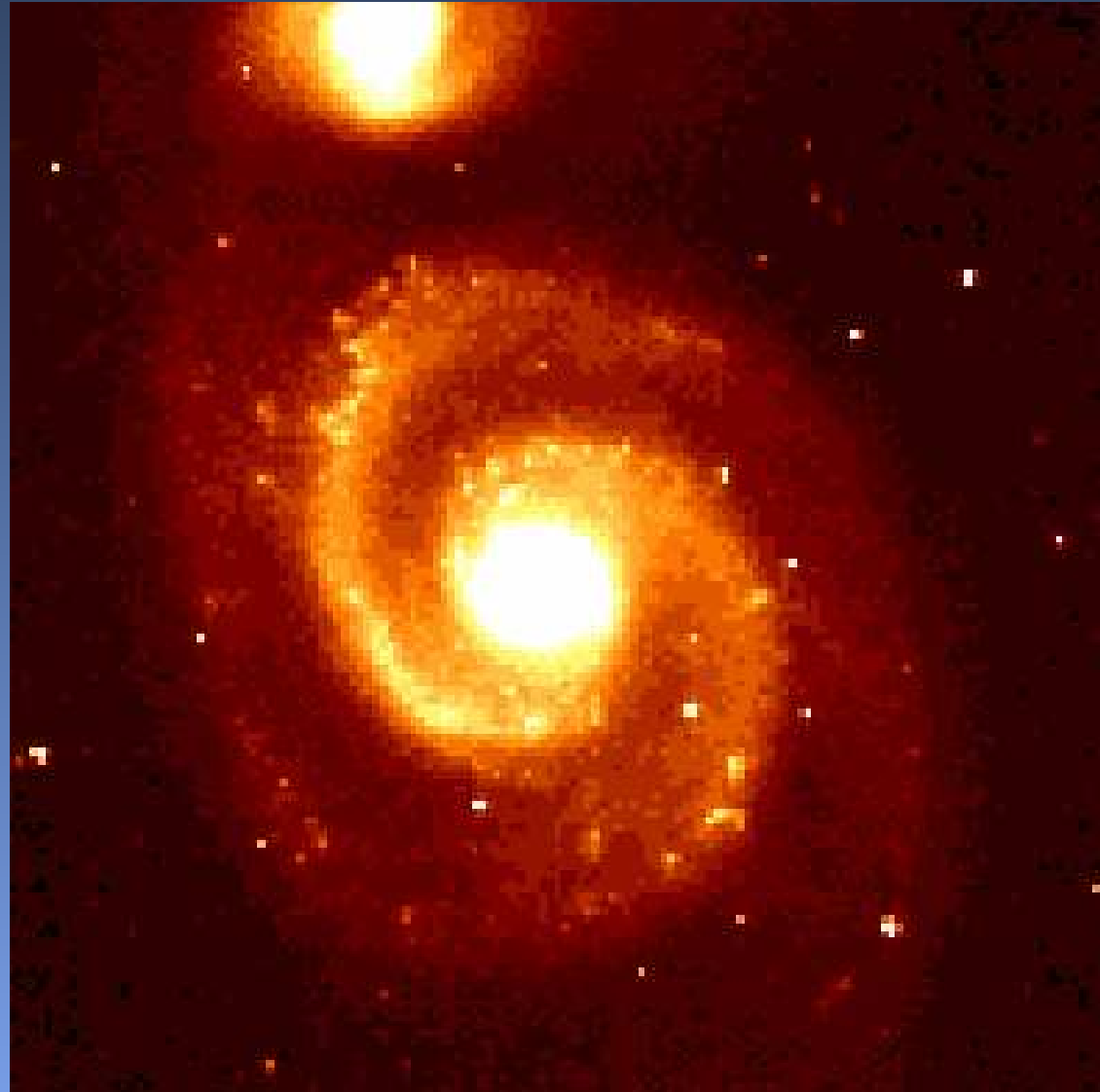
- Dauer des Schöpfungsaktes 6 Tage?
- nach 3 Minuten war die Big Bang Nukleosynthese fertig
- nach 380 000 Jahren wurde das Universum durchsichtig
- 23% dunkle Materie

Schöpfung

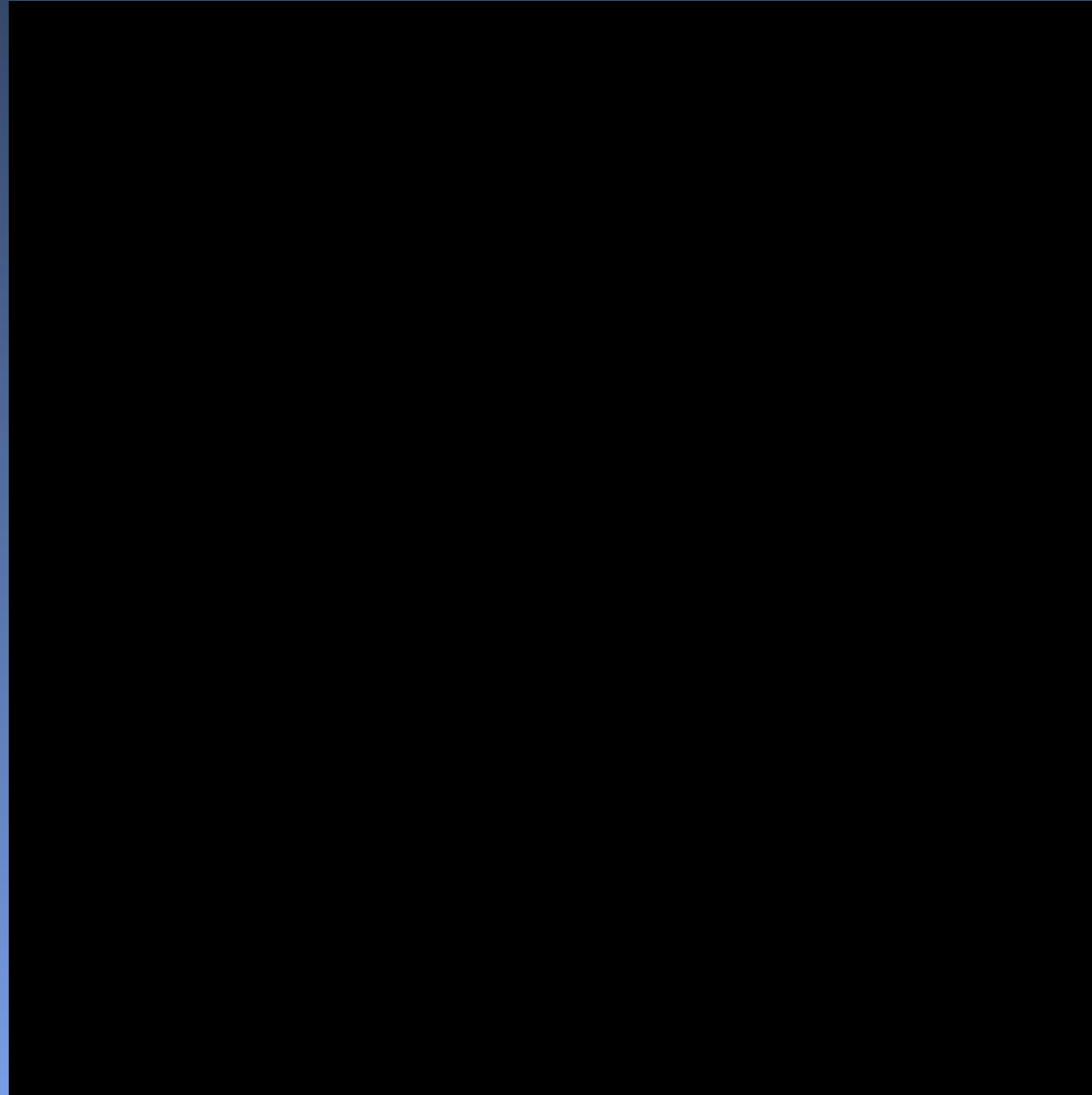
- Dauer des Schöpfungsaktes 6 Tage?
- nach 3 Minuten war die Big Bang Nukleosynthese fertig
- nach 380 000 Jahren wurde das Universum durchsichtig
- 23% dunkle Materie



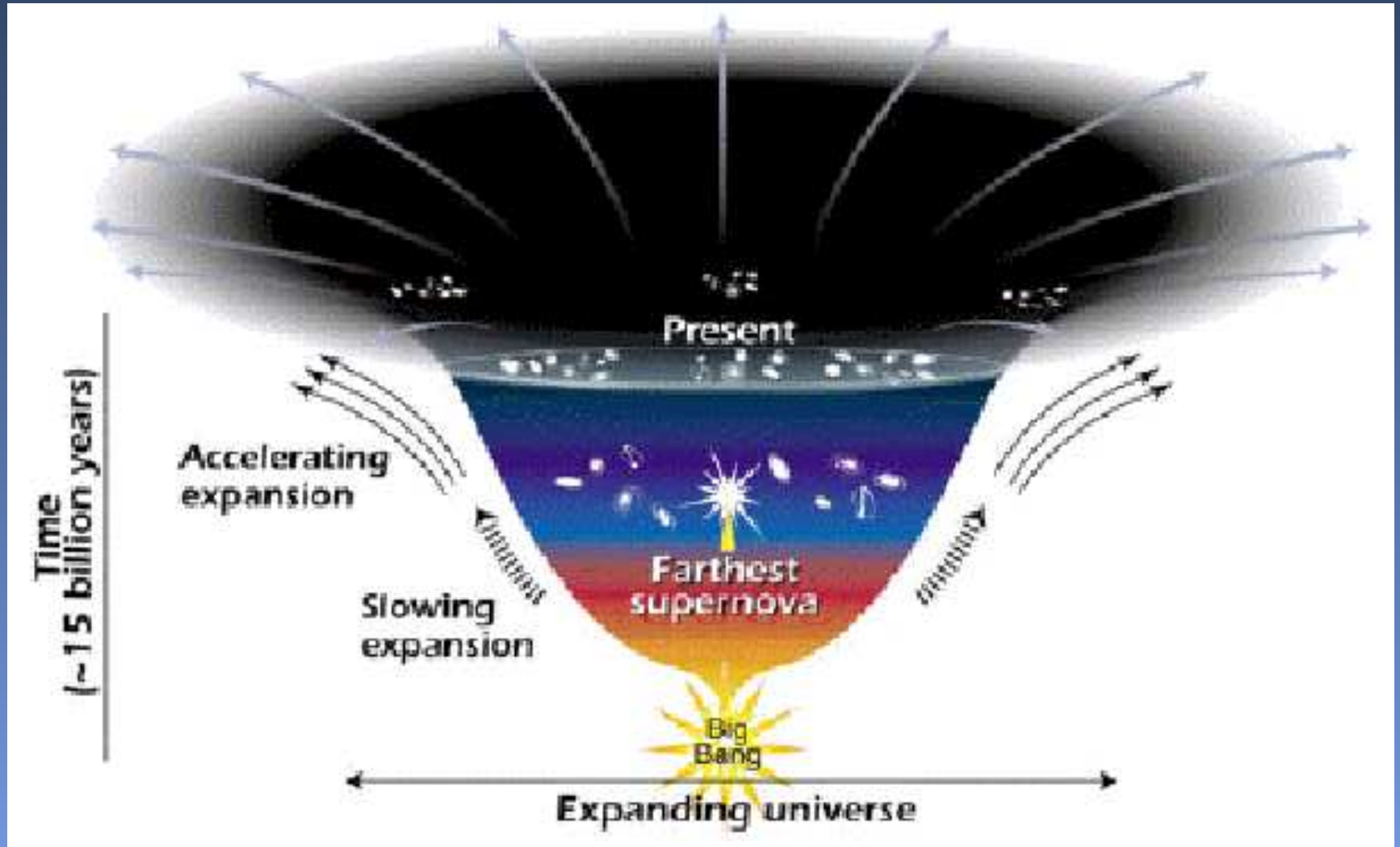
Sichtbare Materie (Galaxien)



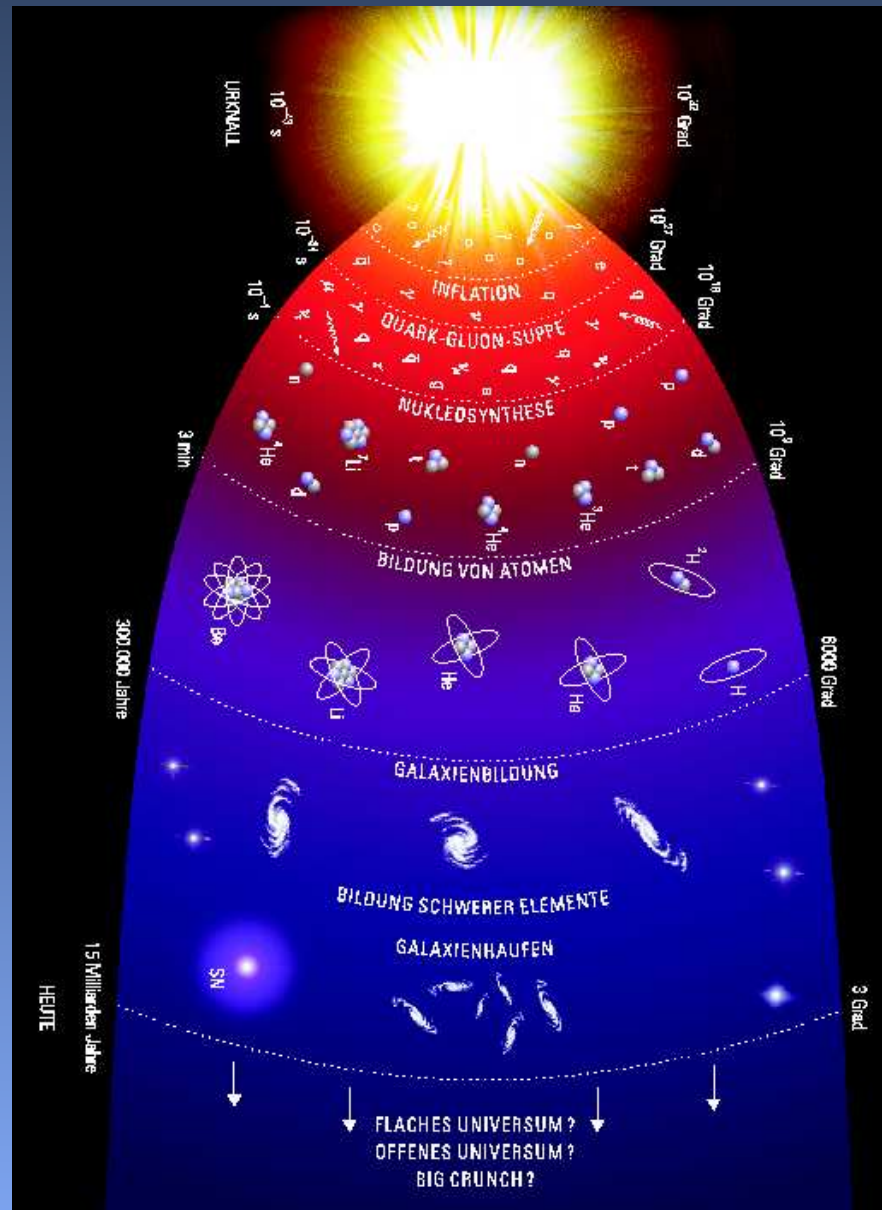
Dunkle Materie („nur Gravitationswechselwirkung“)



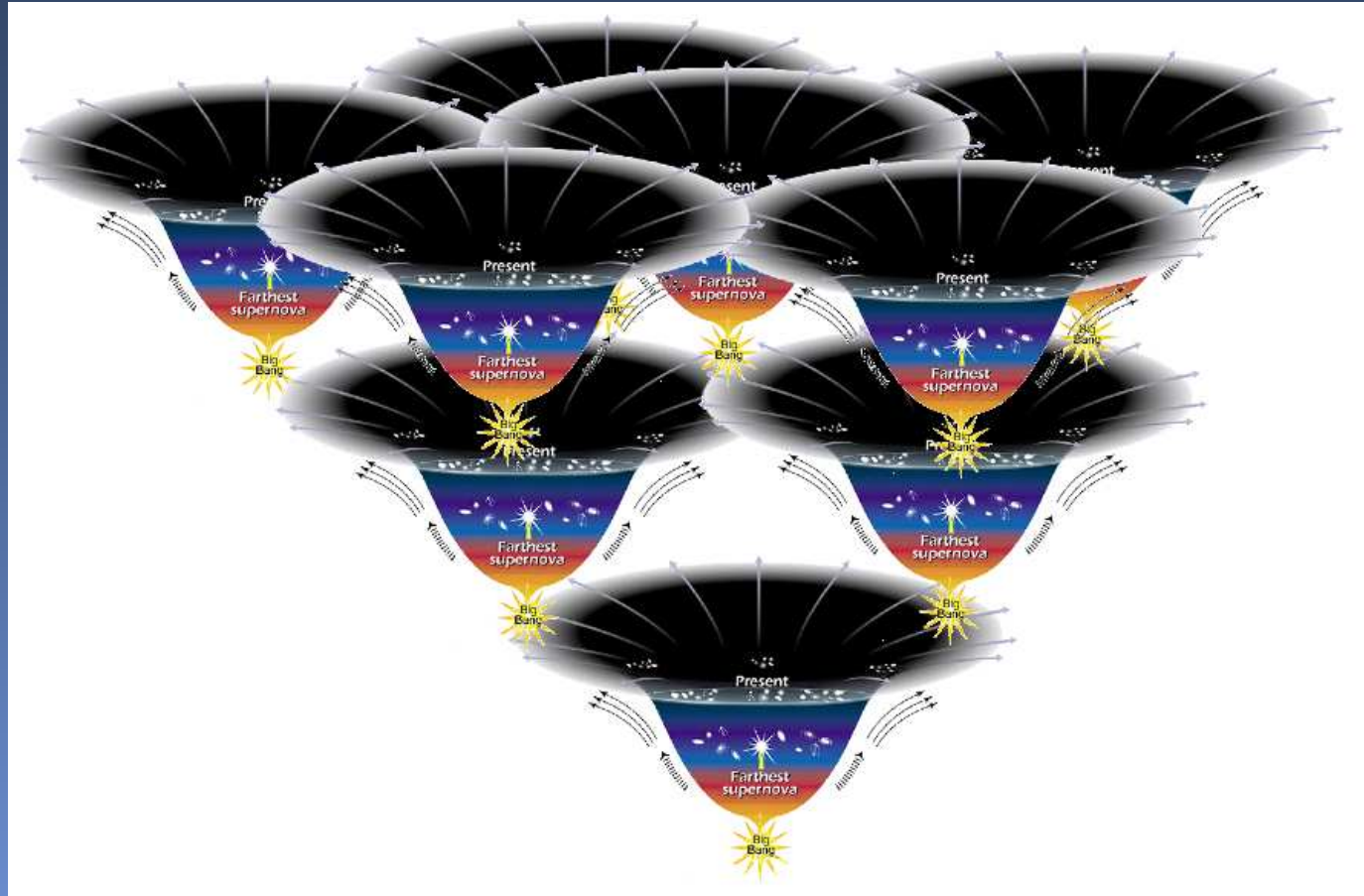
Unser Universum (1)



Unser Universum (2)



Unser Universum als Teil eines Multiversums



Gott und freier Wille?

- Setzt die menschliche Willensfreiheit der göttlichen Macht eine Grenze?

Gott und freier Wille?

- Setzt die menschliche Willensfreiheit der göttlichen Macht eine Grenze?
- die Rolle von Gott in anderen Universen?

Gott und freier Wille?

- Setzt die menschliche Willensfreiheit der göttlichen Macht eine Grenze?
- die Rolle von Gott in anderen Universen?



Is there anything beyond the Standard Model?

Einmaligkeit unseres Universums

- e.g. zahlreiche Manifestationen des Buddha in verschiedenen Universen?

Einmaligkeit unseres Universums

- e.g. zahlreiche Manifestationen des Buddha in verschiedenen Universen?
- Feinabstimmung von Parametern? Einmaligkeit?

Einmaligkeit unseres Universums

- e.g. zahlreiche Manifestationen des Buddha in verschiedenen Universen?
- Feinabstimmung von Parametern? Einmaligkeit?
 - Quarkmassen

Einmaligkeit unseres Universums

- e.g. zahlreiche Manifestationen des Buddha in verschiedenen Universen?
- Feinabstimmung von Parametern? Einmaligkeit?
 - Quarkmassen
 - Kohlenstofffusion

Einmaligkeit unseres Universums

- e.g. zahlreiche Manifestationen des Buddha in verschiedenen Universen?
- Feinabstimmung von Parametern? Einmaligkeit?
 - Quarkmassen
 - Kohlenstofffusion
 - genau richtige Gravitationsstärke

Einmaligkeit unseres Universums

- e.g. zahlreiche Manifestationen des Buddha in verschiedenen Universen?
- Feinabstimmung von Parametern? Einmaligkeit?
 - Quarkmassen
 - Kohlenstofffusion
 - genau richtige Gravitationsstärke
 -

Einmaligkeit unseres Universums

- e.g. zahlreiche Manifestationen des Buddha in verschiedenen Universen?
- Feinabstimmung von Parametern? Einmaligkeit?
 - Quarkmassen
 - Kohlenstofffusion
 - genau richtige Gravitationsstärke
 -
- Anthropisches Prinzip

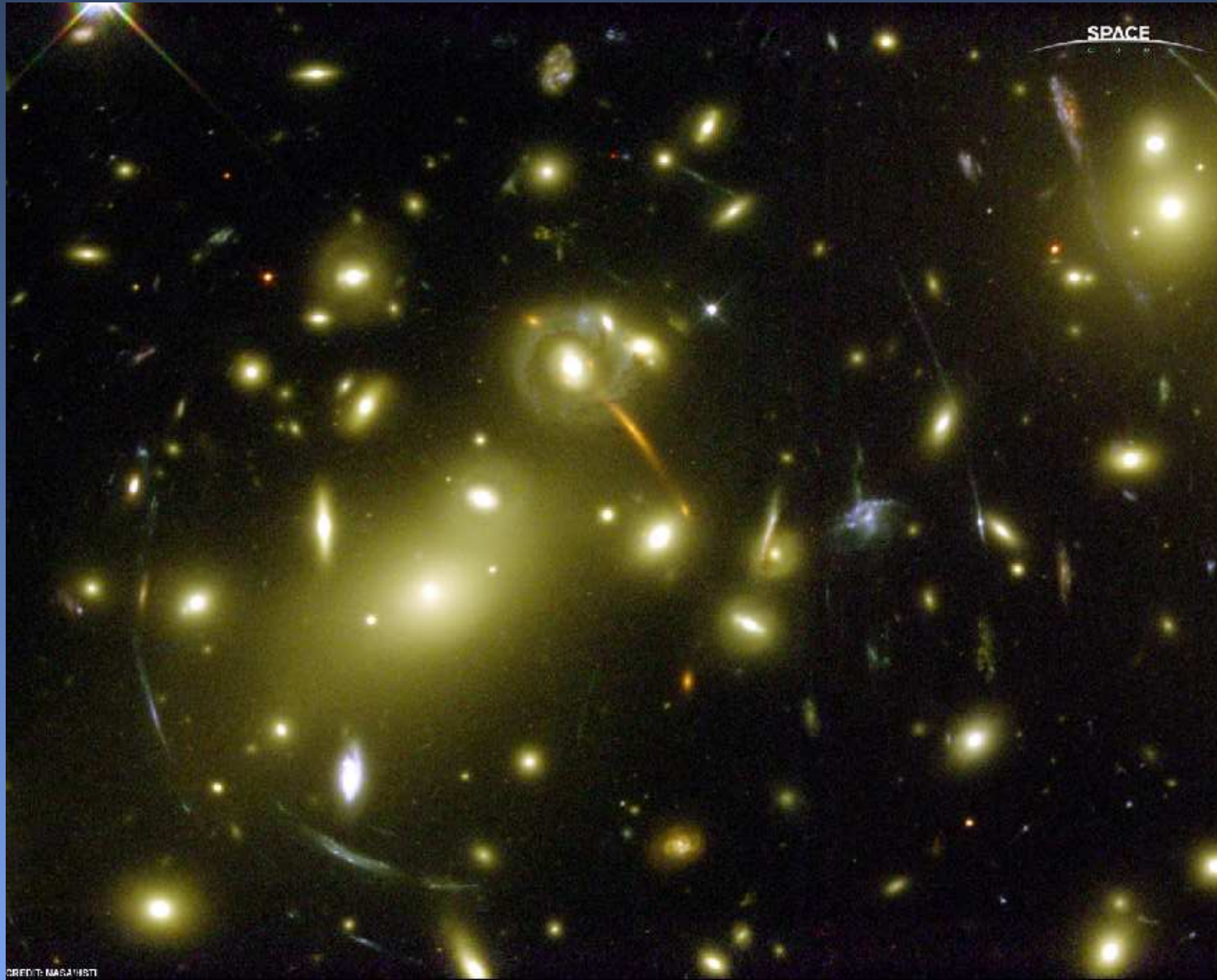
Einmaligkeit unseres Universums

- e.g. zahlreiche Manifestationen des Buddha in verschiedenen Universen?
- Feinabstimmung von Parametern? Einmaligkeit?
 - Quarkmassen
 - Kohlenstofffusion
 - genau richtige Gravitationsstärke
 -
- Anthropisches Prinzip
- Wir müssen uns nicht wundern, in einem Universum zu leben, das für biologische Entwicklung geeignet ist, sonst wären wir ja nicht hier.

Petrus als Skeptiker



1 Grad x 1 Grad: Galaxien en masse



Resumee

Gott hat mit dem Urknall die Gesetze geschaffen, aber er steuert das Universum nur in großen Zügen, denn die Gesetze, insbesondere die in der Quantenwelt, werden nur durch Wahrscheinlichkeiten beschrieben. Im Einzelnen überlässt er vieles dem Zufall (Schicksal).

Resumee

Gott hat mit dem Urknall die Gesetze geschaffen, aber er steuert das Universum nur in großen Zügen, denn die Gesetze, insbesondere die in der Quantenwelt, werden nur durch Wahrscheinlichkeiten beschrieben. Im Einzelnen überlässt er vieles dem Zufall (Schicksal).

Gott erträgt es, die Entwicklung der Welt dem Launenspiel des Zufalls und dem Zwang der von ihm geschaffenen Gesetze zu überlassen. Er kann nicht mehr auf die Materie einwirken, aber auf die Seele?

Euripides (428 v. Chr.):

... am Irrwahn hängend, dass es Götter gibt, indes der Zufall diese ganze Welt beherrscht.

Euripides (428 v. Chr.):

... am Irrwahn hängend, dass es Götter gibt, indes der Zufall
diese ganze Welt beherrscht.

Goethe (1808):

... das hat der Zufall gut getroffen.