

Philosophische Aspekte der modernen Physik SS2010

4. Das Wunder des Punktes

10.05.2010

www.kbraeuer.de

1

Der Punkt des Euklid

- Ägypter identifizieren Linien und Punkte auf Papyrus mit Landmarken
- Pythagoras und Nachfolger
 - entwickeln Geometrie auf Grundlage strenger Beweise
 - Genaue Beweisvoraussetzung: Definition von Punkt, Linie, Fläche, Winkel, ...
- Erst nach 2 Jahrhunderten befriedigende Definition des Punktes durch Euklid:
 - Ein Punkt ist etwas, das keine Teile hat
 - Bis heute Basis der Geometrie

10.05.2010

www.kbraeuer.de

2

- Euklids Ziel:
 - möglichst kompaktes, durchsichtiges und widerspruchsfreies System von Definitionen, Postulaten und Aussagen
- Nicht Ziel:
 - möglichst genaue Beschreibung der sinnfälligen Wirklichkeit
- Traditionelles Denken bis heute:
 - Alle ausgedehnten Körper sind aus kleineren (Punkten) zusammengesetzt
 - Raum ist Ansammlung unendlich vieler Punkte (Koordinaten)
 - Welt ist punktgenau berechenbar
- Euklids Punkt wurde zur Grundlage unserer Kultur
 - Technik, Weltbild, (Descartes: durch Maß und Zahl die Welt beherrschen)
 - Entspiritualisierung unseres Selbstbildes
 - Vollständige Identifikation mit unserer zeitlich begrenzten materiellen Existenz
- Punkt des Euklid existiert als geniale gedankliche Schöpfung, nicht jedoch in der Natur

10.05.2010

www.kbraeuer.de

3

Achilles und die Schildkröte

- Problematik des Punktes wurde schnell erkannt (Zenon von Elea 5. Jahrhundert v. Chr.)
- Vorstellung eines absoluten Raumes, unendlich vieler dichter Punkte führt auf Paradoxa
- Achilles kann den Vorsprung der Schildkröte nicht überwinden



$$\frac{100m}{\text{Vorsprung } t_0} + \frac{10m}{\text{Vorsprung } t_1} + 1m + 0.1m + 0.01m + \dots = 111.111111\dots m = \frac{1000}{9} m$$

$$\frac{10s}{\text{Vorsprung } t_0} + \frac{1s}{\text{Vorsprung } t_1} + 0.1s + 0.01s + 0.001s + \dots = 11.111111\dots s = \frac{100}{9} s$$

10.05.2010

www.kbraeuer.de

4

- Vorsprung wird immer kleiner
- Zeit zwischen den Intervallen wird immer kleiner
- Die Summen haben eine unendliche Anzahl von Summanden, sind aber endlich
- Wie aber gelingt es, die unendlich vielen Intervalle zu durchlaufen?
- Es ist, als würde Achilles in $100/9$ Sekunden auf unendlich zählen
- Achilles verfängt sich im Punkt
- ist das vielleicht auch ein Problem der moderne Wissenschaft?
 - (wir lernen immer mehr über immer weniger)

10.05.2010

www.kbraeuer.de

5

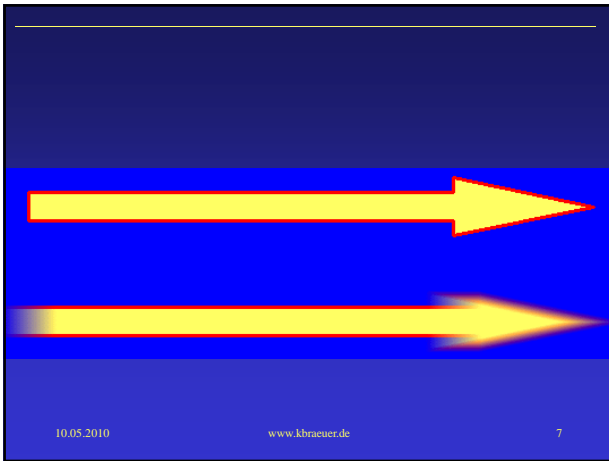
Zenons Pfeil

- Zenon betrachte einen Pfeil zu einem genau bestimmten Augenblick an einem genau bestimmten Punkt
- Die physische Lage sei nur zu einem genau festgelegten Zeitpunkt reell (Vergangenheit ist vorbei, Zukunft hat noch nicht begonnen)
- In diesem punktuellen Jetzt kann es keine Information über Bewegung geben
- Bewegung setzt Information über Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit voraus
- Zwei Augenblicke des Bewegungsverlaufes werden durch unendlich viele Zwischenmomente getrennt über die keine Information über die Bewegung gelangt
- Zenon: es gibt keine Bewegung, die Welt ist in absoluter Ruhe
- Aktuelle Experimente: Quanten-Zenon-Effekt

10.05.2010

www.kbraeuer.de

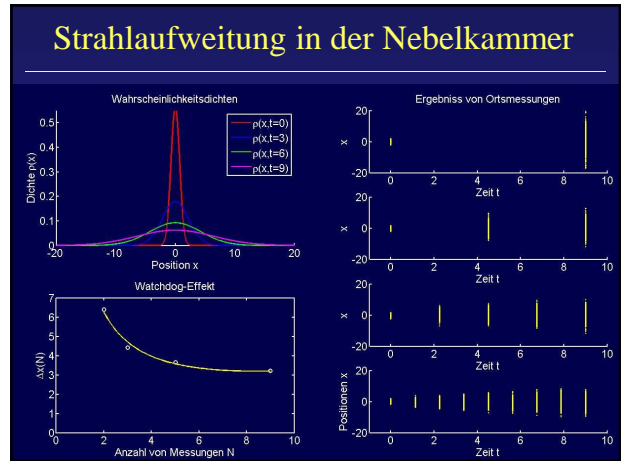
6



10.05.2010

www.kbraeuer.de

7



Aristoteles als Retter der Bewegung

- Konkrete Wahrnehmung einer Bewegung führt zur Wahrnehmung, dass ein bestimmter Weg zurückgelegt wurde
- Die Wahrnehmung lehrt nicht, dass der Weg aus unendlich vielen Punkten besteht
- Jeder Weg kann zwar aufgeteilt werden, aber nicht beliebig oft
- In den geometrischen Vorstellungen verlässt unser Denken die physische Wirklichkeit
- Aristoteles begründet praktisch die Quantenmechanik (Unschärfe, Nichtlokalität) und die spezielle Relativitätstheorie (Licht breitet sich nicht durch den Raum aus)

10.05.2010

www.kbraeuer.de

9

Das Problem der reellen Zahlen

- Natürliche und rationale Zahlen
 - Durch teilen und zählen
- Irrationale Zahlen

es gibt kein (m, n) , so dass $\frac{m}{n} \cdot \frac{m}{n} = 2$
 $\frac{n}{\sqrt{2}} \cdot \frac{n}{\sqrt{2}}$
- Reelle Zahlen (unendlich viele, unendlich dichte Punkte)

10.05.2010

10

- Reelle Zahlen sind Voraussetzung für
 - Newtons Differentialrechnung
 - Formulierung der physikalischen Naturgesetze
 - Ingenieurwesen
- Erstaunlich:
 - Jeder kann einen Kuchen in drei gleiche Stücke teilen
 - Niemand kann 1/3 genau durch eine reelle Zahl angeben
 - Niemand kann π genau durch eine reelle Zahl angeben
 - Messen und praktisches Rechnen ist nur mit rationalen Zahlen möglich
- Mit den reellen Zahlen verlässt unser Denken die physische Wirklichkeit (Aristoteles)

10.05.2010

www.kbraeuer.de

11

Das Plancksche Wirkungsquantum

- Wirkung = Kraft x Weg x Zeit
 - zentraler Größe der mathematischen Naturbeschreibung (Kausalität)
- Heisenbergsche Unschärferelationen:
 - Wirkungen sind nicht punktgenau bestimmt

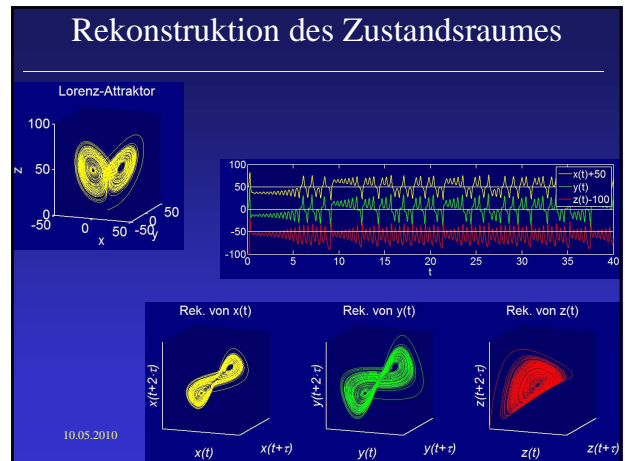
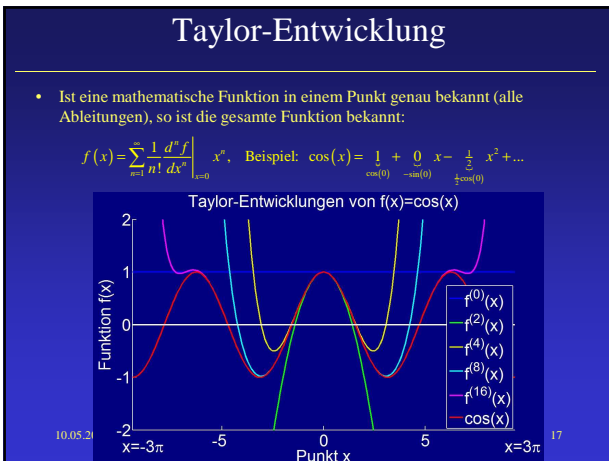
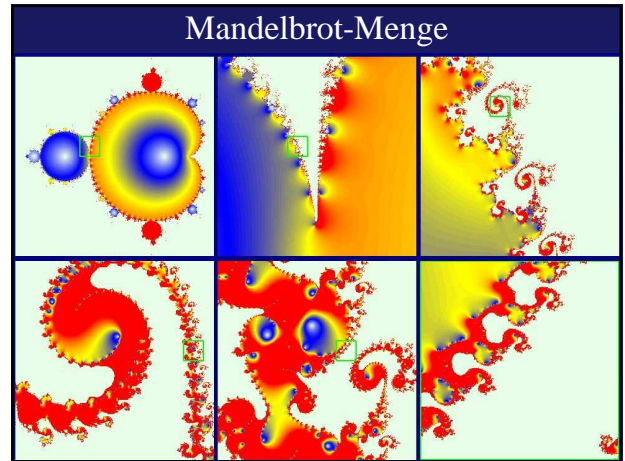
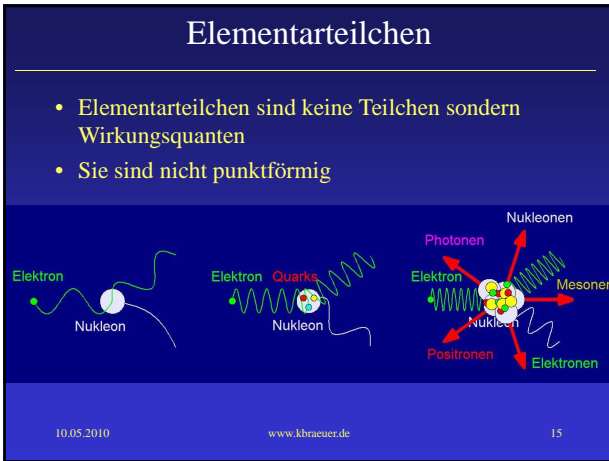
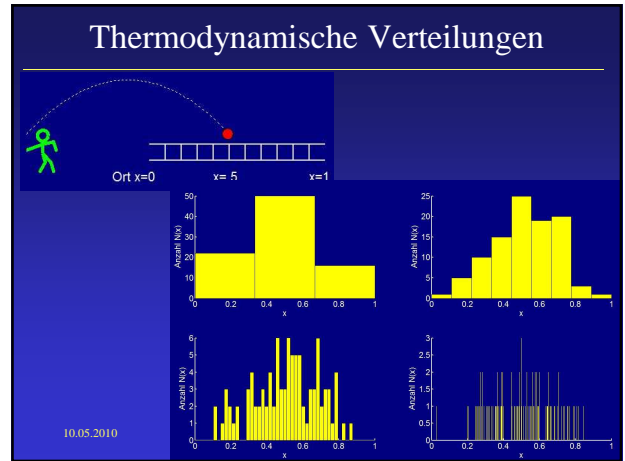
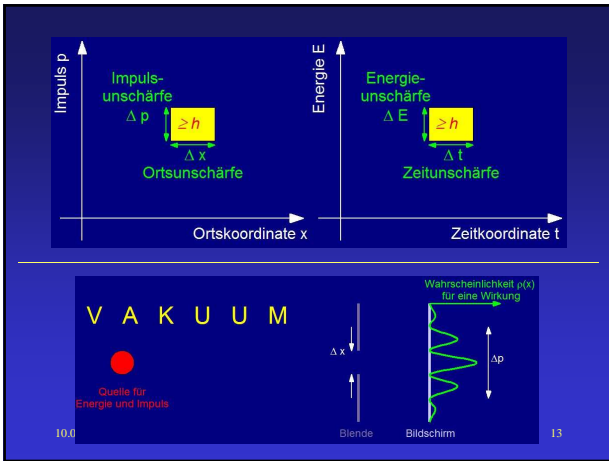
$$\Delta S = \Delta p \Delta x - \frac{\Delta E}{P} \Delta t > \frac{h}{2\pi}$$

Streuung der Wirkung
Unschärfe des Impulses $F \cdot t$
Unschärfe des Orts
Unschärfe der Energie $P \cdot x$
Unschärfe der Zeit
Plancksches Wirkungsquantum

10.05.2010

www.kbraeuer.de

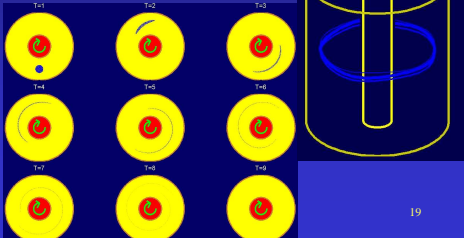
12



David Bohm und die implizite Ordnung

- Beispiele für implizite (eingefaltete) Ordnung

- Holographie
- Elektromagnetisches Feld
- Manifestation von Gedanken und Gefühlen (Hören von Musik)
- Mühle



10.05.2010

19

Zusammenfassung:

- Punkt ist geniale Erfindung des Menschen
- Geometrie: Komplexe Strukturen aus einfachen Aufbauen
- Denken: Komplexe Probleme aufteilen, einfache Probleme lösen und so die Welt verstehen und kontrollieren (Descartes)
- Also: Vom Teil zum Ganzen
- Bewusstsein: Einzelteile aus großem Zusammenhang
- Wirklichkeit: Alles ist mit allem verwoben

10.05.2010

www.kbraeuer.de

20

Nächsten Montag:

- Die Grundgesetze der Physik

10.05.2010

www.kbraeuer.de

21