

Was ist Zeit? Die Sicht eines Mathematikers

HOLGER STEPHAN

Weierstraß Institut für Angewandte
Analysis und Stochastik (WIAS), Berlin

Lange Nacht der Wissenschaften, Berlin

28. Juni, anno $1^3 + 2^3 + \dots + 9^3$

Philosophisches

- ▶ Mathematik war früher Teilgebiet der Philosophie
- ▶ Ist die Zeit ein wichtiges Thema? Was ist überhaupt wichtig?
- ▶ Parmenides (von Elea um 540 v. Chr. ~ nach 480 v. Chr.)
„Was ist das Seiende?“ „Das Seiende existiert.“
- ▶ Ist die Zeit real/materiell/wirklich?
- ▶ Gibt es die Zeit auch ohne den Menschen?
- ▶ Intuition oder Wissenschaft
(Dreht sich die Sonne um die Erde?)

Intuitives Zeitverständnis

- ▶ Zeit läuft schnell, man hat zuwenig davon
- ▶ Verbunden mit der Uhr (also Zeitmessung)
- ▶ Die Uhr gibt den Rahmen des (matriellen) Lebens vor
- ▶ Zeit besteht aus
 - ▶ Vergangenheit (bekannt, lässt sich nicht verändern)
 - ▶ Gegenwart (Zeit des Handelns)
 - ▶ Zukunft (unbekannt, kann gestaltet werden)
- ▶ Im Menschen lebt das alles gleichzeitig
- ▶ Zeit unterscheidet sich vom Raum
- ▶ Zeit verläuft im Großen periodisch
(Biorhythmen, Tagesrhythmus, Jahreszeiten)
... im Kleinen linear (eine Periode besteht aus vier Teilen)
- ▶ Zeitmessung: Tagesrhythmus, Jahreszeiten

Wissenschaftliches Zeitverständnis

- ▶ Isaac Newton (1643 – 1727)
Die absolute, wahre und mathematische Zeit verfließt an sich und vermöge ihrer Natur gleichförmig und ohne Beziehung auf irgendeinen äußeren Gegenstand.
- ▶ Zeit verläuft linear (hat sie Anfang und Ende?)
- ▶ Christliches Zeitverständnis:
Erschaffung der Welt $\Rightarrow$ Jüngstes Gericht
- ▶ Modernes atheistisches Zeitverständnis:
Urknall $\Rightarrow$ Wärmetod (2. Hauptsatz der Thermodyn.)
- ▶ Vergangenheit, Jetztpunkt (was ist das), Zukunft
- ▶ Die Grundgleichungen sind deterministisch
- ▶ Moderne Wissenschaft:
Relativitätstheorie, Wurmlöcher, Zeitreisen
- ▶ Großvaterparadoxon. Lösung: Viele-Welten-Theorie
(= das Ende der Wissenschaft)

Raum und Zeit

- ▶ Zeit ist die vierte (Raum-)Dimension
- ▶ Newton, Einstein, Kant:
Raum ist das Gefäß in dem sich die Dinge befinden.
Zeit ist das Gefäß in dem sich die Dinge abspielen
(bewegen, verändern).
- ▶ Raum und Zeit sind unendlich ausgedehnt (10^{13} Jahre = ∞)
- ▶ Raum als Funktion der Zeit (Lichtjahre)



Space. It seems to go on and on forever ...

Philip J. Fry in Futurama
Season 1, Episode 1, Sentence 1

Zeitbegriffe im antiken Griechenland

- ▶ **Chronos** (vorwärtslaufende, Newtonsche Zeit)
- ▶ **Kairos** (die dem Menschen entgegenkommende, rückwärtslaufende Zeit)
- ▶ **Zyclos** (zyklische, wiederkehrende Prozesse)
Nicht unterscheidbare Zustände, Perioden zählen
- ▶ **Äon** (Ewigkeit, Zeitlosigkeit, der tatsächliche Zustand der Welt)

Äon (Ewigkeit, Zeitlosigkeit)

- ▶ Gibt es zeitloses? Etwas, was außerhalb der Zeit existiert?
- ▶ Physikalische Welt $\iff$ Platonische Welt
(Zeit und Raum) (weder Zeit noch Raum)
- ▶ Mathematik ist zeitlos (und raumlos)
- ▶ Angewandte Mathematik (Modellierung):
Übertrage ein Problem aus Raum und Zeit
in einen zeitlosen Zustand

Das Zählen als einfachste Modellierungsaufgabe

- ▶ Kardinalzahlen (Mengen Zahlen) im Raum
- ▶ Ordinalzahlen (Ordnungszahlen) in der Zeit
- ▶ Wie bestimmt man die Anzahl der Objekte in einer Menge?
- ▶ Wir zählen in der Zeit an einem räumlichen Punkt und erhalten etwas Räumliches zu einem Zeitpunkt.
- ▶ Abstrakte Zahl entsteht durch Identifizierung

*... Aber Zählen ist keine Zahl, so wenig als Zeichnen eine Zeichnung ist.
Zählen und Zeichnen sind ein Werden, Zahlen und Figuren sind
Gewordenes.*

(Oswald Spengler
Der Untergang des Abendlandes 1918 – 1922)

Ergodisches Verhalten

- ▶ Wir erhalten eine Aussage über den Raum durch Betrachtung in der Zeit und umgekehrt.
- ▶ Bäume im Wald
- ▶ Wolken am Himmel
- ▶ Apfel: Knospe $\rightarrow$ Blüte $\rightarrow$ Frucht
- ▶ Aber: Kausalität (Begründung, Reihenfolge) geht im Raum verloren.
 $\implies$ Gründe findet man nur in der Zeit!

Zeitliches und Räumliches

- ▶ Addition von Kardinalzahlen im Raum
- ▶ Addition von Kardinalzahlen in der Zeit
Menschen kaufen jeden Tag Kaffeebecher
Gibt es die Objekte von Gestern noch?
Haben sie die Eigenschaft, „**seiend**“ zu sein?
gestrige Menschen, gestrige Kaffeebecher,
Punkte auf einer Kurve im Raum?
- ▶ Sokrates (in Theaitetos): Parmenides ist unter allen Weisen der Einzige, der geleugnet hat, daß alles Bewegung und Veränderung ist.
- ▶ Addieren darf man das, was in keinem Kausalverhältnis steht.
- ▶ Zeitliche (Temperatur-)Mittel (allgemein intensive Größen)
- ▶ Räumliche (Temperatur-)Mittel (erfordert Volumen)

Irreversibilität (Unumkehrbarkeit)

- ▶ Intuition sagt: Zeit läuft vorwärts
„Wir erinnern uns an die Vergangenheit, nicht an die Zukunft“
- ▶ Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik
Clausius, Planck Wie sehen wir das?
- ▶ Gedanken, Worte kann man nicht rückgängig machen.
Man vergißt manchmal etwas, aber man kann sich nicht (so einfach) zwingen, etwas zu vergessen.
- ▶ Eigenschaften von Information:
materiell?, kein Erhaltungssatz, wirksam,
- ▶ Mathematisch: Irreversibilität ist Informationsverlust

Die rückwärtslaufende Zeit (Kairos)

- ▶ Kairos: Die Ereignisse kommen uns entgegen
- ▶ Kausalität läuft rückwärts in der Zeit
- ▶ Ordinalzahlen: Man muß den Vorgänger kennen, nicht den Nachfolger
- ▶ Rückwärtslaufende Zeit in der Mathematik:
Operatoren (Zustandänderungen) in dualen Räumen bilden in verschiedene Zeitrichtungen ab.
Die Zeit für den physischen Raum läuft vorwärts,
die Zeit für die Information über den Zustand läuft rückwärts.
- ▶ Rudolf Steiner (1861–1925): ... *die Erkenntnis, daß es eine mit der vorwärtsgehenden interferierende rückwärtsgehende Zeit gibt ...*

Zusammenfassung

- ▶ Es gibt zeitloses (Mathematik, Gedanken)
- ▶ Beispiel: Krimi, Vortrag
- ▶ Zeit = Logische Ordnung
- ▶ Die Zeit erschaffen/brauchen wir selbst beim Erkennen der logischen Ordnung der Welt.
- ▶ Lösung des Großvaterparadoxons:
Es gibt keine Zeitreisen.
Die Vergangenheit kann nicht verändert werden.