

*Welche Rolle spielt die Zeit in  
Mathematik, Immanenz und Transzendenz*

HOLGER STEPHAN

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

Lange Nacht der Wissenschaften, Berlin  
6. Juni 2026

## Begriffserklärungen

- ▶ Mathematik (war früher Teilgebiet der Philosophie)
- ▶ Zeit (darum geht es heute)
- ▶ Immanenz = liegt innerhalb des menschlichen Bewußtseins
- ▶ Transzendenz = liegt außerhalb des menschlichen Bewußtseins
- ▶ Goethe:  
„Nichts ist drinnen, nichts ist draußen;  
Denn was innen, das ist außen.“
- ▶ Jede Medaille hat zwei Seiten (Dualität in der Einheit).
- ▶ subjektiv  $\iff$  objektiv
- ▶ geistige Welt  $\iff$  physische Welt

## *Die Zeit als Klischee. Die Zeit ...*

- ▶ ... läuft vorwärts
- ▶ ... ist linear (hat Anfang und Ende)
- ▶ ... ist die vierte Dimension
- ▶ ... ist kontinuierlich (macht keine Sprünge)
- ▶ ... wird mit Uhren gemessen. Uhren geben den Lebenstakt vor.
- ▶ Es gibt Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft

## *Unverständlichkeiten*

- ▶ Ist die Zeit materiell? ... real? ... physisch? ... seiend? ... werdend?
- ▶ Sind Zeitreisen möglich?
- ▶ Großvaterparadoxon: Jemand baut eine Zeitmaschine, reist zurück in der Zeit und bringt seinen Großvater um, bevor der seine Großmutter kennenlernt hat. Dann wird der Zeitreisende selbst nie geboren.
- ▶ Typische Varianten der Auflösung des Paradoxons
  - ▶ Selbstkonsistenzprinzip (Novikov-Prinzip):  
Die Vergangenheit ist trotz Zeitreisen unveränderlich.
  - ▶ Viele-Welten-Theorie:  
Zu jedem Zeitpunkt entstehen neue Universen.
  - ▶ Quantenmechanische Superposition (wie Schrödingers Katze):  
Der tote und lebende Großvater existieren gleichzeitig.
  - ▶ Zeitreisen sind unmöglich  
Steven Hawking: Die Quantengravitation verbietet es.
- ▶ Materialistische Erklärungsversuche. Es fehlt der Mensch.

## Raum und Zeit

- ▶ Zeit ist die vierte (Raum-)Dimension
- ▶ 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.*
- ▶ Newton, Einstein, Kant:  
Raum ist das Gefäß in dem die Dinge „sind“.  
Zeit ist das Gefäß in dem die Dinge „werden“.
- ▶ Sprache: Zeitpunkt, Zeitfenster, Termin verschieben, ...



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

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

*Raum und Zeit  $\iff$  raum- und zeitlos*

- ▶ Gibt es zeitloses? Etwas, was außerhalb der Zeit existiert?
- ▶ Mathematik ist zeitlos (und raumlos)
- ▶ Physische Welt  $\iff$  Platonische Welt  
(Zeit und Raum) (weder Zeit noch Raum)
- ▶ Wie kann es sein, dass man die Mathematik zur Beschreibung der physische Welt verwenden kann?
- ▶ Angewandte Mathematik (Modellierung):  
Übertrage ein Problem aus Raum und Zeit  
in einen zeitlosen Zustand

## *Das Zählen als einfachste Modellierungsaufgabe*

- ▶ Wie bestimmt man die Anzahl der Objekte in einer Menge? Man zählt. Was ist der Unterschied zwischen Zahl und Zählen?

*... 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)

- ▶ Wir zählen in der Zeit an einem räumlichen Punkt und erhalten etwas Räumliches zu einem Zeitpunkt.
- ▶ Was sind Zahlen?
  - ▶ Kardinalzahlen (Mengen Zahlen) im Raum
  - ▶ Ordinalzahlen (Ordnungszahlen) in der Zeit
  - ▶ Abstrakte Zahlen entsteht durch Identifizierung

## Probleme bei der Modellierung

*O glücklich, wer noch hoffen kann  
Aus diesem Meer des Irrtums aufzutauchen!  
Was man nicht weiß, das eben brauchte man,  
Und was man weiß, kann man nicht brauchen.* (Faust zu Wagner)

- ▶ Physikalischen Größen können Zahlen zugeordnet werden. Sie verhalten sich aber nicht wie Zahlen!
- ▶ Es gibt extensive Größen (Volumen, Masse, Länge)  
= räumliche Größen  $\sim$  Kardinalzahlen
- ▶ Es gibt intensive Größen (Temperatur, Prozentanteil)  
= zeitliche Größen  $\sim$  Ordinalzahlen

## *Herleitung von Gleichungen für die Physik*

- ▶ Wir suchen eine mathematische Gleichung, die die zeitliche Änderung einer physikalischen Größe beschreibt.
- ▶ Herleitung in dualen Banachräumen (abstrakte mathematische Objekte) die idealen Gefäße für extensive und intensive Größen.
- ▶ Vorwärtsgeichung beschreibt Evolution in der physischen Welt mit vorwärts laufende Zeit
- ▶ Rückwärtsgeichung beschreibt Evolution der „Information“ mit rückwärts laufende Zeit

## *Zeitbegriffe im antiken Griechenland*

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

## Kausalität und Erhaltungssätze

- ▶ In der physischen Welt: Ursache  $\implies$  Wirkung (Zeit-Vorwärts)
- ▶ In der geistigen Welt: Ursache  $\longleftarrow$  Wirkung (Zeit-Rückwärts)
- ▶ Rudolf Steiner (1861–1925) (Der Doppelstrom der Zeit):  
*... wichtig ist die Erkenntnis, dass es eine mit der vorwärtsgehenden Zeit interferierende rückwärtsgehende Zeit gibt ...*
- ▶ In der physischen Welt: Erhaltungssätze  
(Masse, Energie, Impuls, ...)
- ▶ In der geistigen Welt: Kein Erhaltungssatz der Information  
Information kann beliebig vervielfältigt und auch vernichtet werden.

## *Irreversibilität (Unumkehrbarkeit)*

- ▶ Intuition sagt: Zeit läuft vorwärts  
„Wir erinnern uns an die Vergangenheit, nicht an die Zukunft“
- ▶ Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik  
Clausius, Planck
- ▶ Mathematisch: Jeder physikalische Prozess lässt sich umkehren
- ▶ Gedanken kann man in der Zeit nicht umkehren
- ▶ Worte kann man nicht rückgängig machen
- ▶ Mathematisch: Irreversibilität ist Informationsverlust

## *Geschichtliches, Sprachliches, Religiöses*

- ▶ Altgriechisch:  
prosthén = vorn, ehemals; opisthén = hinten, in Zukunft
- ▶ Ab etwa 1800: Zukunft liegt vorn
- ▶ Vergangenheit = Epoche der Erleuchtung  
Zukunft = Reich des Schicksals, der Dunkelheit
- ▶ Aymara-Sprache (in den Anden)  
nayra = Auge, Sicht, vorn, Vergangenheit  
qhipa = Rücken, hinter mir, Dunkelheit, Zukunft
- ▶ Bibel. 1. Buch Moses, erster Schöpfungstag  
(Die Sonne wird erst am vierten Tag erschaffen!):

*Und Gott sprach: Es werde Licht! Und es wurde Licht.*

*Und Gott sah das Licht, dass es gut war.*

**Und Gott schied das Licht von der Finsternis.**

*Und Gott nannte das Licht Tag, und die Finsternis nannte er Nacht.*

*Und es wurde Abend, und es wurde Morgen: erster Tag.*

## Zusammenfassung

- ▶ Raum und Zeit sind Verschiedenes
- ▶ Es gibt raum- und zeitloses (Äon): Mathematik, Platons Ideen
- ▶ Modellierung: Physische Prozesse werden aus Raum und Zeit in die raum- und zeitlose Mathematik überführt.  
Dabei vermischen sich Raum- und Zeitaspekte.
- ▶ Modellgleichungen treten paarweise auf:  
Vorwärtsgeichung (Chronos): Evol. in der physischen Welt  
Rückwärtsgeichung (Kairos): Evol. der Information
- ▶ Das entspricht der Kausalität in beiden Welten
- ▶ Das passt zum Zeitverständnis in früheren Menschheitsepochen
- ▶ Zeit ist die logische Ordnung des Erkenntnisprozesses
- ▶ Es gibt keine Zeitreisen (in die Vergangenheit).  
Wir können uns das nicht widerspruchsfrei vorstellen.
- ▶ Es gibt keinen Jetzt-Punkt. Im handelnden Menschen wirken gleichzeitig Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.