

# **Tragweite und Grenzen naturwissenschaftlicher Aussagen**

**Prof. Dr. Peter C. Hägele, Universität Ulm**

`peter.haegele@uni-ulm.de`

`www.uni-ulm.de/~phaegele/`

**Ringvorlesung „Wissenschaft und Weltbild“  
Studium generale und Humboldt Studienzentrum  
Universität Ulm, 28.11.2007**

- 1 Zum Weltbild der Physik
- 2 Der naturwissenschaftliche Zugriff auf die Welt
  - Verschiedene Arten von Erklärungen
  - Das TEM-Schema
  - 1. Die empirische Dimension
  - 2. Die analytische Dimension
    - Allgemeine Modelltheorie (STACHOWIAK, KLAUS, STEINMÜLLER)
    - Modelle in der Physik
    - Varianten physikalischer Modelle
    - Grenzen der physikalischen Modellbildung
  - 3. Die thematische Dimension
- 3 Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

- 1 Zum Weltbild der Physik
- 2 Der naturwissenschaftliche Zugriff auf die Welt
  - Verschiedene Arten von Erklärungen
  - Das TEM-Schema
  - 1. Die empirische Dimension
  - 2. Die analytische Dimension
    - Allgemeine Modelltheorie (STACHOWIAK, KLAUS, STEINMÜLLER)
    - Modelle in der Physik
    - Varianten physikalischer Modelle
    - Grenzen der physikalischen Modellbildung
  - 3. Die thematische Dimension
- 3 Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

## Gegenstandsbereich der Physik

### Physik:

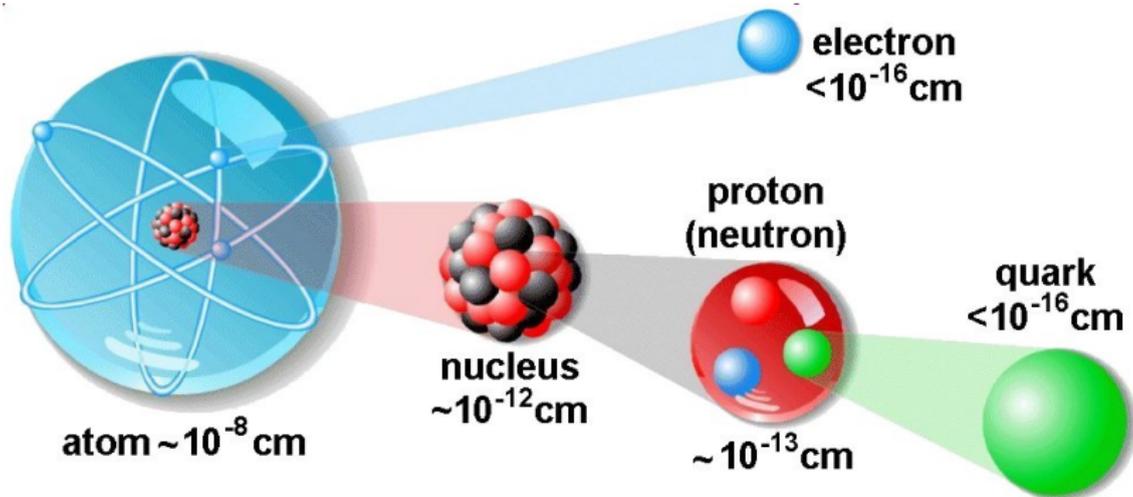
Gesetzmäßigkeiten der Materie in Raum und Zeit

Moderne Aktivitäten:

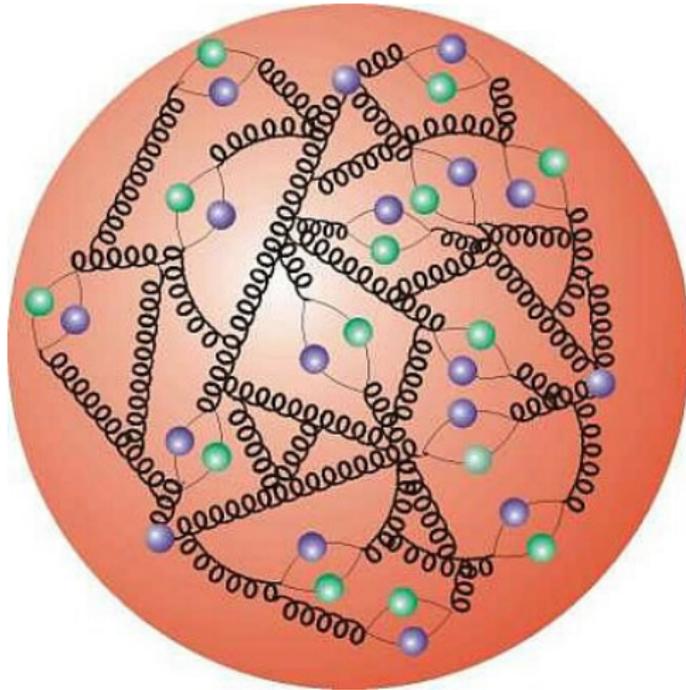
- Das Kleine (Bausteine der Materie)
- Das Große (Kosmologie)
- Das Komplexe

Was ist Materie?

## Bausteine der Materie

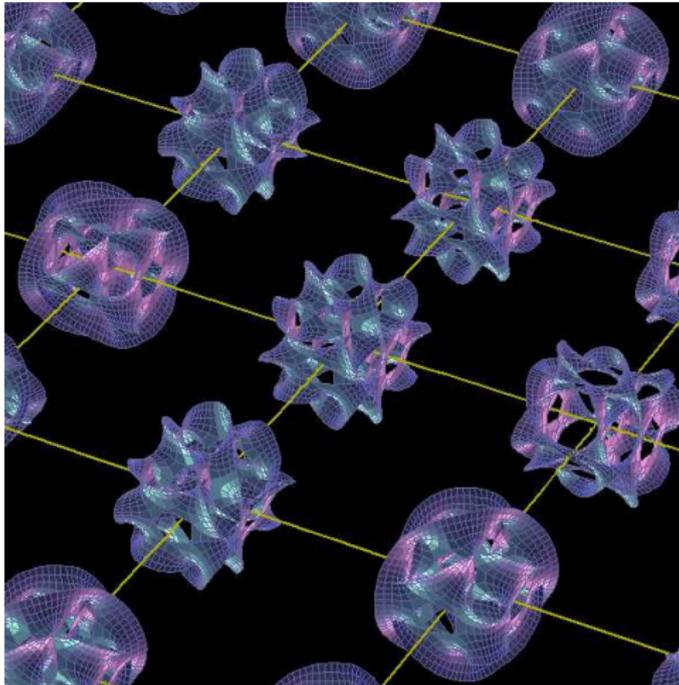


## Beispiel: Struktur des Protons



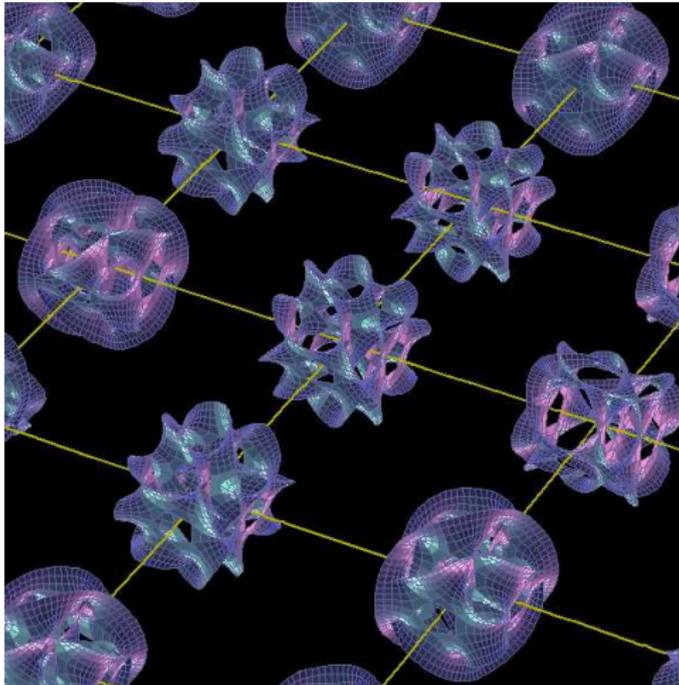
(Quelle: DESY; Physik Journal 6 (2007) Nr. 11, S. 41)

# Stringtheorie



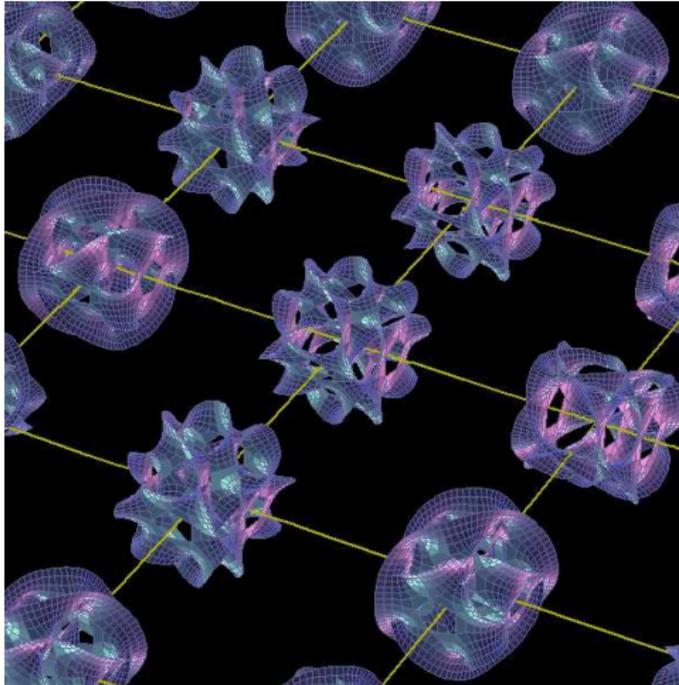
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



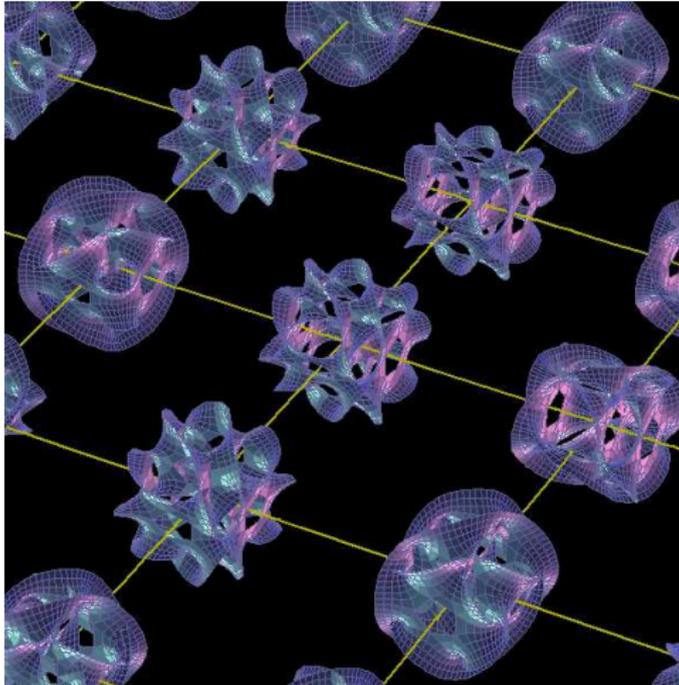
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



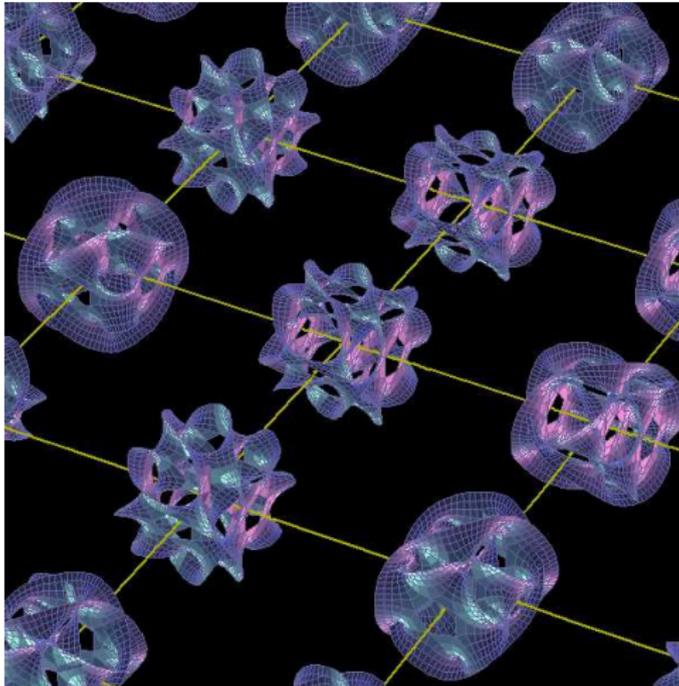
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



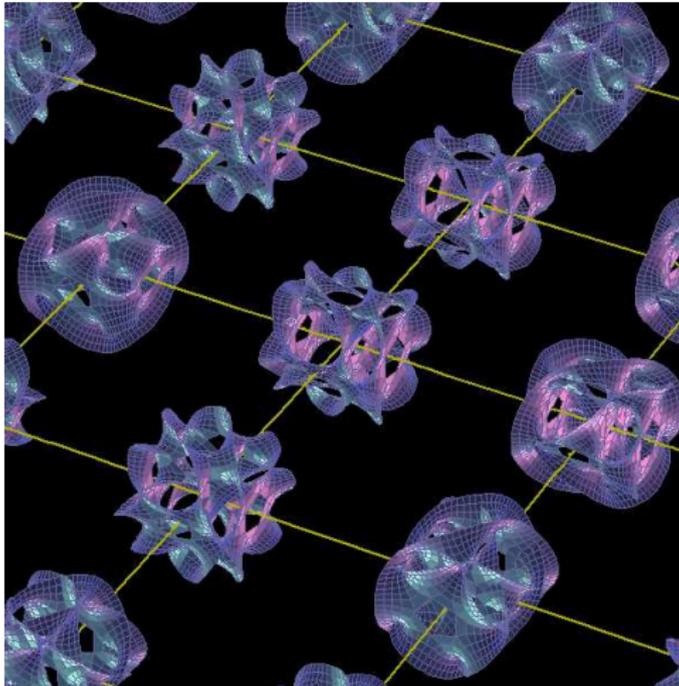
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



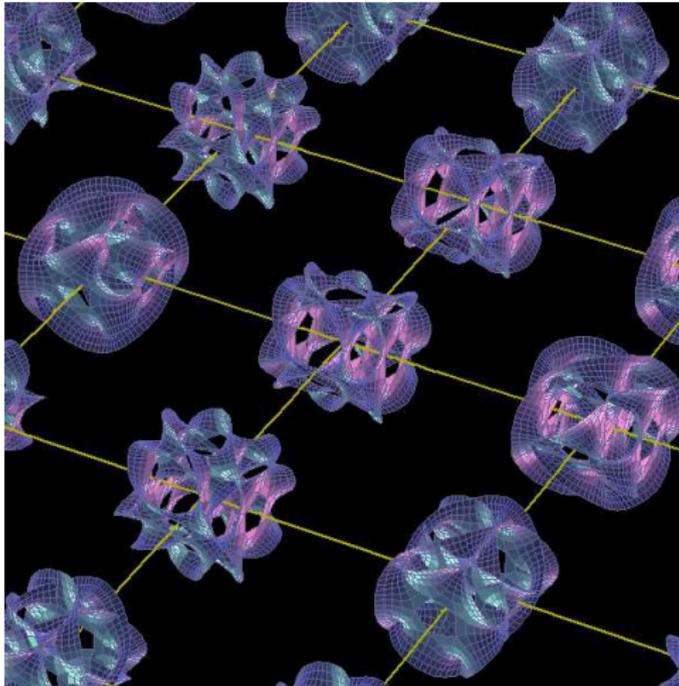
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



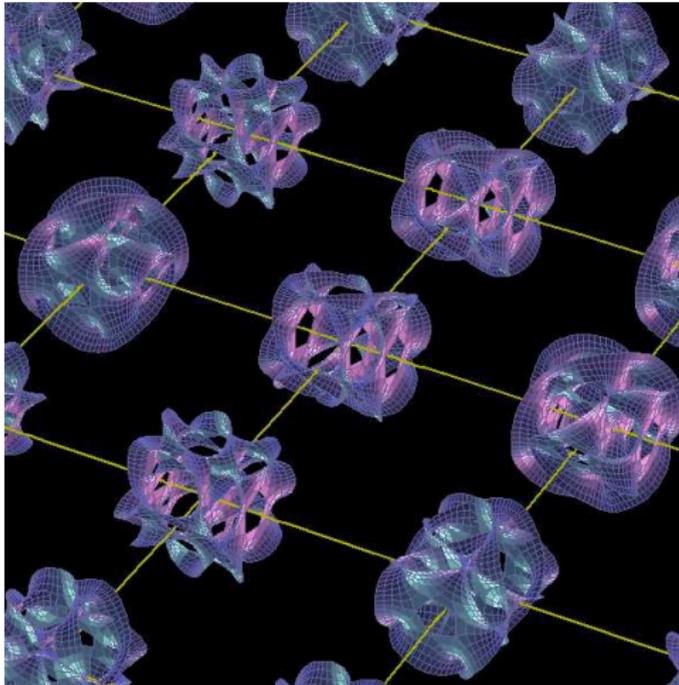
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



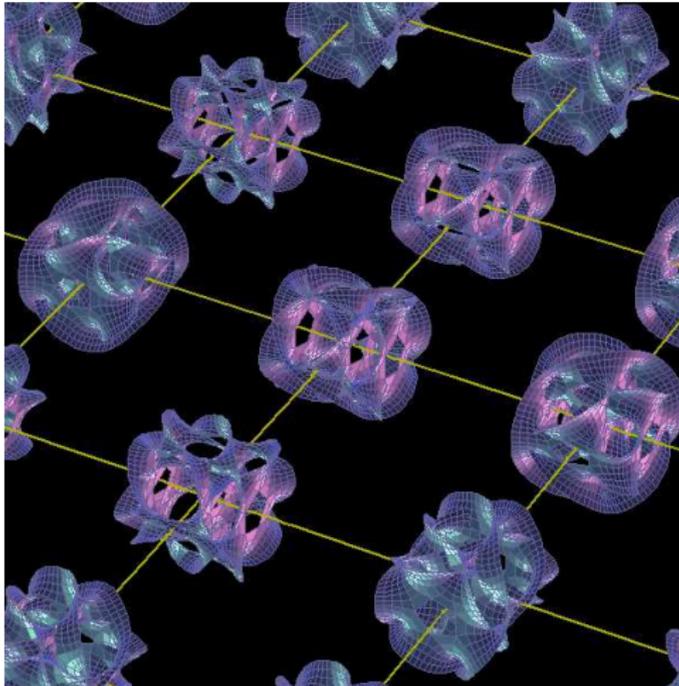
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



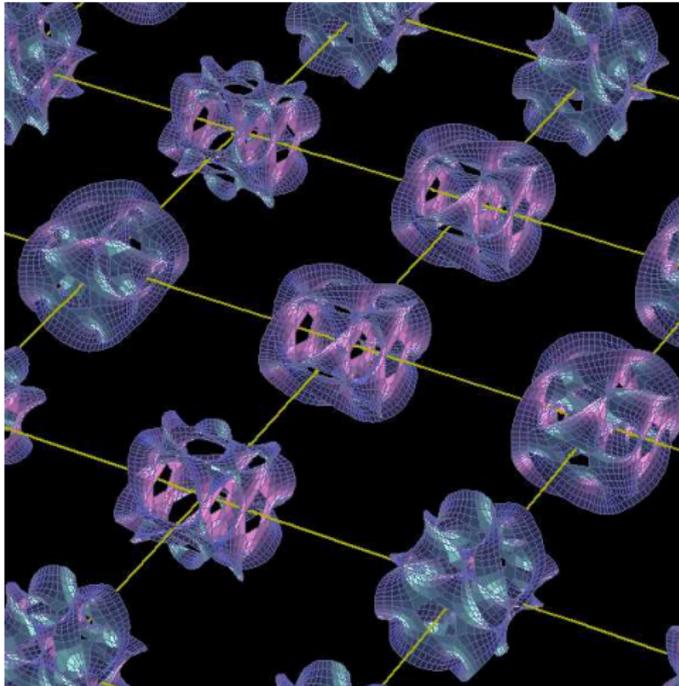
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



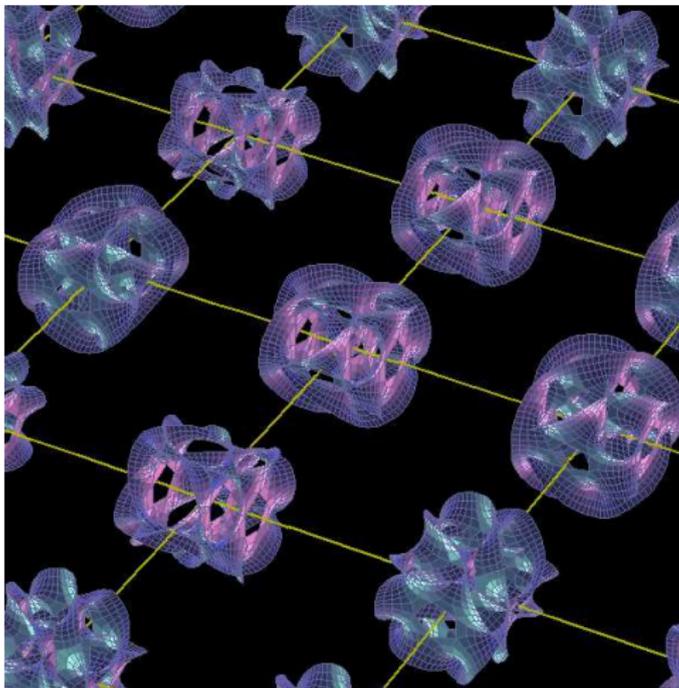
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



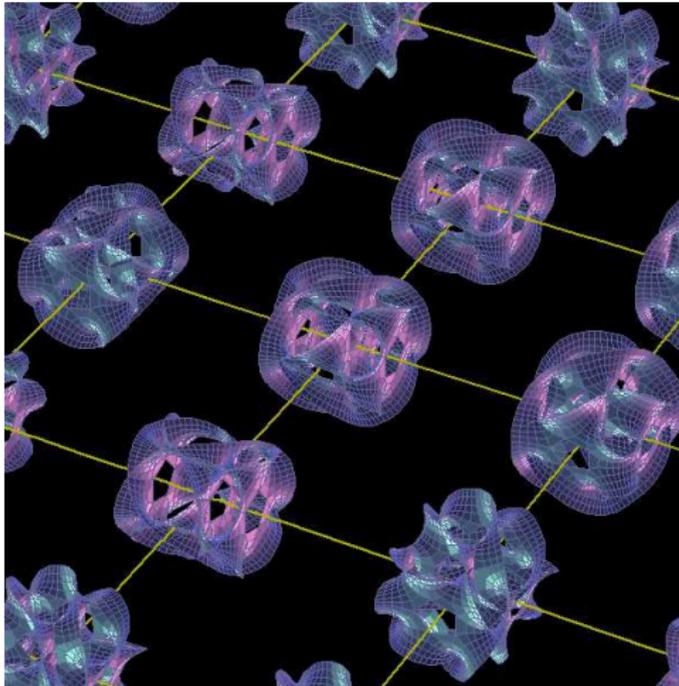
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



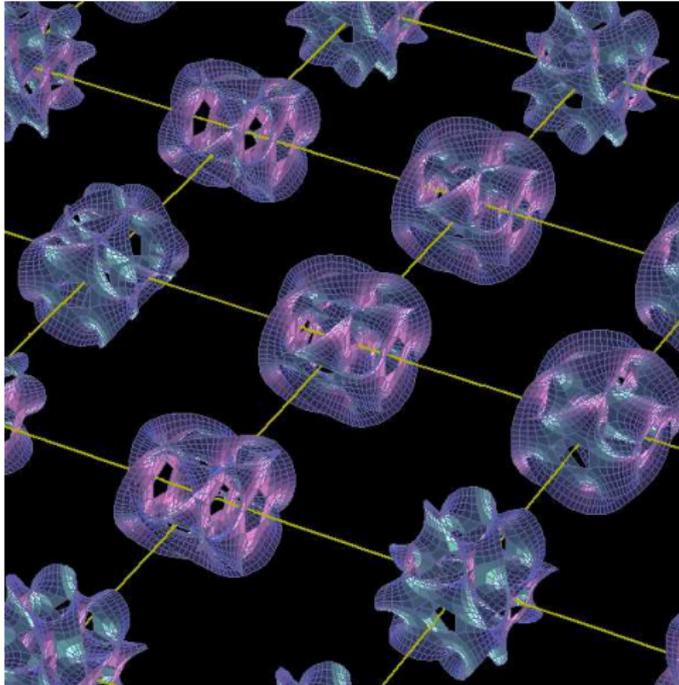
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



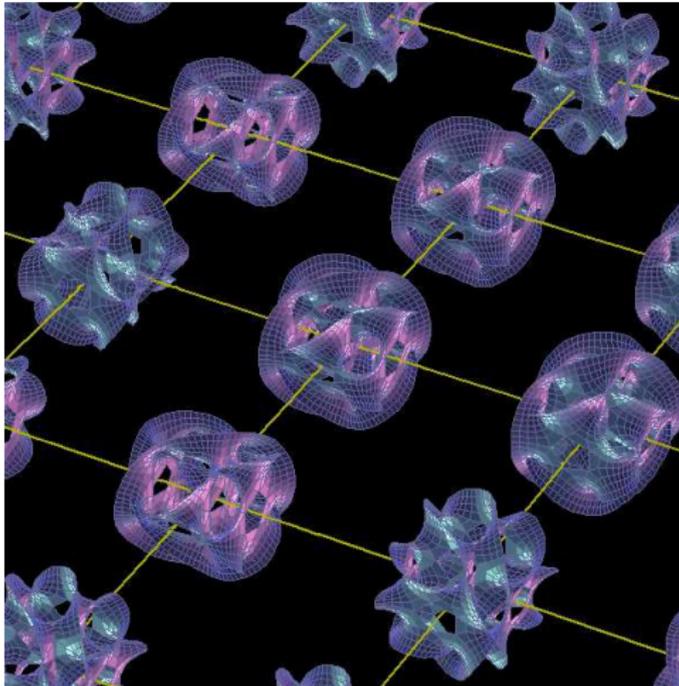
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



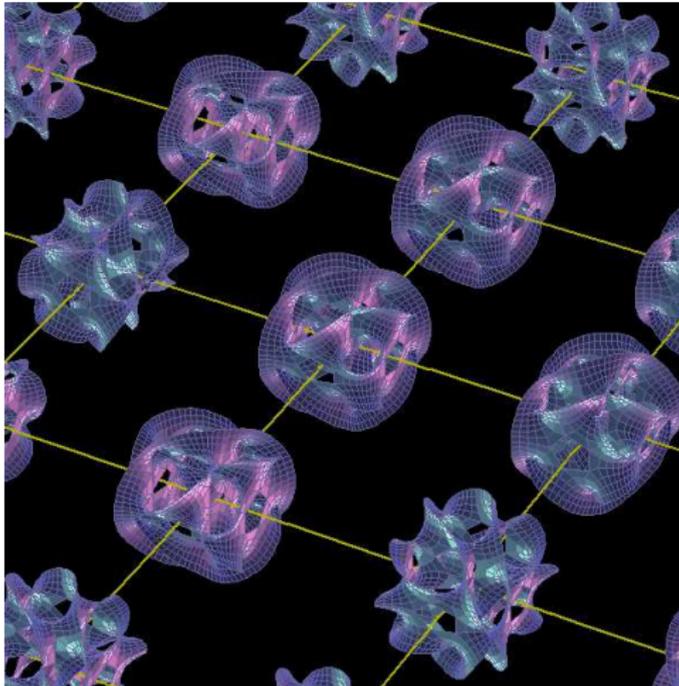
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



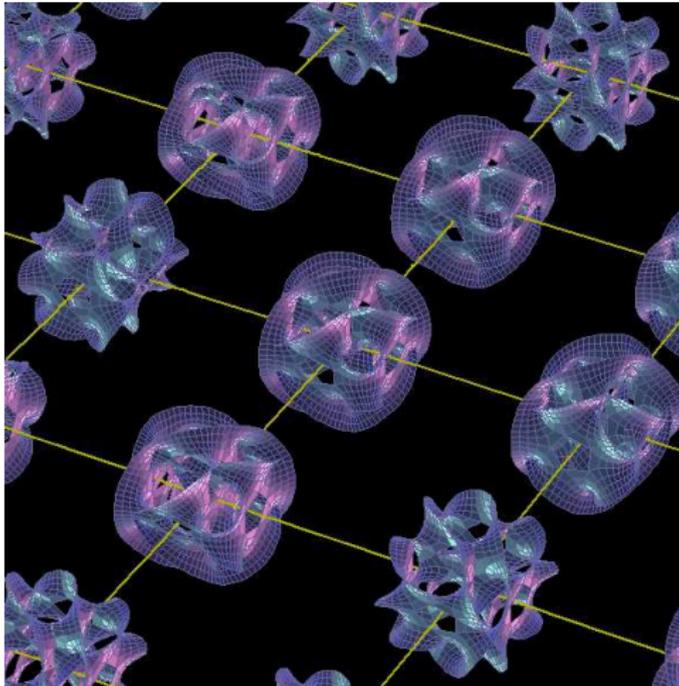
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



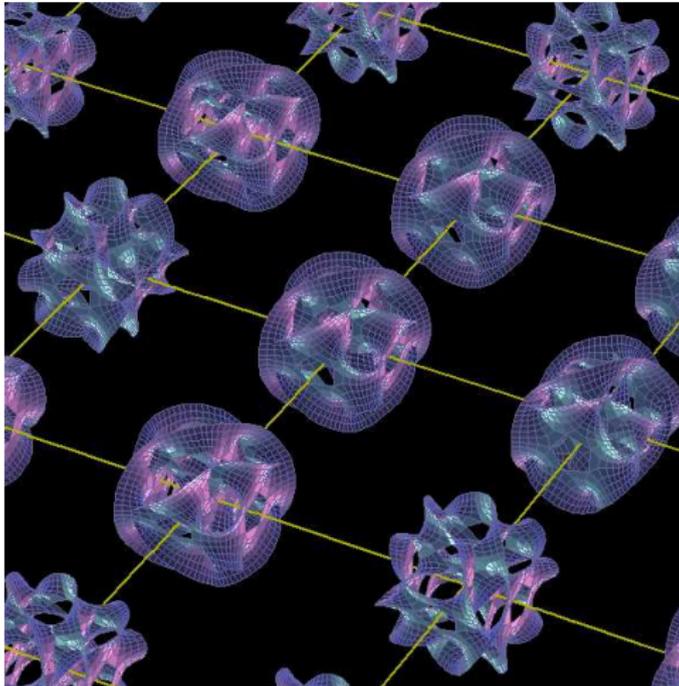
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



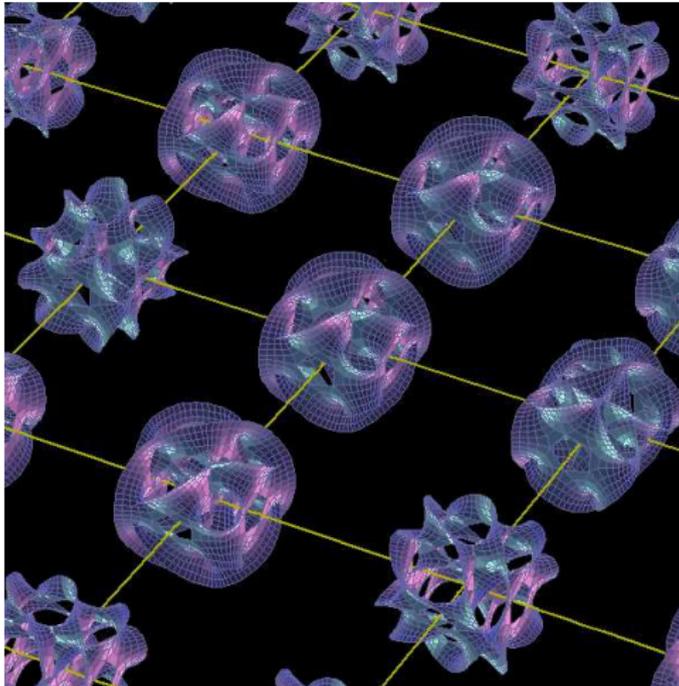
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



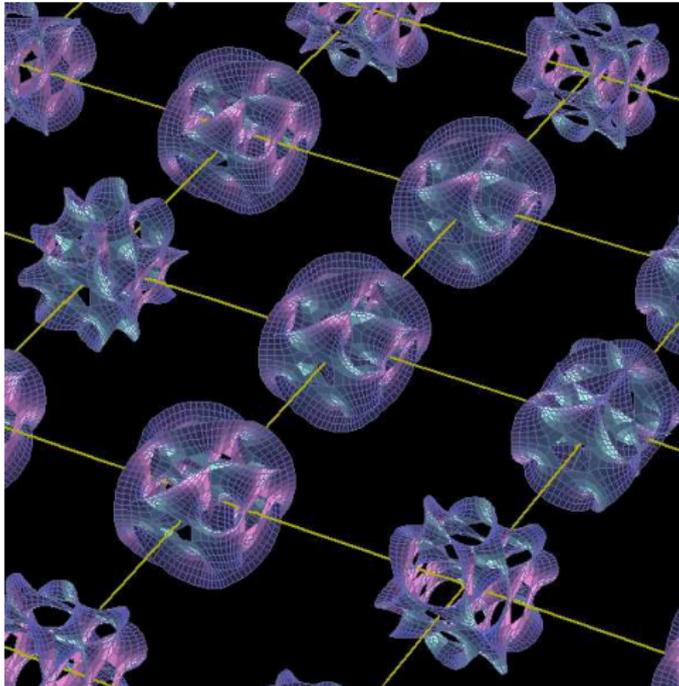
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



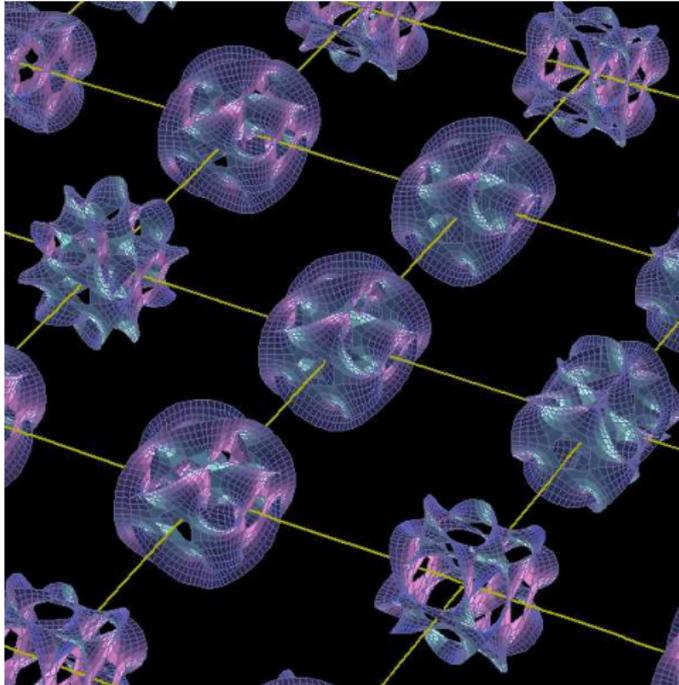
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



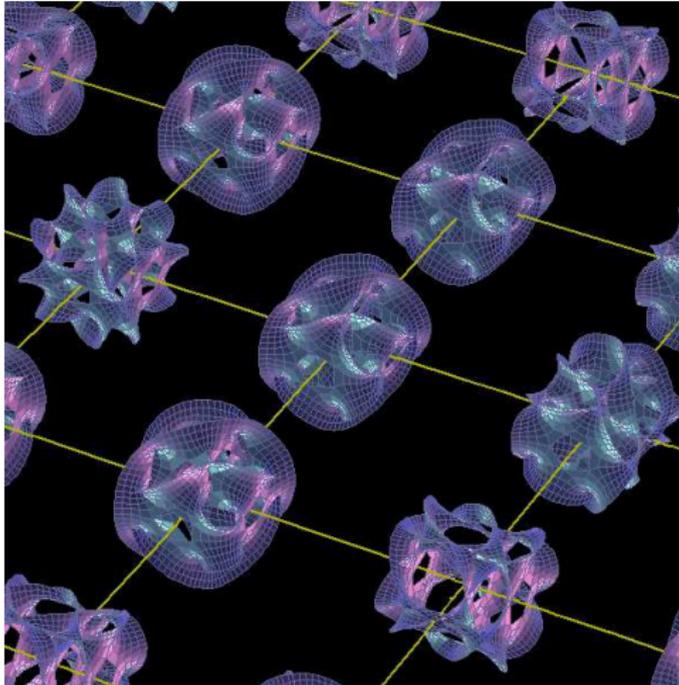
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



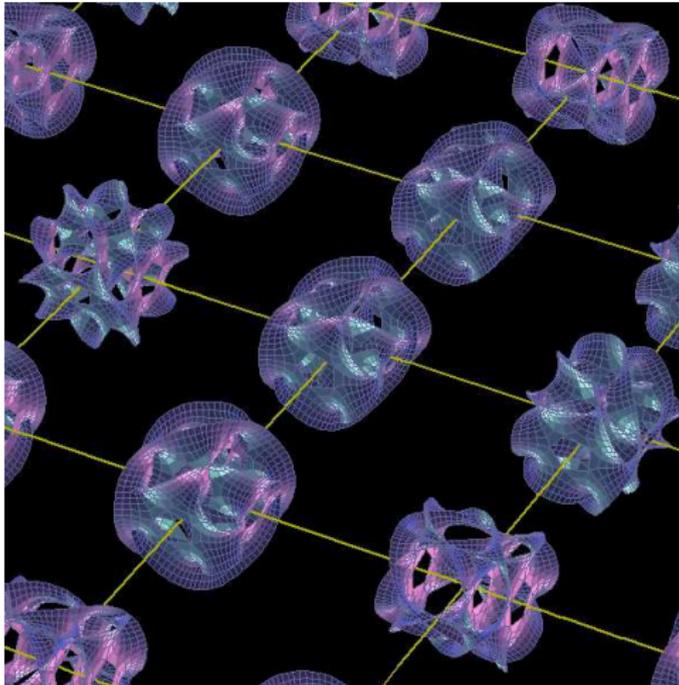
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



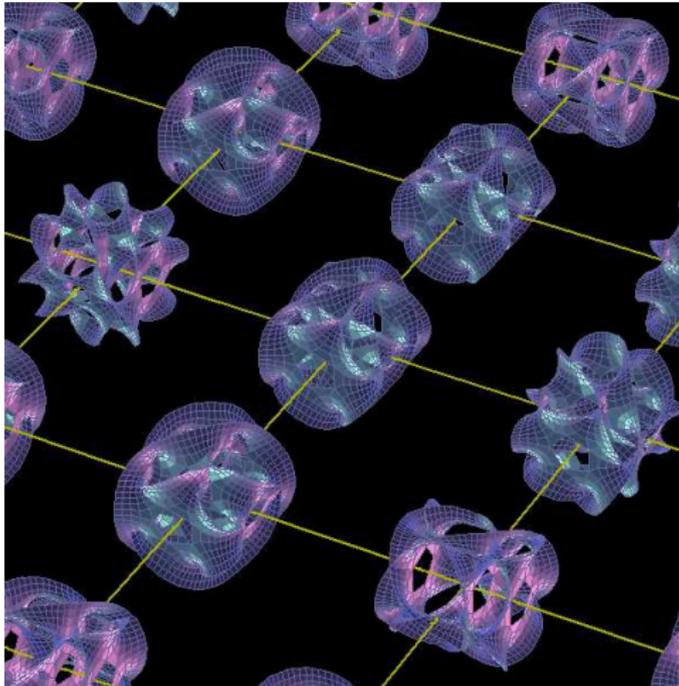
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



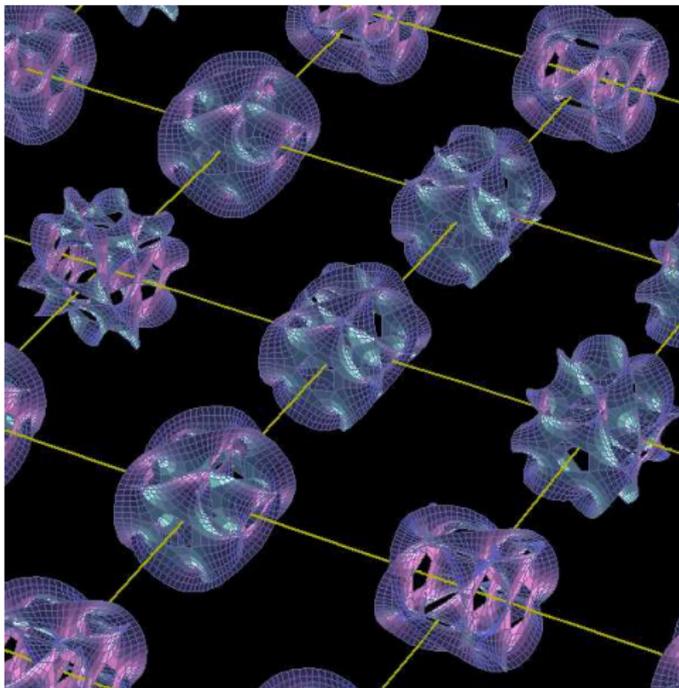
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



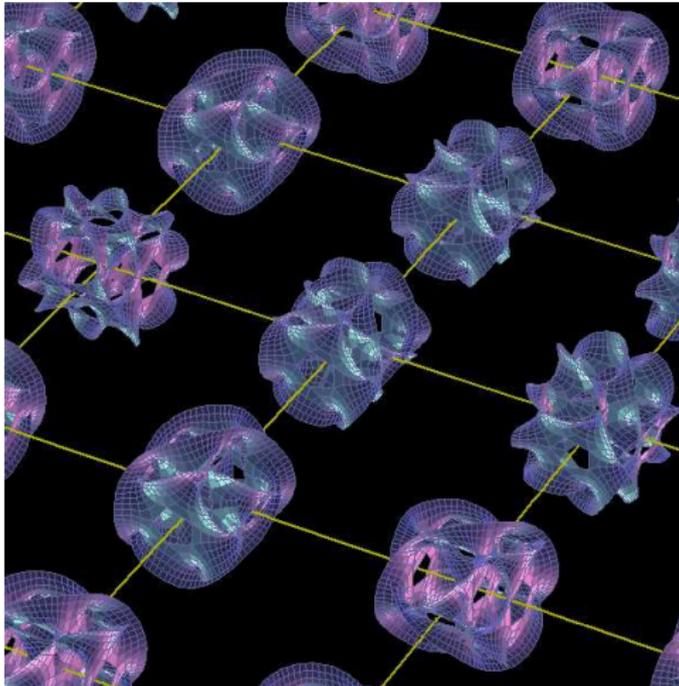
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



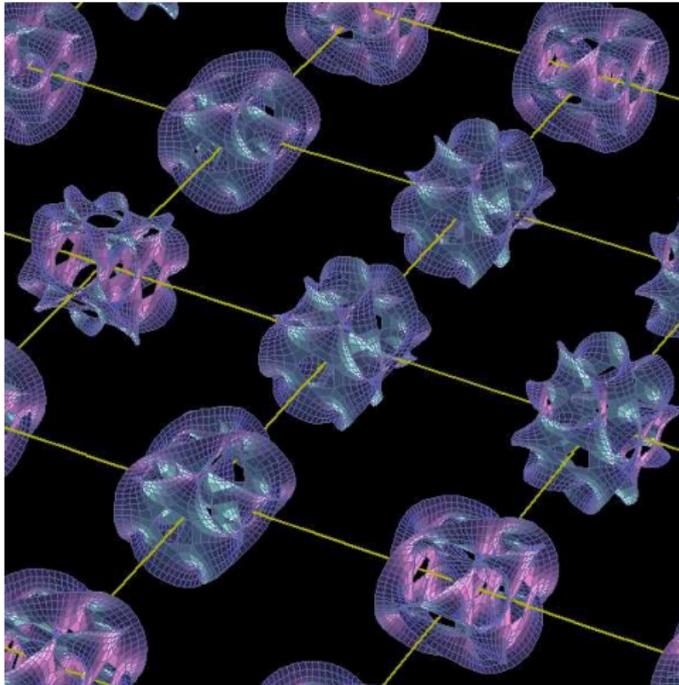
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



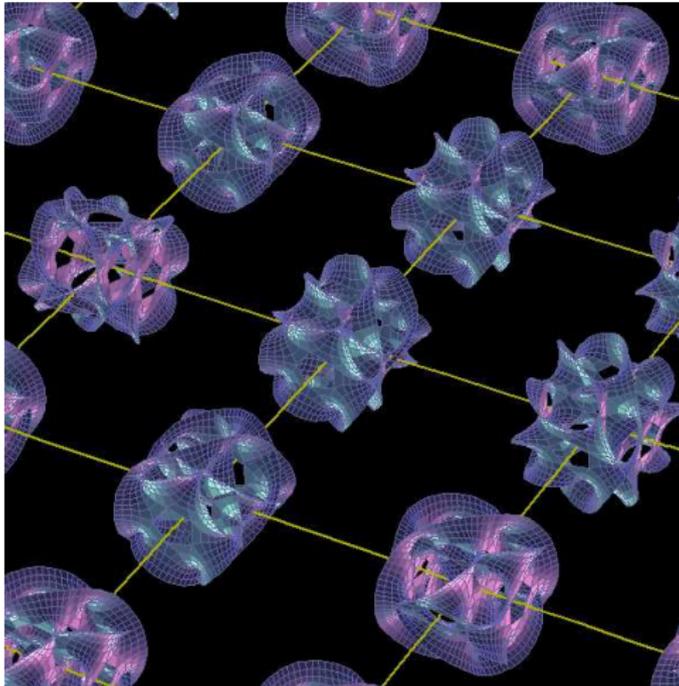
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



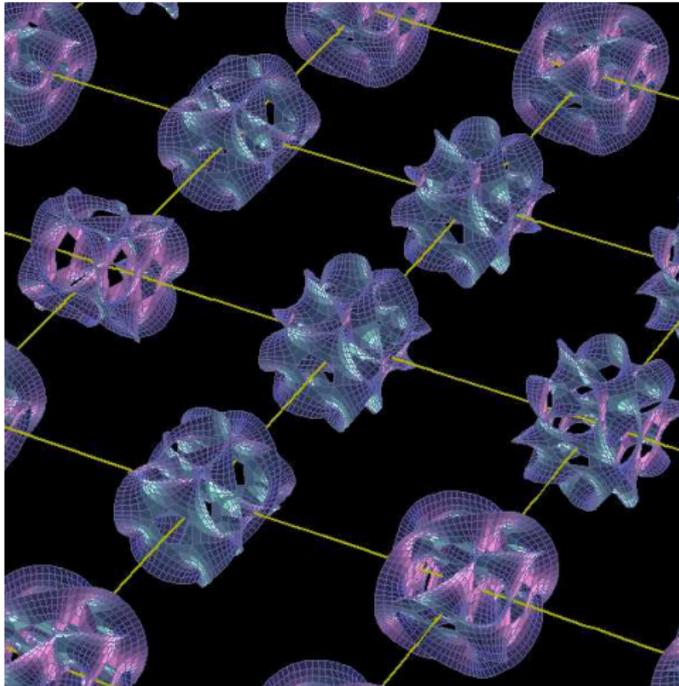
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



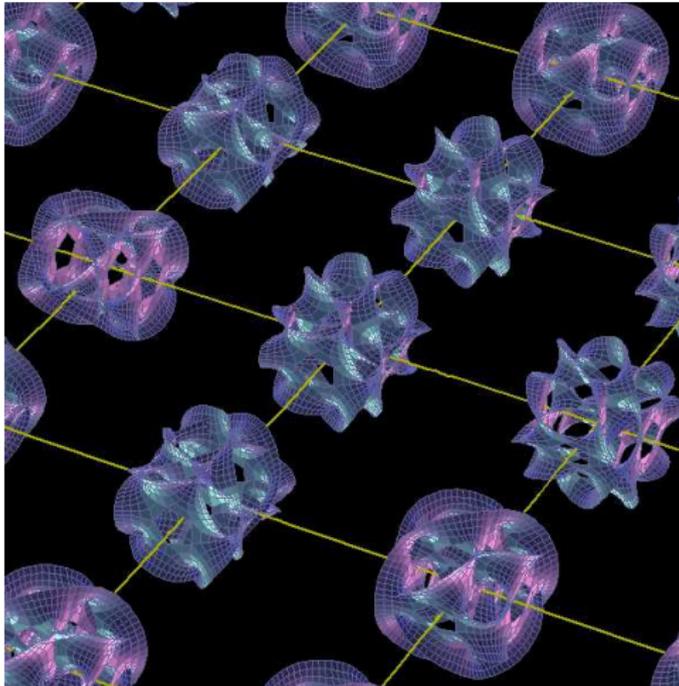
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



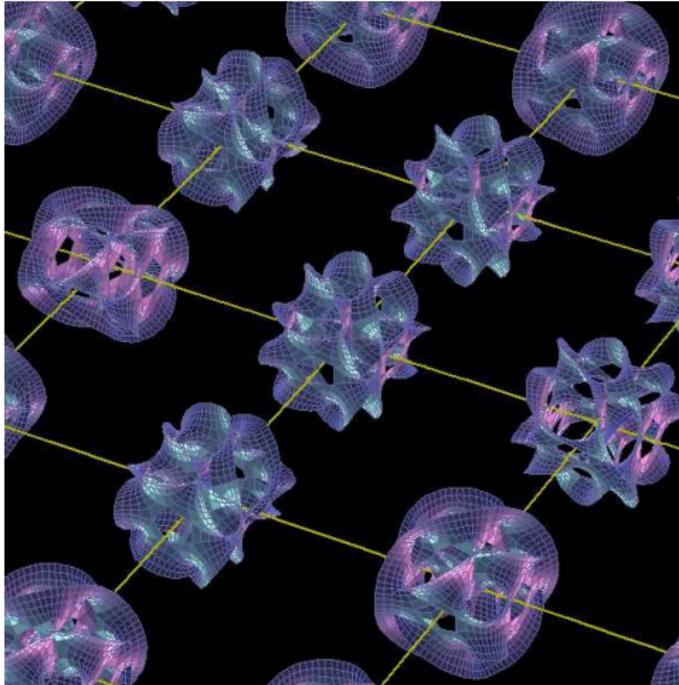
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



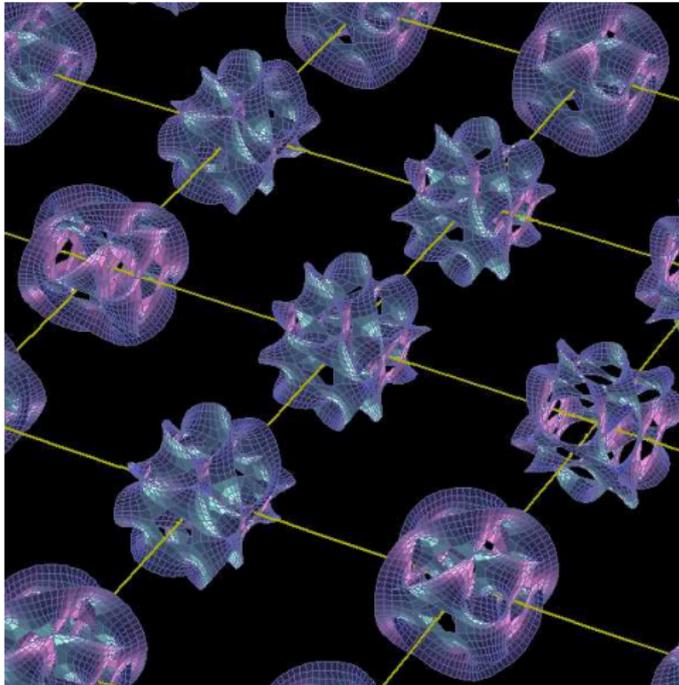
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



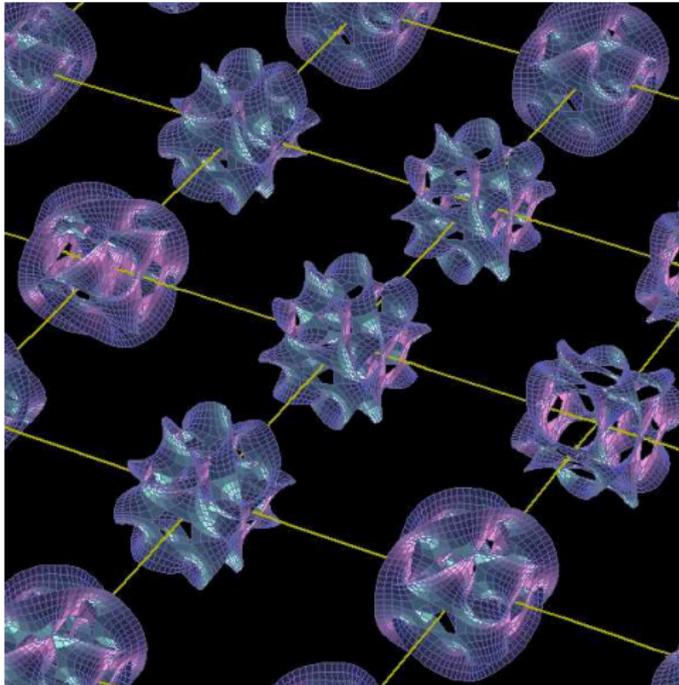
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie



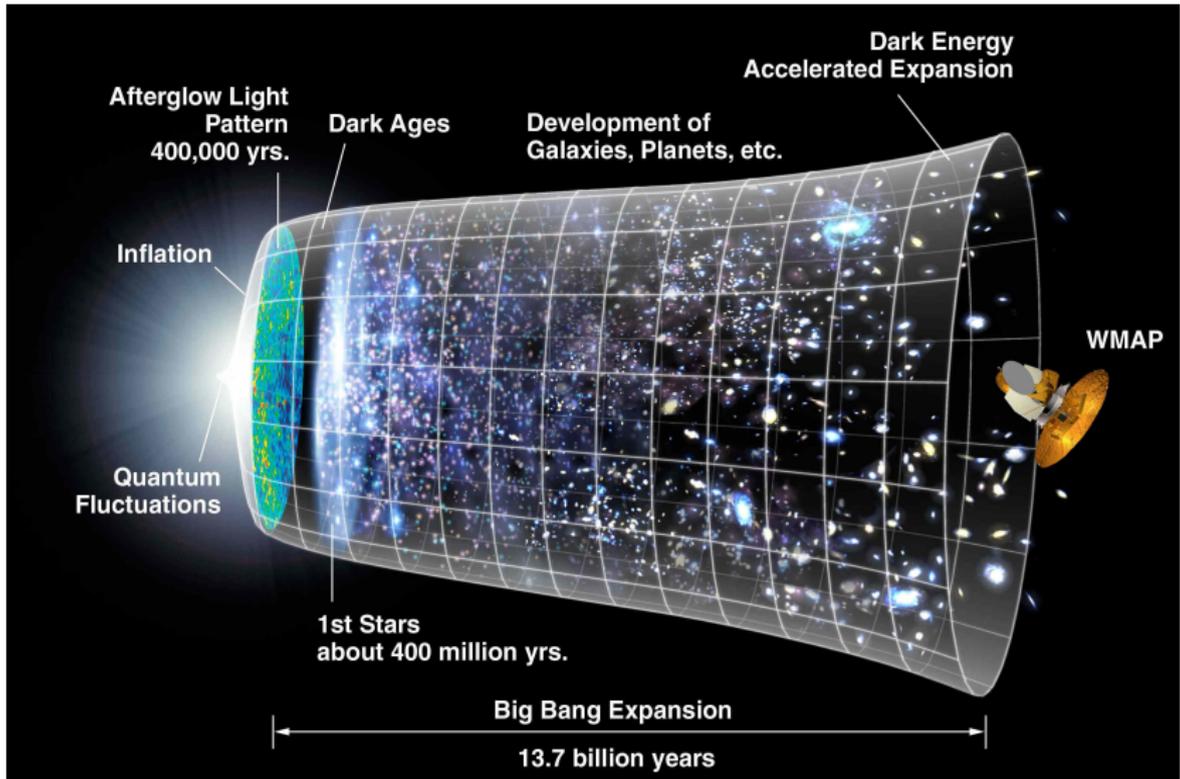
Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Stringtheorie

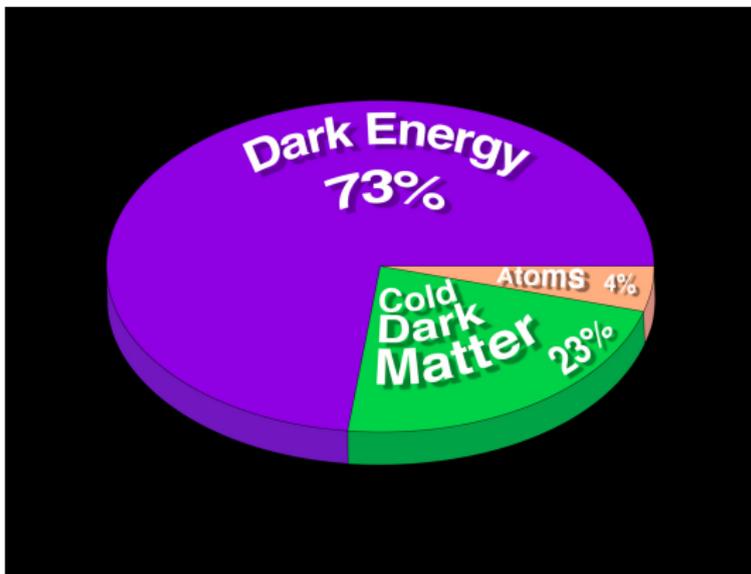


Calabi-Yau-Räume an jedem Raumpunkt

# Standardmodell der Kosmologie

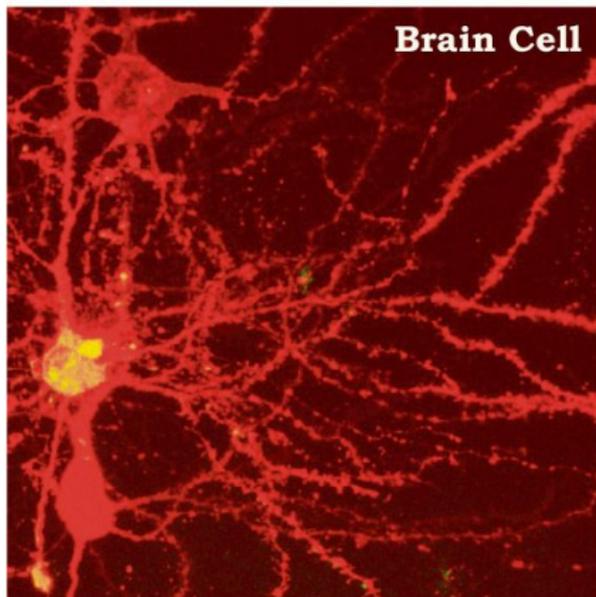


## Problem: Materie im Kosmos



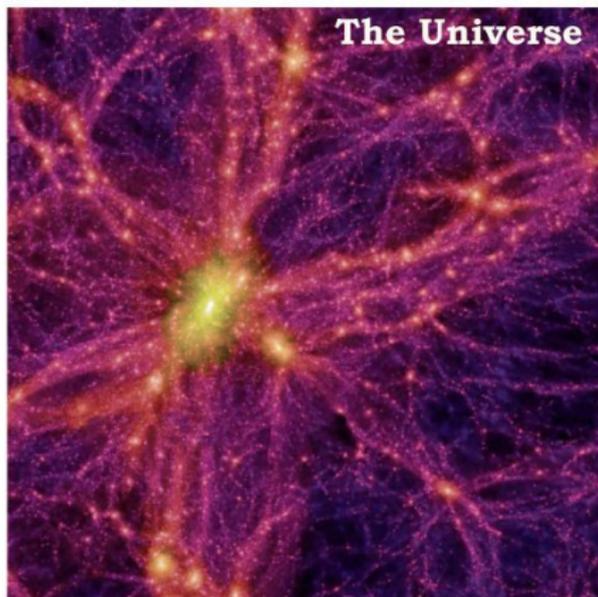
## Komplexe Systeme

One is only micrometers wide. The other is billions of light-years across. One shows neurons in a mouse brain. The other is a simulated image of the universe. Together they suggest the surprisingly similar patterns found in vastly different natural phenomena. *DAVID CONSTANTINE*



Mark Miller

Mark Miller, a doctoral student at Brandeis University, is researching how particular types of neurons in the brain are connected to one another. By staining thin slices of a mouse's brain, he can identify the connections visually. The image above shows three neuron cells on the left (two red and one yellow) and their connections.



Virgo Consortium

An international group of astrophysicists used a computer simulation last year to recreate how the universe grew and evolved. The simulation image above is a snapshot of the present universe that features a large cluster of galaxies (bright yellow) surrounded by thousands of stars, galaxies and dark matter (web).

- 1 Zum Weltbild der Physik
- 2 Der naturwissenschaftliche Zugriff auf die Welt
  - Verschiedene Arten von Erklärungen
  - Das TEM-Schema
  - 1. Die empirische Dimension
  - 2. Die analytische Dimension
    - Allgemeine Modelltheorie (STACHOWIAK, KLAUS, STEINMÜLLER)
    - Modelle in der Physik
    - Varianten physikalischer Modelle
    - Grenzen der physikalischen Modellbildung
  - 3. Die thematische Dimension
- 3 Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

- 1 Zum Weltbild der Physik
- 2 **Der naturwissenschaftliche Zugriff auf die Welt**
  - **Verschiedene Arten von Erklärungen**
  - Das TEM-Schema
  - 1. Die empirische Dimension
  - 2. Die analytische Dimension
    - Allgemeine Modelltheorie (STACHOWIAK, KLAUS, STEINMÜLLER)
    - Modelle in der Physik
    - Varianten physikalischer Modelle
    - Grenzen der physikalischen Modellbildung
  - 3. Die thematische Dimension
- 3 Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

## Zunächst: Was wollen wir erklärt wissen?

**Beispiel** (nach H. KESSLER):



Jemand entzündet auf seiner Wiese ein Feuer.  
Der Nachbar fragt: „**Warum brennt hier ein Feuer?**“

## Zunächst: Was wollen wir erklärt wissen?

**Antwort 1:** *„Das Feuer brennt, weil sich der Kohlenstoff im Holz mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlendioxid verbindet.“*

Erklärung der naturwissenschaftlichen Funktionsweise

**Antwort 2:** *„Das Feuer brennt, weil ich es mit einem Streichholz entzündet habe.“*

Erklärung der Urheberschaft

**Antwort 3:** *„Das Feuer brennt, weil ich Kartoffeln rösten möchte.“*

Erklärung der Absichten, Zwecke, Ziele

**Antwort 4:** *„Das Feuer brennt, weil ich die Flammen und die Wärme so schön finde.“*

Erklärung der ästhetischen Motive

## Zunächst: Was wollen wir erklärt wissen?

**Antwort 1:** *„Das Feuer brennt, weil sich der Kohlenstoff im Holz mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlendioxid verbindet.“*

Erklärung der naturwissenschaftlichen Funktionsweise

**Antwort 2:** *„Das Feuer brennt, weil ich es mit einem Streichholz entzündet habe.“*

Erklärung der Urheberschaft

**Antwort 3:** *„Das Feuer brennt, weil ich Kartoffeln rösten möchte.“*

Erklärung der Absichten, Zwecke, Ziele

**Antwort 4:** *„Das Feuer brennt, weil ich die Flammen und die Wärme so schön finde.“*

Erklärung der ästhetischen Motive

## Zunächst: Was wollen wir erklärt wissen?

**Antwort 1:** *„Das Feuer brennt, weil sich der Kohlenstoff im Holz mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlendioxid verbindet.“*

Erklärung der naturwissenschaftlichen Funktionsweise

**Antwort 2:** *„Das Feuer brennt, weil ich es mit einem Streichholz entzündet habe.“*

Erklärung der Urheberschaft

**Antwort 3:** *„Das Feuer brennt, weil ich Kartoffeln rösten möchte.“*

Erklärung der Absichten, Zwecke, Ziele

**Antwort 4:** *„Das Feuer brennt, weil ich die Flammen und die Wärme so schön finde.“*

Erklärung der ästhetischen Motive

## Zunächst: Was wollen wir erklärt wissen?

**Antwort 1:** *„Das Feuer brennt, weil sich der Kohlenstoff im Holz mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlendioxid verbindet.“*

Erklärung der naturwissenschaftlichen Funktionsweise

**Antwort 2:** *„Das Feuer brennt, weil ich es mit einem Streichholz entzündet habe.“*

Erklärung der Urheberschaft

**Antwort 3:** *„Das Feuer brennt, weil ich Kartoffeln rösten möchte.“*

Erklärung der Absichten, Zwecke, Ziele

**Antwort 4:** *„Das Feuer brennt, weil ich die Flammen und die Wärme so schön finde.“*

Erklärung der ästhetischen Motive

- 1 Zum Weltbild der Physik
- 2 **Der naturwissenschaftliche Zugriff auf die Welt**
  - Verschiedene Arten von Erklärungen
  - **Das TEM-Schema**
  - 1. Die empirische Dimension
  - 2. Die analytische Dimension
    - Allgemeine Modelltheorie (STACHOWIAK, KLAUS, STEINMÜLLER)
    - Modelle in der Physik
    - Varianten physikalischer Modelle
    - Grenzen der physikalischen Modellbildung
  - 3. Die thematische Dimension
- 3 Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

# TEM: Drei Dimensionen des Zugriffs auf die Welt

## 1 empirische Dimension

Erfahrung, Beobachtung, Experiment

## 2 analytische (mathematische) Dimension

Hypothesen, Modellbildung, mathematische Theorien

HEIDEGGER: „*Der Grundvorgang der Neuzeit ist die Eroberung der Welt als Bild.*“

(HEIDEGGER: Die Zeit des Weltbildes. In: Holzwege. Frankfurt a.M.: 1950)

## 3 thematische Dimension

Themata (G. HOLTON), Leitideen, Leitmotive (A. SCHLATTER),

Vorurteile (EINSTEIN),

Hintergrundüberzeugungen historischer, psychologischer,

religiöser, metaphysischer Art (W. KUHN)

## TEM: Drei Dimensionen des Zugriffs auf die Welt

### ① empirische Dimension

Erfahrung, Beobachtung, Experiment

### ② analytische (mathematische) Dimension

Hypothesen, Modellbildung, mathematische Theorien

HEIDEGGER: „*Der Grundvorgang der Neuzeit ist die Eroberung der Welt als Bild.*“

(HEIDEGGER: Die Zeit des Weltbildes. In: Holzwege.  
Frankfurt a.M.: 1950)

### ③ thematische Dimension

Themata (G. HOLTON), Leitideen, Leitmotive (A. SCHLATTER),

Vorurteile (EINSTEIN),

Hintergrundüberzeugungen historischer, psychologischer,

religiöser, metaphysischer Art (W. KUHN)

# TEM: Drei Dimensionen des Zugriffs auf die Welt

## ① empirische Dimension

Erfahrung, Beobachtung, Experiment

## ② analytische (mathematische) Dimension

Hypothesen, Modellbildung, mathematische Theorien

HEIDEGGER: „*Der Grundvorgang der Neuzeit ist die Eroberung der Welt als Bild.*“

(HEIDEGGER: Die Zeit des Weltbildes. In: Holzwege.  
Frankfurt a.M.: 1950)

## ③ thematische Dimension

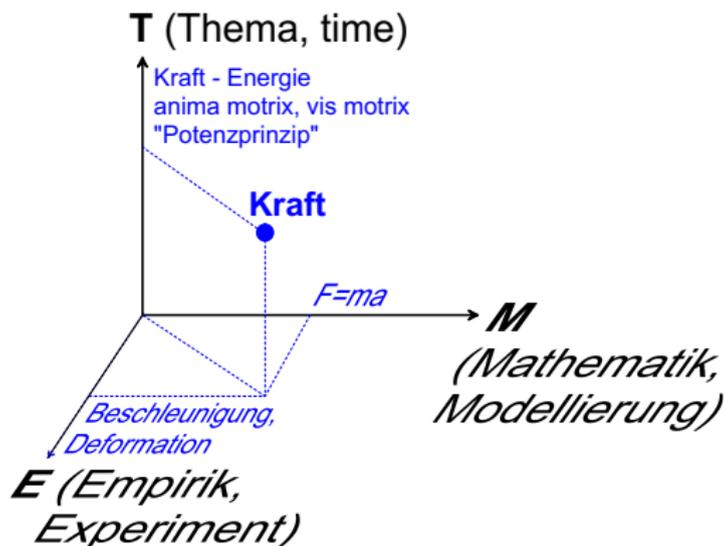
Themata (G. HOLTON), Leitideen, Leitmotive (A. SCHLATTER),

Vorurteile (EINSTEIN),

Hintergrundüberzeugungen historischer, psychologischer,

religiöser, metaphysischer Art (W. KUHN)

## Beispiel für das TEM-Schema: Kraft-Begriff



(nach W. KUHN: Ziel und Struktur physikalischer Theorien. Praxis der Naturwissenschaften-Physik 2/39, 2-9 (1990))

- 1 Zum Weltbild der Physik
- 2 Der naturwissenschaftliche Zugriff auf die Welt
  - Verschiedene Arten von Erklärungen
  - Das TEM-Schema
  - **1. Die empirische Dimension**
  - 2. Die analytische Dimension
    - Allgemeine Modelltheorie (STACHOWIAK, KLAUS, STEINMÜLLER)
    - Modelle in der Physik
    - Varianten physikalischer Modelle
    - Grenzen der physikalischen Modellbildung
  - 3. Die thematische Dimension
- 3 Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

## Drei Arten der Erfahrung

- **Erfahrung im Alltag** – stark subjektbezogen  
„herumfahren“ = Leben!  
aktiv/passiv beabsichtigt/unbeabsichtigt wesentlich/unwesentlich  
echte/vermeintliche förderliche/hinderliche gute/schlechte (wer beurteilt?)
- **naturwiss. Erfahrung (Empirie)** – stark objektbezogen  
Ideal: Quantifizierbarkeit – Reproduzierbarkeit –  
Prognosefähigkeit
- **Erfahrung von Sinn** – Subjekt-Objekt-Trennung tritt zurück  
„Stupor-Erfahrung“ (Löw)  
ästhetische/künstlerische Erfahrung,  
Liebes-/Geborgenheitserfahrung  
religiöse Erfahrung (z.B. PASCALS Mémorial (1654))

## Drei Arten der Erfahrung

- **Erfahrung im Alltag** – stark subjektbezogen  
„herumfahren“ = Leben!  
aktiv/passiv beabsichtigt/unbeabsichtigt wesentlich/unwesentlich  
echte/vermeintliche förderliche/hinderliche gute/schlechte (wer beurteilt?)
- **naturwiss. Erfahrung (Empirie)** – stark objektbezogen  
Ideal: Quantifizierbarkeit – Reproduzierbarkeit –  
Prognosefähigkeit
- **Erfahrung von Sinn** – Subjekt-Objekt-Trennung tritt zurück  
„Stupor-Erfahrung“ (Löw)  
ästhetische/künstlerische Erfahrung,  
Liebes-/Geborgenheitserfahrung  
religiöse Erfahrung (z.B. PASCALS Mémorial (1654))

## Drei Arten der Erfahrung

- **Erfahrung im Alltag** – stark subjektbezogen  
„herumfahren“ = Leben!  
aktiv/passiv beabsichtigt/unbeabsichtigt wesentlich/unwesentlich  
echte/vermeintliche förderliche/hinderliche gute/schlechte (wer beurteilt?)
- **naturwiss. Erfahrung (Empirie)** – stark objektbezogen  
Ideal: Quantifizierbarkeit – Reproduzierbarkeit –  
Prognosefähigkeit
- **Erfahrung von Sinn** – Subjekt-Objekt-Trennung tritt zurück  
„Stupor-Erfahrung“ (Löw)  
ästhetische/künstlerische Erfahrung,  
Liebes-/Geborgenheitserfahrung  
religiöse Erfahrung (z.B. PASCALS Mémorial (1654))

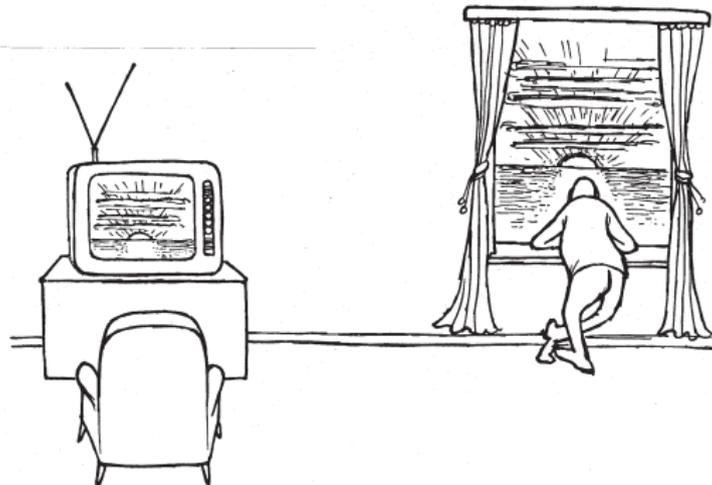
## Drei Arten der Erfahrung

- **Erfahrung im Alltag** – stark subjektbezogen  
„herumfahren“ = Leben!  
aktiv/passiv beabsichtigt/unbeabsichtigt wesentlich/unwesentlich  
echte/vermeintliche förderliche/hinderliche gute/schlechte (wer beurteilt?)
- **naturwiss. Erfahrung (Empirie)** – stark objektbezogen  
Ideal: Quantifizierbarkeit – Reproduzierbarkeit –  
Prognosefähigkeit
- **Erfahrung von Sinn** – Subjekt-Objekt-Trennung tritt zurück  
„Stupor-Erfahrung“ (Löw)  
ästhetische/künstlerische Erfahrung,  
Liebes-/Geborgenheitserfahrung  
religiöse Erfahrung (z.B. PASCALS Mémorial (1654))

- 1 Zum Weltbild der Physik
- 2 **Der naturwissenschaftliche Zugriff auf die Welt**
  - Verschiedene Arten von Erklärungen
  - Das TEM-Schema
  - 1. Die empirische Dimension
  - **2. Die analytische Dimension**
    - Allgemeine Modelltheorie (STACHOWIAK, KLAUS, STEINMÜLLER)
    - Modelle in der Physik
    - Varianten physikalischer Modelle
    - Grenzen der physikalischen Modellbildung
  - 3. Die thematische Dimension
- 3 Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

# Allgemeine Modelltheorie (STACHOWIAK, KLAUS, STEINMÜLLER)

## Das modellbildende Wesen



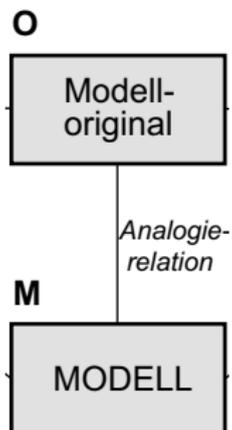
H. STACHOWIAK:

*„Zu den Grunderlebnissen des Menschen gehört dasjenige der Dichotomie von Vor-gegebenem und Nach-vollzogenem, von Original und Modell.“*

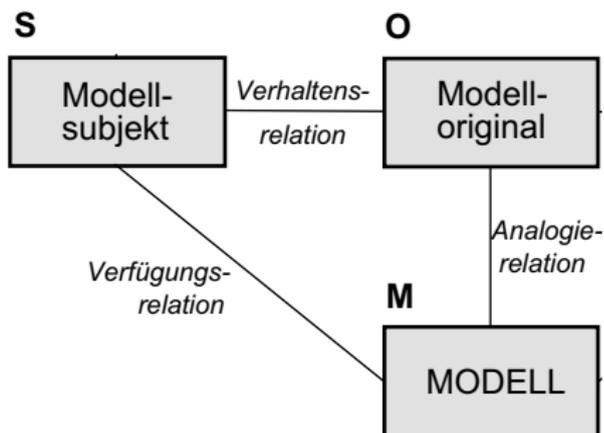
## Das modellbildende Wesen

*Wir können den Menschen geradezu als das modellbildende Wesen begreifen. Alles was ihm neu- und fremdartig erscheint, sucht er sich im Medium der Modellbildung anschauend, beobachtend, interpretierend, vergewissernd anzueignen. Sein Lernen ist ein Lernen an und mit Modellen, und sein Handeln wesentlich ein Handeln nach Modellen; [...]"*

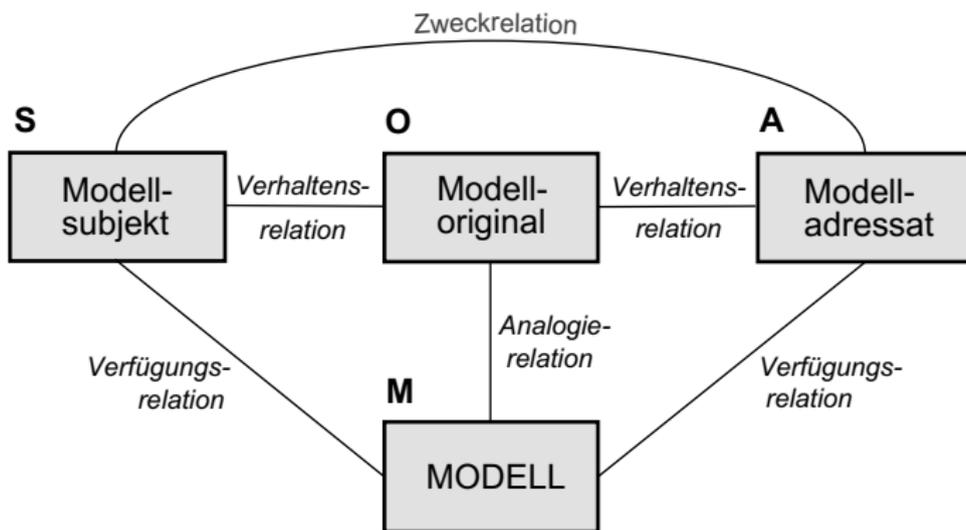
## Ein „objektiver“ Modellbegriff?



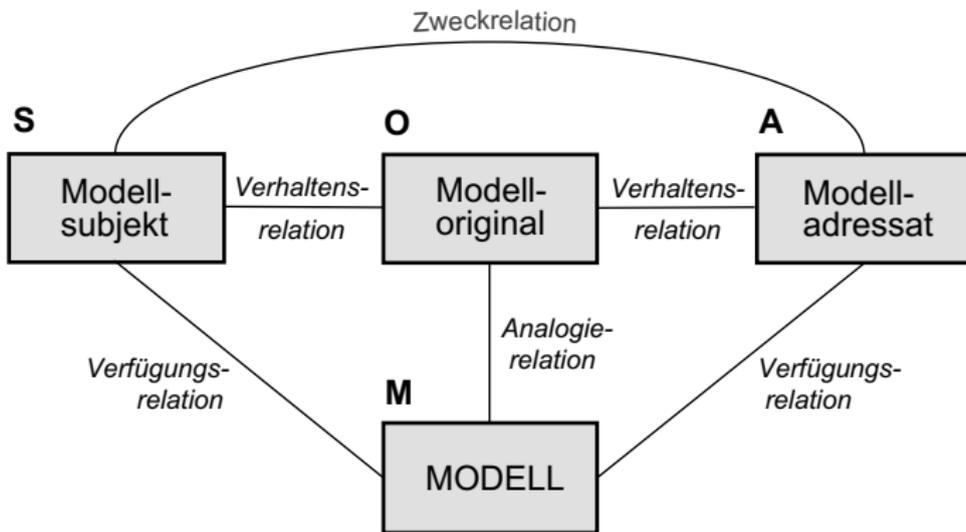
## Ein perspektivischer Modellbegriff



## Ein erweiterter perspektivischer Modellbegriff



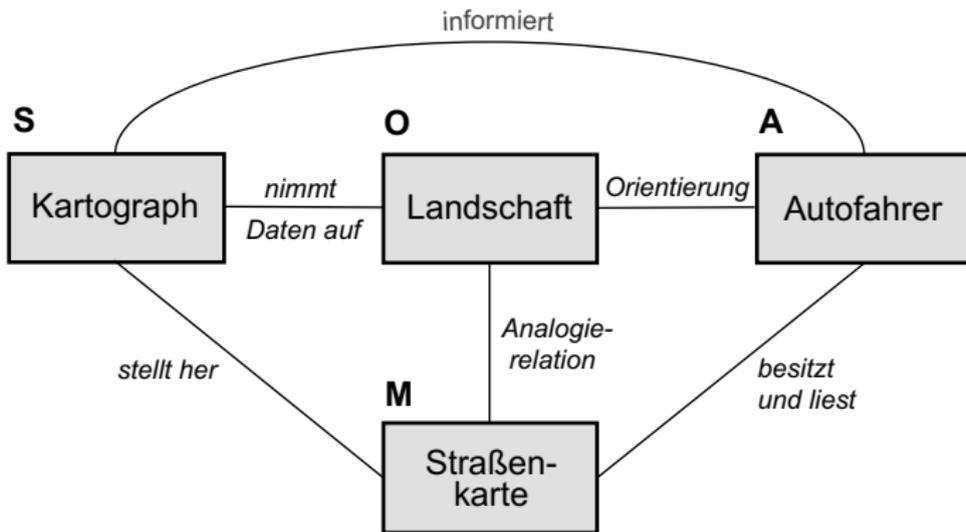
## Der allgemeine systemtheoretische Modellbegriff



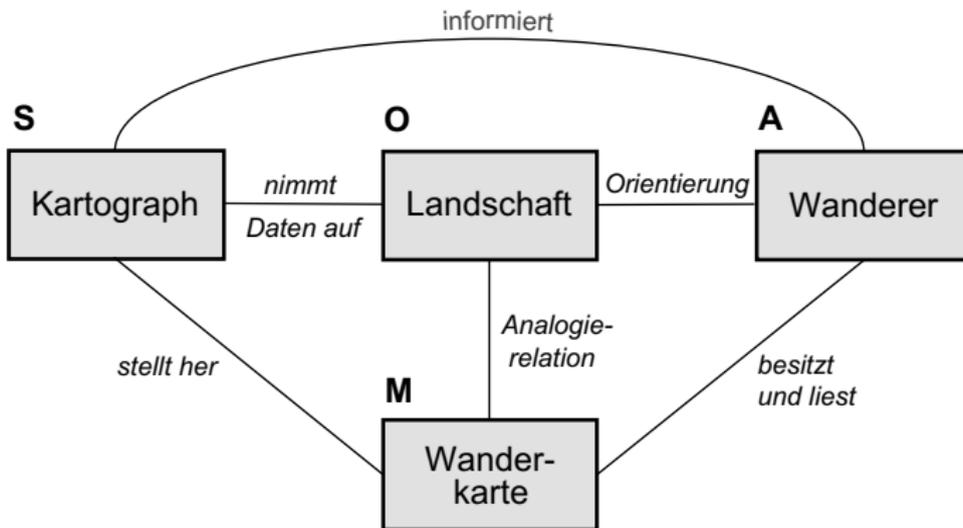
W. STEINMÜLLER:

„Modell ist stets **Modell-wovon-wozu-für wen.**“

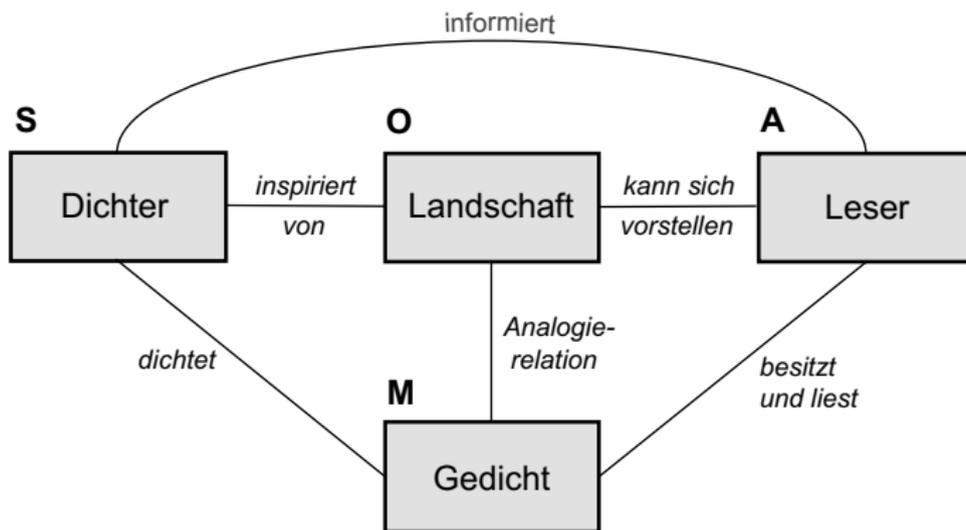
## Beispiel: Straßenkarte als Modell



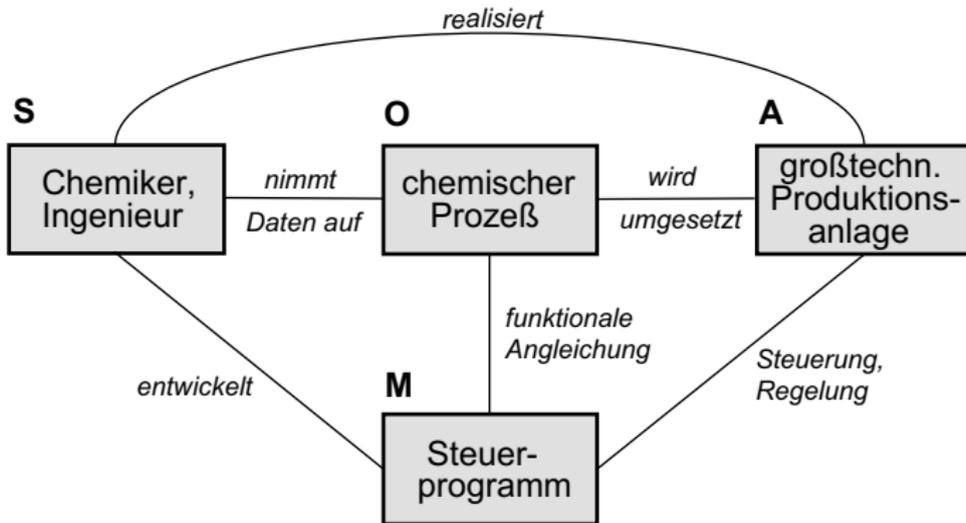
## Beispiel: Wanderkarte als Modell



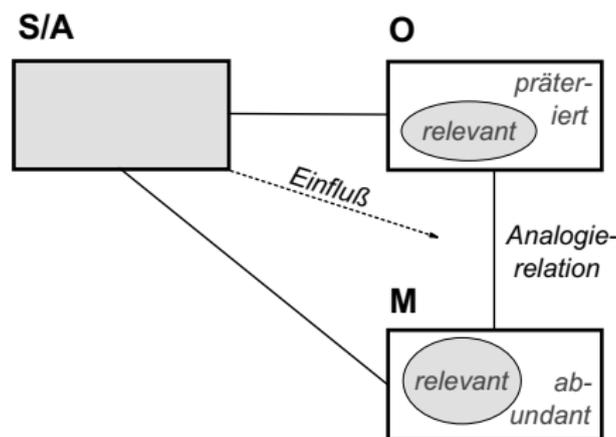
## Beispiel: Gedicht als Modell



## Beispiel: Steuerprogramm als Modell



## Die Analogierelation: Allgemeine Merkmale



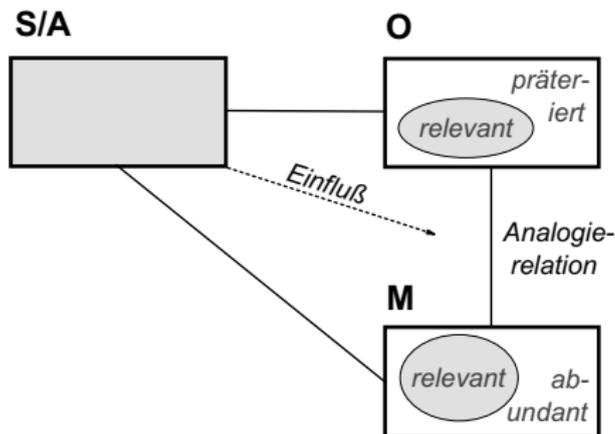
- „Abbildungsmerkmal“ (**STACHOWIAK**):

Einer Anzahl von Elementen und Relationen des Modelloriginals werden Elemente und Relationen des Modells zugeordnet.

**O** und **M** sind Systeme.

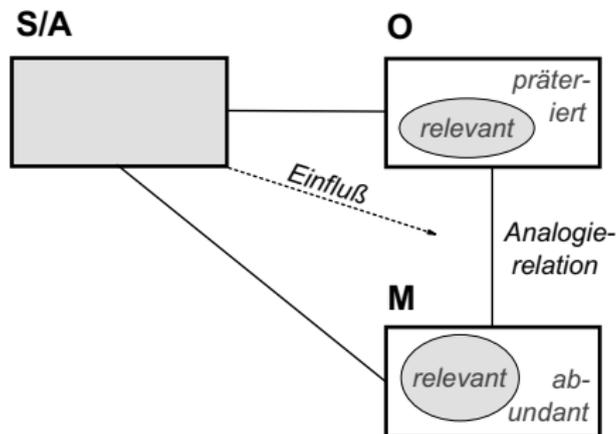
Homomorphe Abbildung *aus* dem Original *in* das Modell

## Die Analogierelation: Allgemeine Merkmale



- **„Verkürzungsmerkmal“ (STACHOWIAK):**  
Es gibt i.Allg. präterierte (übergangene) Merkmale.  
*„Dies ist ja **nur** ein Modell.“*

## Die Analogierelation: Allgemeine Merkmale

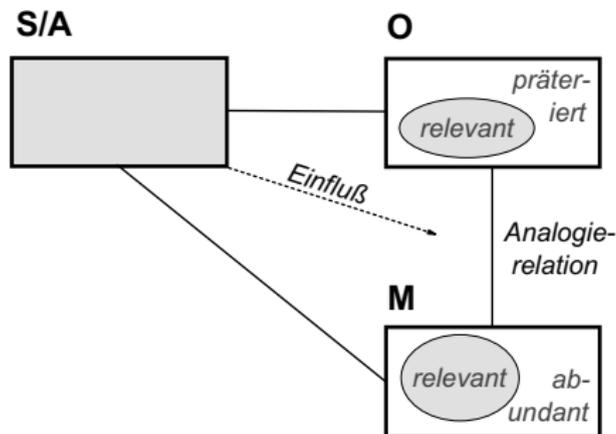


- Die präterierten Elemente und Relationen des Modells nennt man „abundant“.

*Brennbarkeit von Landkartenpapier; Metrik von U-Bahn-Plänen*

abundante Attribute weisen auf das Modellsobjekt hin:  
„Implizite Selbstbeschreibung“

## Die Analogierelation: Allgemeine Merkmale



- **„Pragmatisches Merkmal“ (STACHOWIAK):**  
Das Modellsubjekt wählt die relevanten Attribute für bestimmte Zwecke und bestimmte Zeitabschnitte aus.  
*Straßenkarte, Wanderkarte, Wetterkarte*

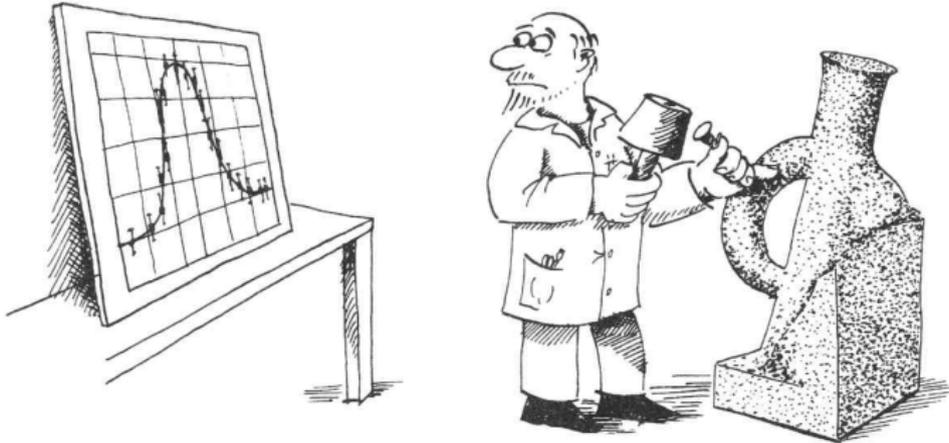
HÄGELE: Tragweite und Grenzen naturwissenschaftlicher Aussagen

└ Der naturwissenschaftliche Zugriff auf die Welt

└ 2. Die analytische Dimension

# Modelle in der Physik

## Modelle – Glück des Physikers

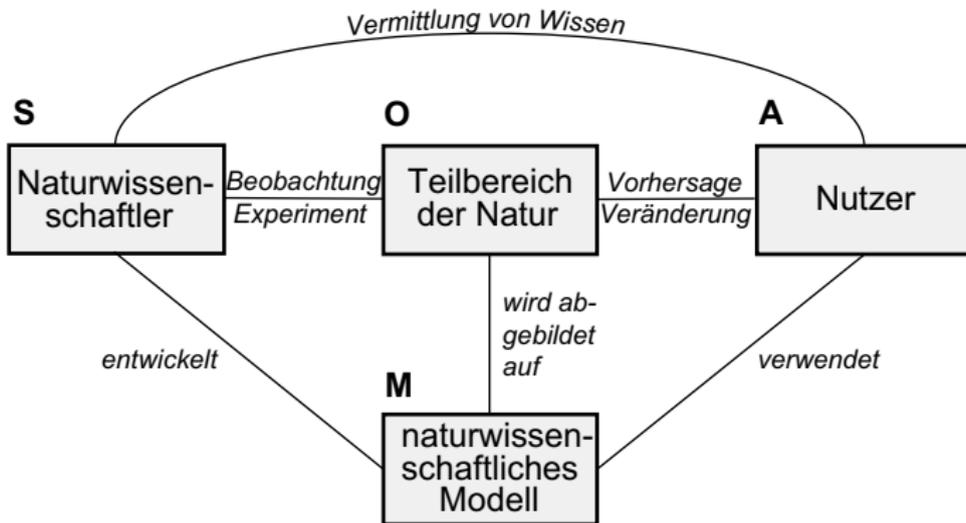


Zur Hand ist der Physiker schnelle,  
entwirft sich gern neue Modelle.

Wenn Daten dann passen,  
kann's Glück er kaum fassen:

Erkenntnis schöpft er aus der Quelle.

# Modellbildung in der Naturwissenschaft



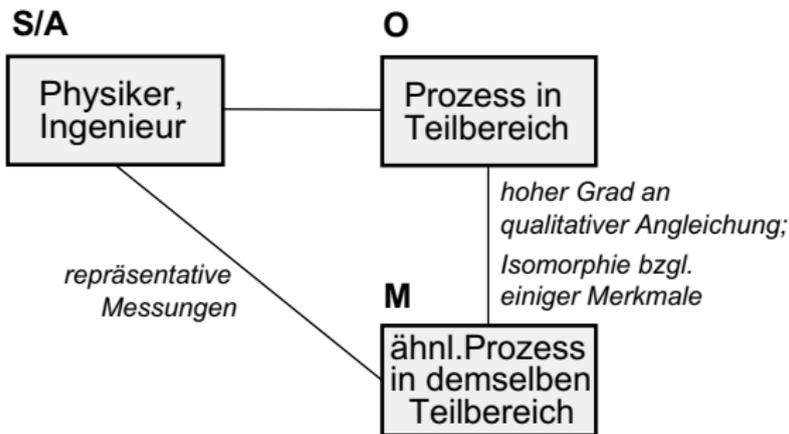
Der naturwissenschaftliche Modellbegriff

# Varianten physikalischer Modelle

## Varianten physikalischer Modelle

- Modell: skaliertes Abbild eines Prozesses
- Modell: Analogie zwischen einem bekannten und einem unbekanntem Naturbereich
- Modell: Theorie, die einen großen Erfahrungsbereich beschreibt
- Modell: Vorstufe / Idealisierung einer allgemeinen Theorie
- Modell: Gedankenexperiment
- Modell: Physikalische Interpretation einer mathematischen Struktur

## Modell: skaliertes Abbild eines Prozesses



Modell als verkleinertes / vergrößertes Abbild („handlich“)  
*aero- und hydrodynamische Modelle (Flugzeug-, Schiffsmodelle)*

## Kleine Modelle ...



B. BRECHT:

*„Der Mensch macht sich von den Dingen, mit denen er in Berührung kommt und auskommen muss, Bilder, kleine Modelle, die ihm verraten, wie sie funktionieren.“*

## Modell: skaliertes Abbild eines Prozesses

Verallgemeinerung der geometrischen Ähnlichkeit (invariante Kennzahlen):

Strömungsgleichungen von NAVIER und STOKES:

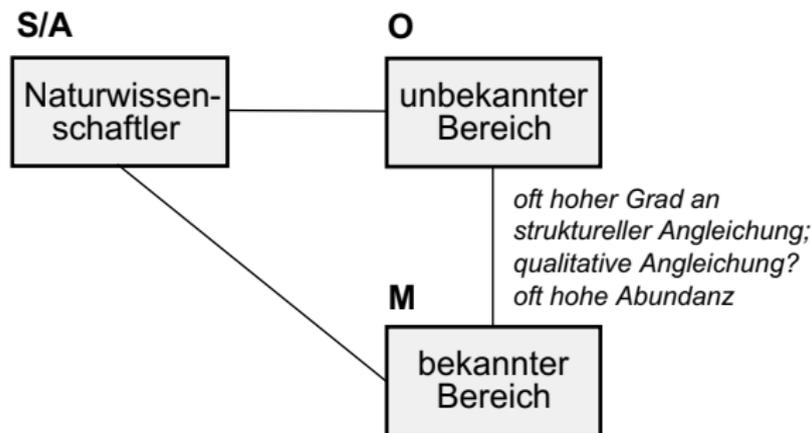
$$\rho \vec{v} \cdot \nabla \vec{v} + \rho \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -\nabla p + \eta \Delta \vec{v} + \rho \vec{g}$$

Einführung von dimensionslosen Größen

$$t' = t/t^* \quad l' = l/l^* \quad \vec{v}' = \vec{v}/v^* \quad \nabla' = l^* \nabla \quad \rho' = \rho/\rho^* \quad \text{usw. :}$$

$$\rho' \vec{v}' \cdot \nabla' \vec{v}' + \rho' \frac{\partial \vec{v}'}{\partial t'} = - \underbrace{\frac{\rho^*}{\rho^* v^{*2}} \nabla' p'}_{\text{EULER}} + \underbrace{\frac{\eta^*}{\rho^* l^* v^*}}_{1/\text{REYNOLDS}} \eta' \Delta' \vec{v}' + \underbrace{\frac{l^* \vec{g}}{v^{*2}}}_{1/\text{FROUDE}} \rho'$$

## Modell: Analogie zwischen einem bekannten und einem unbekanntem Naturbereich



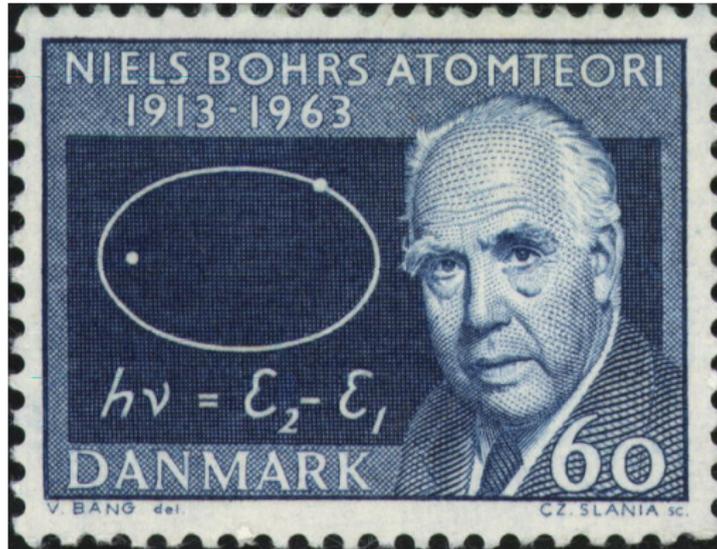
Unbekanntes wird auf Bekanntes zurückgeführt und so „verstanden“.  
„Schluss vom Besonderen auf Besonderes“ (W.KUHN)

## Modell: Analogie zwischen einem bekannten und einem unbekanntem Naturbereich

<b>Bekannter Bereich</b>	<b>Unbekannter Bereich</b>
Galilei'sche Jupitermonde	Sonnensystem
Bohr'sches Planetenmodell	Atombau
Tröpfchen-, Schalenmodell	Atomkern
Gas freier Elektronen	elektr. Eig. von Metallen
kinet. Gastheorie (Billard)	Thermodynamik der Gase
elektron. Netzwerke	neuronale Netzwerke

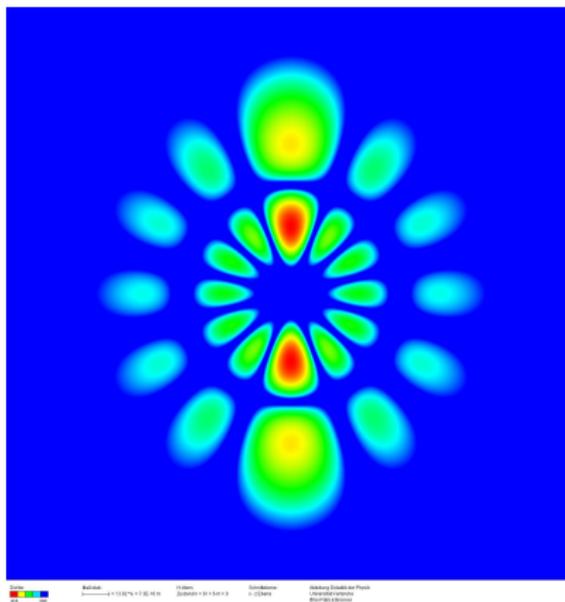
*„Ganz besonders liebe ich die Analogien als meine zuverlässigsten Lehrmeister, die um alle Geheimnisse der Natur wissen.“ (J. KEPLER)*

## Modell: Analogie zwischen einem bekannten und einem unbekanntem Naturbereich



BOHR'sches Atommodell

## Modell: Analogie zwischen einem bekannten und einem unbekanntem Naturbereich



SCHRÖDINGER'sches Atommodell: H-Atom ( $n=8, l=6, m=0$ )

## Modell: Analogie zwischen einem bekannten und einem unbekanntem Naturbereich

### Probleme:

- Analogieschlüsse nie logisch zwingend
- Analogieschlüsse oft suggestiv; Reichweite?
- Grad der qualitativen Angleichung oft gering

*Grenzen des BOHR'schen Atommodells (instabil; eben)*

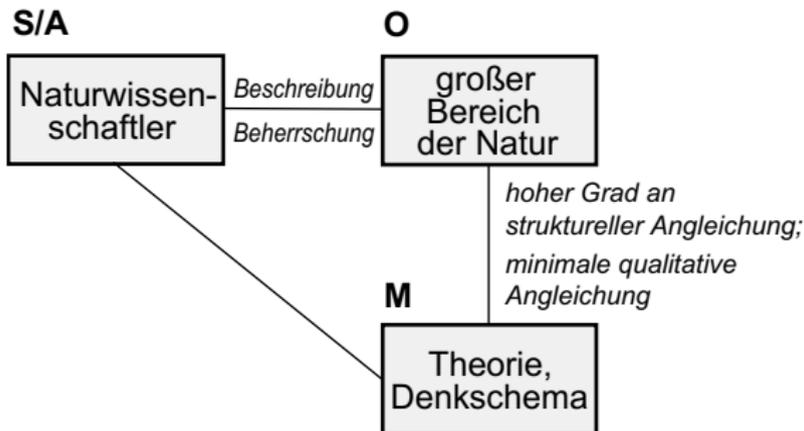
*mechanisches Wellenmodell – Träger der elektromagnet. Wellen?*

*mechanisches Wellenmodell – Natur der Materiewellen?*

*Modell Mikroevolution – Makroevolution (gleiche Mechanismen?)*

## Modell: Theorie,

## die einen großen Erfahrungsbereich beschreibt



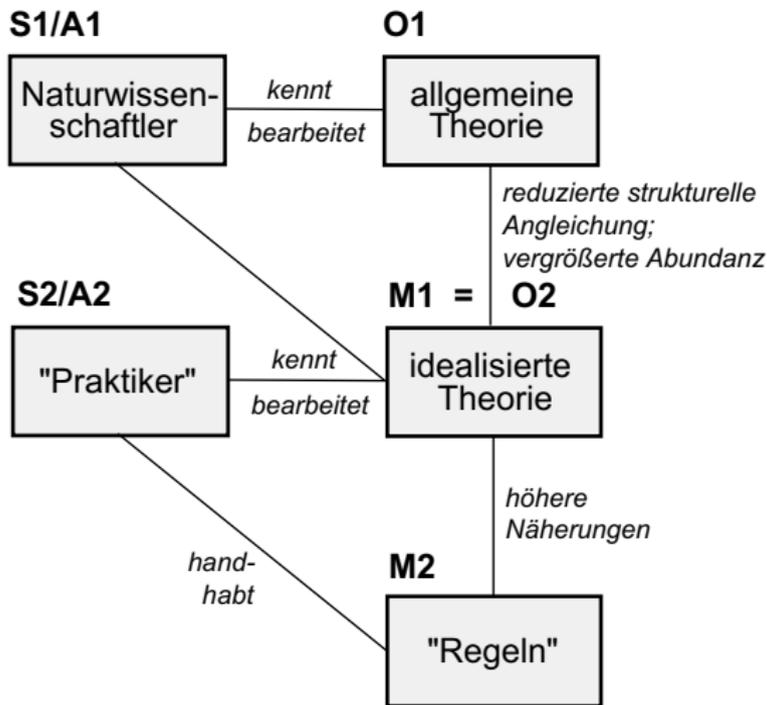
Eine Theorie ist „*innerhalb der Begrenzung ihres Anwendungsbereichs*“ ein „*Modell der Wirklichkeit*“. (M. PLANCK)

## Modell: Theorie, die einen großen Erfahrungsbereich beschreibt

Beispiele für die Anwendung mathematischer Strukturen in der Physik:

Mathematische Struktur	Gegenstand der Naturwissenschaft
Geometrie	Anordnung der Gegenstände im Raum („physikal. Geometrie“)
reelle Zahlen, Funktionen	Kinematik (Raum-Zeit)
Analysis, Lineare Algebra	Dynamik
Differentialgleichungen	Schwingungen, Wellen
Vektoranalysis	Felder (z.B. elektromagnet. Feld)
lineare, selbstadj. Operatoren	Quantenmechanik
Symmetriegruppen	Elementarteilchen

## Modell: Vorstufe / Idealisierung einer allgemeinen Theorie



## Modell: Vorstufe / Idealisierung einer allgemeinen Theorie

- Vorstufe:** „Schluss vom Besonderen aufs Allgemeine“ (Induktion)  
Wegweiser („Pointer“ HESSE) für allgemeine Theorien
- Idealisierung:** gewollte Reduzierung der Elemente und Relationen  
Weglassen von Untypischem

<b>Idealisierung</b>	<b>Allgemeine Theorie</b>
Massenpunkt	klassische Mechanik
starrer Körper	klassische Mechanik
harmonischer Oszillator	bel. schwingungsfähige Systeme
Idealkristall	Festkörperphysik
Strahlenoptik	Wellenoptik (Elektrodynamik)
Tröpfchenmodell	Kernphysik
Ising-Modell	Theorie der Phasenübergänge
Knäuel-, Mäandermodell	Polymerphysik

## Modell: Vorstufe / Idealisierung einer allgemeinen Theorie

- Vereinfachung der mathematischen Struktur:  
„theoriefähige Idealisierung“ (W. KUHN)

*Linearisierung, Reduzierung der Dimension, ...*

- Eine Theorie wird oft erst nachprüfbar anhand von Modellen.  
„Konstitution der empirischen Signifikanz“ (FERTIG)

*kosmolog. Modelle als spez. Lösungen der Allgemeinen Relativitätstheorie*

- Eine Theorie wird oft erst anschaulich, populär durch  
idealisierende Modelle

*Planetarium, Demonstrationsmodelle*

*Züge, Bahnsteige, Blitze (Spezielle Relativitätstheorie)*

## Modell: Vorstufe / Idealisierung einer allgemeinen Theorie

- Vereinfachung der mathematischen Struktur:  
„theoriefähige Idealisierung“ (W. KUHN)

*Linearisierung, Reduzierung der Dimension, ...*

- Eine Theorie wird oft erst nachprüfbar anhand von Modellen.  
„Konstitution der empirischen Signifikanz“ (FERTIG)

*kosmolog. Modelle als spez. Lösungen der Allgemeinen Relativitätstheorie*

- Eine Theorie wird oft erst anschaulich, populär durch idealisierende Modelle

*Planetarium, Demonstrationsmodelle*

*Züge, Bahnsteige, Blitze (Spezielle Relativitätstheorie)*

## Modell: Vorstufe / Idealisierung einer allgemeinen Theorie

- Vereinfachung der mathematischen Struktur:  
„theoriefähige Idealisierung“ (W. KUHN)

*Linearisierung, Reduzierung der Dimension, ...*

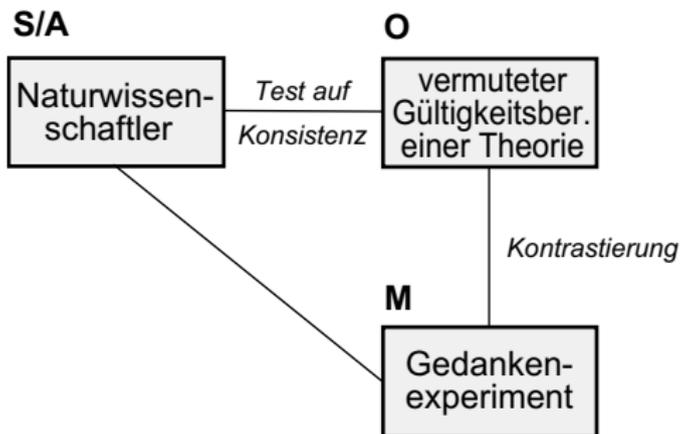
- Eine Theorie wird oft erst nachprüfbar anhand von Modellen.  
„Konstitution der empirischen Signifikanz“ (FERTIG)

*kosmolog. Modelle als spez. Lösungen der Allgemeinen Relativitätstheorie*

- Eine Theorie wird oft erst anschaulich, populär durch  
idealisierte Modelle

*Planetarium, Demonstrationsmodelle  
Züge, Bahnsteige, Blitze (Spezielle Relativitätstheorie)*

## Modell: Gedankenexperiment

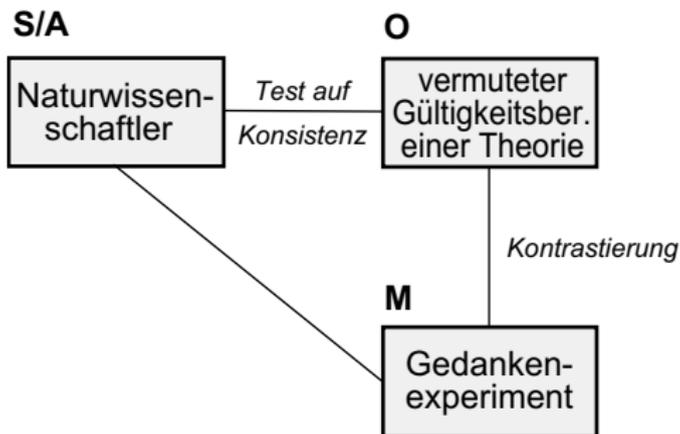


Fiktive Situation, um

- Gültigkeitsbereich
- Widerspruchsfreiheit (Konsistenz)

einer Theorie zu testen.

## Modell: Gedankenexperiment



LAPLACE'scher Dämon

MAXWELL'scher Dämon

Zwillingsparadoxon

EINSTEIN-BOHR-Debatte

SCHRÖDINGER'sche Katze

Klass. Mechanik; Determinismus

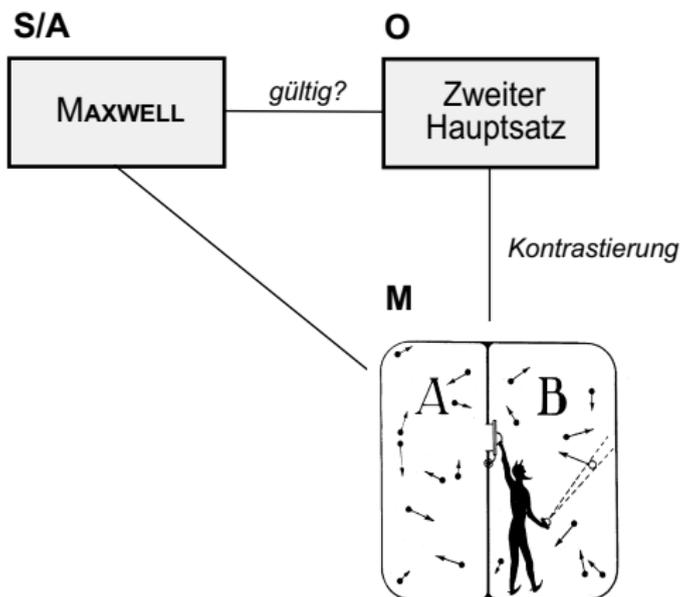
Zweiter Hauptsatz (Entropiesatz)

Spezielle Relativitätstheorie

Quantenmechanik (gültig?)

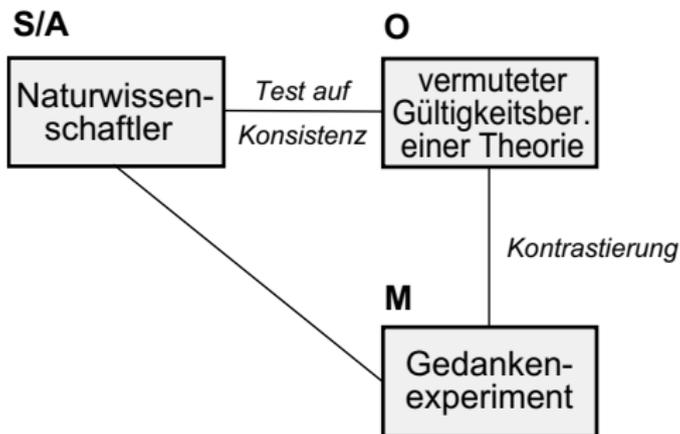
Quantenmechanik (Messprozess?)

## Modell: Gedankenexperiment



Gilt der Zweite Hauptsatz (Entropiesatz) auch bei Beobachtern?

## Modell: Gedankenexperiment



Vertieftes Verständnis durch Variation der Theorie:

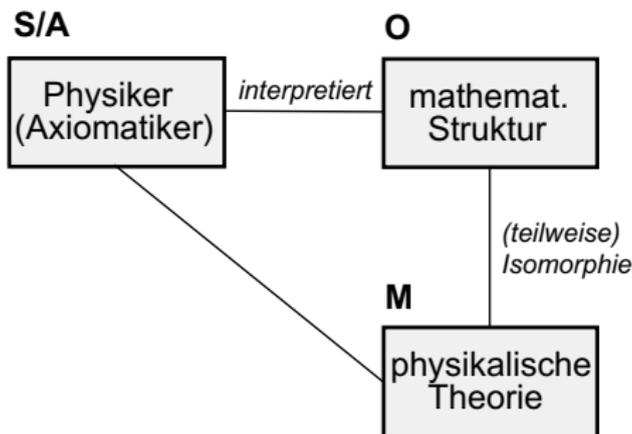
**Was wäre, wenn ... ?**

*Was wäre, wenn Raum und Zeit andere Dimensionen hätten?*

*Was wäre, wenn die Naturkonstanten andere Werte hätten?*

*(Anthropisches Prinzip)*

## Modell: Physikalische Interpretation einer mathematischen Struktur

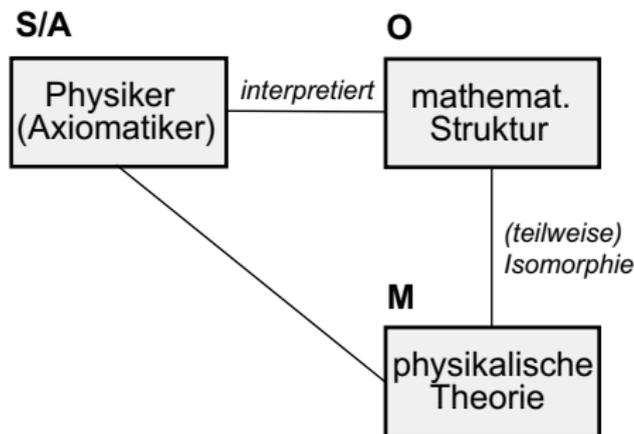


Eine mathematische Struktur wird physikalisch interpretiert.  
Nähe zum mathematischen Modellbegriff

*skalare Funktion einer Variablen*  
*Vektoranalysis*

*zeitveränderlicher Ort  $x(t)$*   
*Elektrodynamik*

## Modell: Physikalische Interpretation einer mathematischen Struktur



Mathematische Strukturen haben oft mehrere Modelle:

*Dgln. 2. Ordnung mit konst. Koeff. mechanische, elektr. Schwingungen*

# Grenzen der physikalischen Modellbildung

## Grenzen der physikalischen Modellbildung

**relative Grenzen** – veränderlich mit der Zeit

**absolute Grenzen** – unveränderlich (methodenbedingt)

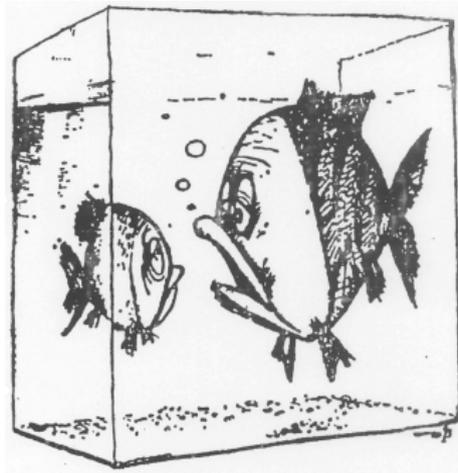
## Relative Grenzen

### relativ:

- Stand der Technik
  - Rechenleistung von Computern
  - Präzision der Geräte
  - ...
- Stand des Wissens
  - Strings
  - Quantengravitation
  - dunkle Materie
  - dunkle Energie
  - Multiversum
  - Telekinese
  - ...

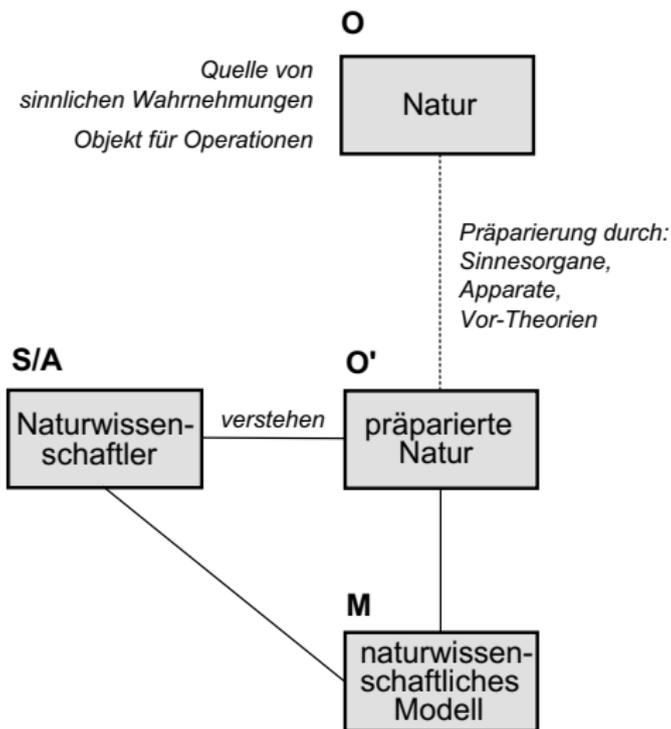
## Absolute Grenzen: Modellbildung

Alle Modelle haben einen prinzipiell hypothetischen Charakter.  
(W. STEGMÜLLER)

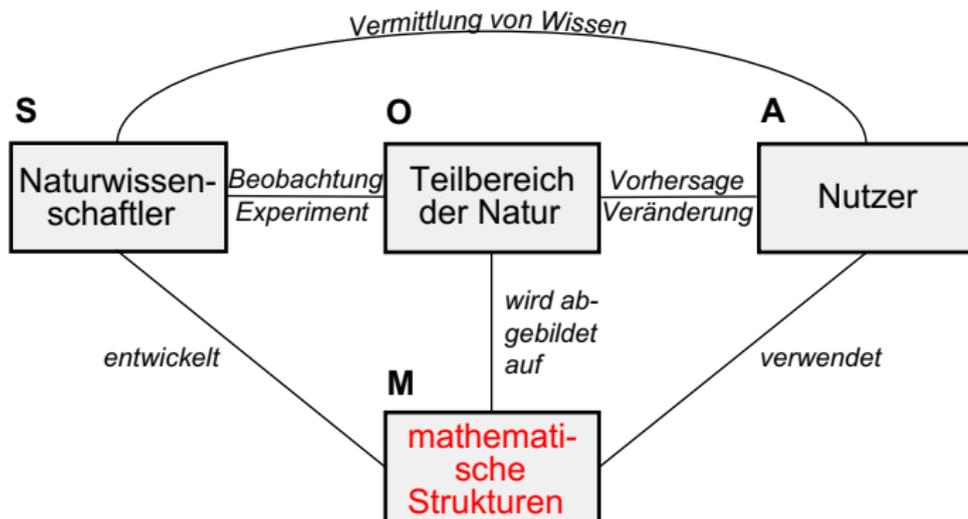


*„Die Welt, mein Sohn, ist ein großer Kasten voller Wasser.“*

# Absolute Grenzen: Präparierte Natur im Modelloriginal



## Absolute Grenzen: Mathematik als Modellsubstrat



## Absolute Grenzen: Mathematik als Modellsubstrat

- Die Verwendung der Strukturwissenschaft *Mathematik* bedingt:
  - Beschränkung auf Gesetze (Gegensatz: Geschichtswissenschaft)  
Notwendigkeit – Zufall      Kontingenz?
  - Typisierung; Ausblendung des Individuellen, Personalen
  - Präparierung des Funktionsaspektes  
*Wie . . . in Raum und Zeit?*

## Absolute Grenzen: Mathematik als Modellsubstrat

- Die Verwendung der Strukturwissenschaft *Mathematik* bedingt:
  - Beschränkung auf Gesetze (Gegensatz: Geschichtswissenschaft)  
Notwendigkeit – Zufall      Kontingenz?
  - Typisierung; Ausblendung des Individuellen, Personalen
  - Präparierung des Funktionsaspektes  
*Wie . . . in Raum und Zeit?*

## Absolute Grenzen: Mathematik als Modellsubstrat

- Die Verwendung der Strukturwissenschaft *Mathematik* bedingt:
  - Beschränkung auf Gesetze (Gegensatz: Geschichtswissenschaft)  
Notwendigkeit – Zufall      Kontingenz?
  - Typisierung; Ausblendung des Individuellen, Personalen
  - Präparierung des Funktionsaspektes  
*Wie . . . in Raum und Zeit?*

## Absolute Grenzen: Mathematik als Modellsubstrat

- Die Strukturwissenschaft *Mathematik* bedingt:

*Blindheit für ...*

- Qualitäten (*„rot“ ist mehr als eine Frequenz*)
- ästhetische Fragen (*Warum ist das schön?*)
- Werte (H. STAUDINGER)  
keine Werturteile über Objekte der Untersuchung  
aber eigene Werte: Wahrheitsanspruch
- ethische Fragen (*Darf man ... , ist es gut ... ?*)
- Zwecke, Absichten (*Wozu ist dieses Gerät da?*)
- Wesensfragen (*Was ist eigentlich ... ?*)
- Sinn- und Zielfragen (*Wozu, wohin, warum ... ?*)

## Absolute Grenzen: Mathematik als Modellsubstrat

- Die Strukturwissenschaft *Mathematik* bedingt:

### *Blindheit für ...*

- Qualitäten („*rot*“ ist mehr als eine Frequenz)
- ästhetische Fragen (*Warum ist das schön?*)
- Werte (H. STAUDINGER)  
keine Werturteile über Objekte der Untersuchung  
aber eigene Werte: Wahrheitsanspruch
- ethische Fragen (*Darf man ... , ist es gut ... ?*)
- Zwecke, Absichten (*Wozu ist dieses Gerät da?*)
- Wesensfragen (*Was ist eigentlich ... ?*)
- Sinn- und Zielfragen (*Wozu, wohin, warum ... ?*)

## Absolute Grenzen: Mathematik als Modellsubstrat

- Die Strukturwissenschaft *Mathematik* bedingt:

### *Blindheit für ...*

- Qualitäten (*„rot“ ist mehr als eine Frequenz*)
- ästhetische Fragen (*Warum ist das schön?*)
- Werte (H. STAUDINGER)  
keine Werturteile über Objekte der Untersuchung  
aber eigene Werte: Wahrheitsanspruch
- ethische Fragen (*Darf man ... , ist es gut ... ?*)
- Zwecke, Absichten (*Wozu ist dieses Gerät da?*)
- Wesensfragen (*Was ist eigentlich ... ?*)
- Sinn- und Zielfragen (*Wozu, wohin, warum ... ?*)

## Absolute Grenzen: Mathematik als Modellsubstrat

- Die Strukturwissenschaft *Mathematik* bedingt:

### *Blindheit für ...*

- Qualitäten (*„rot“ ist mehr als eine Frequenz*)
- ästhetische Fragen (*Warum ist das schön?*)
- Werte (H. STAUDINGER)  
keine Werturteile über Objekte der Untersuchung  
aber eigene Werte: Wahrheitsanspruch
- ethische Fragen (*Darf man ... , ist es gut ... ?*)
- Zwecke, Absichten (*Wozu ist dieses Gerät da?*)
- Wesensfragen (*Was ist eigentlich ... ?*)
- Sinn- und Zielfragen (*Wozu, wohin, warum ... ?*)

## Absolute Grenzen: Mathematik als Modellsubstrat

- Die Strukturwissenschaft *Mathematik* bedingt:

*Blindheit für ...*

- Qualitäten (*„rot“ ist mehr als eine Frequenz*)
- ästhetische Fragen (*Warum ist das schön?*)
- Werte (H. STAUDINGER)  
keine Werturteile über Objekte der Untersuchung  
aber eigene Werte: Wahrheitsanspruch
- ethische Fragen (*Darf man ... , ist es gut ... ?*)
- Zwecke, Absichten (*Wozu ist dieses Gerät da?*)
- Wesensfragen (*Was ist eigentlich ... ?*)
- Sinn- und Zielfragen (*Wozu, wohin, warum ... ?*)

## Absolute Grenzen: Mathematik als Modellsubstrat

- Die Strukturwissenschaft *Mathematik* bedingt:

### *Blindheit für ...*

- Qualitäten (*„rot“ ist mehr als eine Frequenz*)
- ästhetische Fragen (*Warum ist das schön?*)
- Werte (H. STAUDINGER)  
keine Werturteile über Objekte der Untersuchung  
aber eigene Werte: Wahrheitsanspruch
- ethische Fragen (*Darf man ... , ist es gut ... ?*)
- Zwecke, Absichten (*Wozu ist dieses Gerät da?*)
- Wesensfragen (*Was ist eigentlich ... ?*)
- Sinn- und Zielfragen (*Wozu, wohin, warum ... ?*)

## Absolute Grenzen: Mathematik als Modellssubstrat

- Die Strukturwissenschaft *Mathematik* bedingt:

*Blindheit für ...*

- Qualitäten (*„rot“ ist mehr als eine Frequenz*)
- ästhetische Fragen (*Warum ist das schön?*)
- Werte (H. STAUDINGER)  
keine Werturteile über Objekte der Untersuchung  
aber eigene Werte: Wahrheitsanspruch
- ethische Fragen (*Darf man ... , ist es gut ... ?*)
- Zwecke, Absichten (*Wozu ist dieses Gerät da?*)
- Wesensfragen (*Was ist eigentlich ... ?*)
- Sinn- und Zielfragen (*Wozu, wohin, warum ... ?*)

## Absolute Grenzen: Mathematik als Modellsubstrat

- Die Strukturwissenschaft *Mathematik* bedingt:

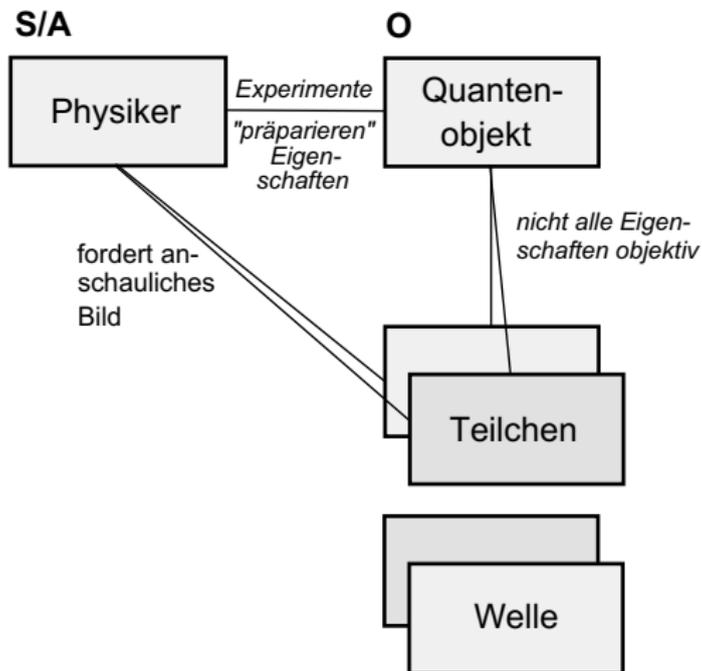
*Blindheit für ...*

- Qualitäten (*„rot“ ist mehr als eine Frequenz*)
- ästhetische Fragen (*Warum ist das schön?*)
- Werte (H. STAUDINGER)  
keine Werturteile über Objekte der Untersuchung  
aber eigene Werte: Wahrheitsanspruch
- ethische Fragen (*Darf man ... , ist es gut ... ?*)
- Zwecke, Absichten (*Wozu ist dieses Gerät da?*)
- Wesensfragen (*Was ist eigentlich ... ?*)
- Sinn- und Zielfragen (*Wozu, wohin, warum ... ?*)

## Absolute Grenzen: Weitere unbeantwortete Fragen

- Warum ist die Welt verständlich (intelligibel)?
- **Kontingenzen** („was auch anders sein könnte“)
  - Warum existiert überhaupt etwas und nicht nichts?
  - Warum sind die Naturgesetze gerade so und nicht anders?  
Warum gelten sie permanent?
  - Warum sind die kosmischen Randbedingungen gerade so und nicht anders? (HAWKING sucht sie zu eliminieren.)
  - Warum sind Zufallsereignisse der Quantenmechanik und Chaostheorie gerade so und nicht anders?

# Absolute Grenzen: Eingeschränkte Objektivierbarkeit



## Eigenschaften von Quantenobjekten

### Beispiel Elektron:

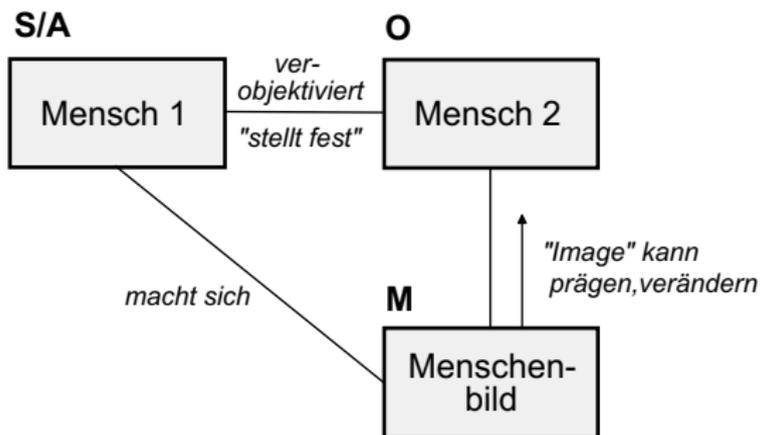
- **statische Eigenschaften (objektiv):**  
Ruhemasse, Ladung, Betrag von Spin und magnet. Moment
- **dynamische Eigenschaften (nicht objektiv):**  
Ort  $x$ , Impuls  $p_x$  komplementär  
Spinkomponenten  $s_x, s_y, s_z$  paarweise komplementär

Die Messung einer nicht objektiven Größe bedingt die objektive (!) Unbestimmtheit der komplementären Größe.

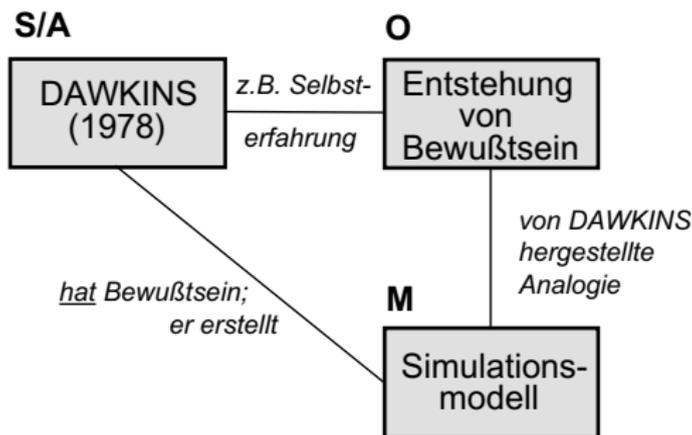
sog. **Ignoranzinterpretation:** Die unbestimmte Größe existiert, ist aber subjektiv unbekannt.

Die Ignoranzinterpretation führt zum Widerspruch mit dem Experiment, ist also falsch!

## Absolute Grenzen: Eingeschränkte Objektivierbarkeit



## Absolute Grenzen: Vorgegebenes Modellsubjekt

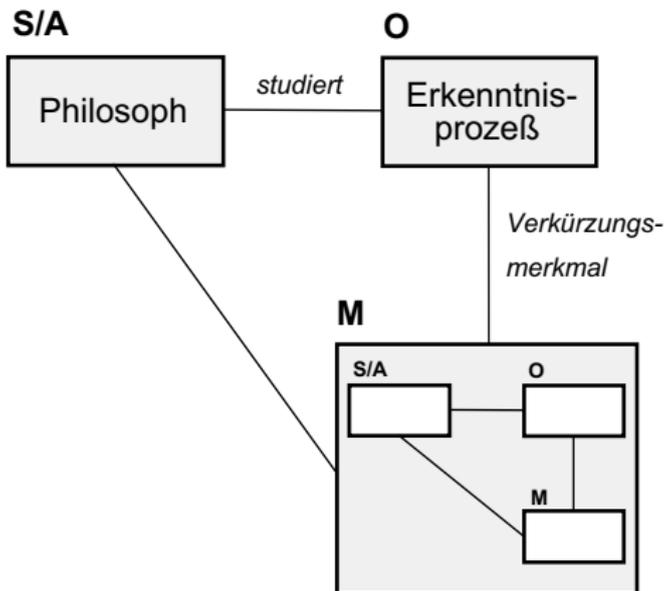


*„Vielleicht entsteht Bewusstsein dann, wenn das Gehirn die Welt so vollständig simuliert, dass diese Simulation ein Modell ihrer selbst enthalten muss.“*

(DAWKINS, R. (1996): Das egoistische Gen, Reinbek b. Hamburg)

„petitio principii“?

## Absolute Grenzen: Selbstrelativierung



STACHOWIAK:

Die Modelltheorie „ist selbst nur ein Modell, ein Erkenntnisgebilde, für das lediglich modellistische und damit pragmatische Rechtfertigungsgründe geltend gemacht werden können.“

- 1 Zum Weltbild der Physik
- 2 Der naturwissenschaftliche Zugriff auf die Welt**
  - Verschiedene Arten von Erklärungen
  - Das TEM-Schema
  - 1. Die empirische Dimension
  - 2. Die analytische Dimension
    - Allgemeine Modelltheorie (STACHOWIAK, KLAUS, STEINMÜLLER)
    - Modelle in der Physik
    - Varianten physikalischer Modelle
    - Grenzen der physikalischen Modellbildung
  - **3. Die thematische Dimension**
- 3 Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

## „Thematische Analyse der Wissenschaft“ (G. HOLTON)

### Der Wissenschaftshistoriker und Physiker G. HOLTON:

*„Diese dritte, die thematische Dimension stellt die grundsätzlichen Annahmen, Begriffe, methodischen Urteile und Entscheidungen dar, die selbst nicht aus objektiv beobachteten Tatbeständen oder logisch mathematischen oder anderen Überlegungen ableitbar sind.“*

(HOLTON, G.: Themata. Zur Ideengeschichte der Physik. Braunschweig: Vieweg 1984)

### Verwandte Begriffe:

*„Ideale der Naturordnung“* (TOULMIN);

*„Hintergrundüberzeugungen“* historischer, psychologischer, religiöser oder metaphysischer Art (W. KUHN).

*„Paradigma“* (T. KUHN) (gelegentlich)

## „Thematische Analyse der Wissenschaft“ (G. HOLTON)

### Der Wissenschaftshistoriker und Physiker G. HOLTON:

*„Diese dritte, die thematische Dimension stellt die grundsätzlichen Annahmen, Begriffe, methodischen Urteile und Entscheidungen dar, die selbst nicht aus objektiv beobachteten Tatbeständen oder logisch mathematischen oder anderen Überlegungen ableitbar sind.“*

(HOLTON, G.: Themata. Zur Ideengeschichte der Physik. Braunschweig: Vieweg 1984)

### **Verwandte Begriffe:**

*„Ideale der Naturordnung“* (TOULMIN);

*„Hintergrundüberzeugungen“* historischer, psychologischer, religiöser oder metaphysischer Art (W. KUHN).

*„Paradigma“* (T. KUHN) (gelegentlich)

## Vor-Urteile und Leitmotive in der Forschung

EINSTEIN (1919):

*„Wenn nämlich der Forscher ohne irgendwelche vorgefasste Meinung an die Dinge heranginge, wie sollte er aus der ungeheuren Fülle kompliziertester Erfahrung überhaupt Tatsachen herausgreifen können, die einfach genug sind, um gesetzmäßige Zusammenhänge offenbar werden zu lassen?“*

(A. E.: „Induktion und Deduktion in der Physik“ (1919);  
zit. in: HOLTON, G.: Themata. Zur Ideengeschichte der Physik.  
Braunschweig: Vieweg 1984. S. 149)

A. SCHLATTER:

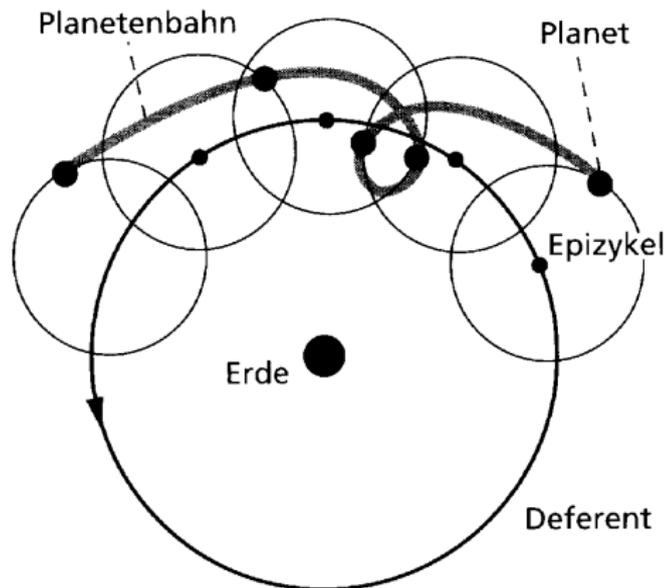
*Es ist „für die Beobachtung nicht gleichgültig, welchen ‚Leitmotiven‘ sie von mir unterworfen wird.“*

(SCHLATTER, A.: Atheistische Methoden in der Theologie [1905],  
mit einem Beitrag von Paul Jäger. Hg. von H. Hempelmann.  
Wuppertal: R. Brockhaus 1985)

## Leitidee: Kreisbahnen der Himmelskörper (PLATON)



CLAUDIUS PTOLEMÄUS  
(~100 - ~170)



## Leitidee: Kreisbahnen der Himmelskörper (PLATON)

### **Besonders instruktives Beispiel:**

Der Astronom C. PTOLEMÄUS (ca. 100–170 n.Chr.) formulierte:

*„Wenn wir uns die Aufgabe gestellt haben, auch für die fünf Wandelsterne [. . .] den Nachweis zu führen, dass ihre scheinbaren Anomalien alle vermöge gleichförmiger Bewegungen auf Kreisen zum Ausdruck gelangen, weil nur diese Bewegungen der Natur der göttlichen Wesen entsprechen, während Regellosigkeit und Ungleichförmigkeit ihnen fremd sind, so darf man wohl das glückliche Vollbringen eines solchen Vorhabens als [. . .] Endziel der auf philosophischer Grundlage beruhenden mathematischen Wissenschaft“* bezeichnen.

(FÜRST, D. et al.: *Astronomie*.  
Berlin: PAETEC Ges. für Bildung und Technik mbH. 1997)

## Leitidee: Methodischer Atheismus

### Methodisches Minimalkonzept:

Metaphysische Fragen nach dem Ganzen, dem Woher, Wohin, dem Sinn werden ausgeklammert.

„*hypotheses non fingo*“ (I. NEWTON)

Vor allem:

- Die Gottesfrage wird zurückgestellt.
- Gott kommt in der Methode nicht vor.  
„*etsi deus non daretur*“ (H. GROTIUS)
- Ein deus ex machina ist nicht zulässig.

## Leitidee: Methodischer Atheismus

### **Anspruch:**

- Beschreibung, nicht Erklärung der Welt
- Ergebnisse unabhängig von der Weltanschauung einsehbar, gültig

### **Nicht beabsichtigt:**

- die Welt allein aus der Welt erklären wollen (Letztbegründungen)
- dogmatischer Atheismus, weltanschauliche Übergriffe

## Weitere Beispiele für Themata, Leitideen

In den Naturwissenschaften lassen sich eine Fülle von Themata aufweisen. Sie lösten sich z.T. nacheinander ab; andere blieben oder bleiben nebeneinander bestehen.

- Alle Himmelskörper beschreiben Kreisbahnen (PLATON bis KOPERNIKUS, TYCHO BRAHE).
- Die Natur als Maschine (Uhrwerk) (seit KEPLER)
- Die Idee der Einheit der Natur (Suche nach der Vereinheitlichung der fundamentalen Wechselwirkungen; EINSTEIN, HEISENBERG)
- Die Idee der Erhaltungsgrößen (Impulserhaltung, Energieerhaltung; DESCARTES)
- Die Ideen der diskreten und der kontinuierlichen Struktur der Materie (DEMOKRIT, NEWTON; HUYGENS, HEISENBERG)
- Determinismus und Indeterminismus (LAPLACE und BORN)

## Weitere Beispiele für Themata, Leitideen

- Komplementarität (BOHR)
- Einfachheit und Sparsamkeit der Mittel (OCCAM, EINSTEIN)
- Symmetrie (etwa seit EINSTEIN)
- Evolution, Fortschrittsgedanke (DARWIN)
- Kosmologische Prinzipien  
(großräumige Homogenität und Isotropie des Kosmos; überall gleiche Naturgesetze; EINSTEIN)
- Selbstorganisation (EIGEN u.a.)
- methodischer Atheismus, methodischer Naturalismus  
(Gott nicht als Erklärungsfaktor in der Wissenschaft; DESCARTES, GROTIUS, NEWTON)
- dogmatischer Atheismus, dogmatischer Naturalismus  
(DAWKINS, DENNETT)

## Charakteristika des naturwissenschaftlichen Zugriffs

### 1 Empirische Dimension

Es werden nur „objektive“ Erfahrungen berücksichtigt.

### 2 Analytische Dimension

Es werden nur Funktionsfragen beantwortet.

### 3 Thematische Dimension

Es kommen Leitideen, Hintergrundüberzeugungen ins Spiel.

### Konsequenz:

Die Welt ist durch die Naturwissenschaft

- **unterbestimmt** und
- **aspekthaft** beschrieben.

- 1 Zum Weltbild der Physik
- 2 Der naturwissenschaftliche Zugriff auf die Welt
  - Verschiedene Arten von Erklärungen
  - Das TEM-Schema
  - 1. Die empirische Dimension
  - 2. Die analytische Dimension
    - Allgemeine Modelltheorie (STACHOWIAK, KLAUS, STEINMÜLLER)
    - Modelle in der Physik
    - Varianten physikalischer Modelle
    - Grenzen der physikalischen Modellbildung
  - 3. Die thematische Dimension
- 3 Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

## Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

### A. GIERER:

*„Man kann eben die Welt – auch in Übereinstimmung mit wissenschaftlicher Erkenntnis und logischem Denken – zum Beispiel*

- *atheistisch oder im Glauben an Gott interpretieren,*
- *das Bewusstsein als Urgegebenheit oder als Eigenschaft des Nervensystems ansehen,*
- *dem Geist oder der Materie die Priorität für das Verständnis der Welt zuschreiben,*
- *mathematische Zusammenhänge als vorgegebene Fakten oder als Produkte menschlichen Denkens ansehen,*

## Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

### A. GIERER:

*„Man kann eben die Welt – auch in Übereinstimmung mit wissenschaftlicher Erkenntnis und logischem Denken – zum Beispiel*

- *atheistisch oder im Glauben an Gott interpretieren,*
- *das Bewusstsein als Urgegebenheit oder als Eigenschaft des Nervensystems ansehen,*
- *dem Geist oder der Materie die Priorität für das Verständnis der Welt zuschreiben,*
- *mathematische Zusammenhänge als vorgegebene Fakten oder als Produkte menschlichen Denkens ansehen,*

## Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

### A. GIERER:

*„Man kann eben die Welt – auch in Übereinstimmung mit wissenschaftlicher Erkenntnis und logischem Denken – zum Beispiel*

- *atheistisch oder im Glauben an Gott interpretieren,*
- *das Bewusstsein als Urgegebenheit oder als Eigenschaft des Nervensystems ansehen,*
- *dem Geist oder der Materie die Priorität für das Verständnis der Welt zuschreiben,*
- *mathematische Zusammenhänge als vorgegebene Fakten oder als Produkte menschlichen Denkens ansehen,*

## Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

### A. GIERER:

*„Man kann eben die Welt – auch in Übereinstimmung mit wissenschaftlicher Erkenntnis und logischem Denken – zum Beispiel*

- *atheistisch oder im Glauben an Gott interpretieren,*
- *das Bewusstsein als Urgegebenheit oder als Eigenschaft des Nervensystems ansehen,*
- *dem Geist oder der Materie die Priorität für das Verständnis der Welt zuschreiben,*
- *mathematische Zusammenhänge als vorgegebene Fakten oder als Produkte menschlichen Denkens ansehen,*

## Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

### A. GIERER:

*„Man kann eben die Welt – auch in Übereinstimmung mit wissenschaftlicher Erkenntnis und logischem Denken – zum Beispiel*

- *atheistisch oder im Glauben an Gott interpretieren,*
- *das Bewusstsein als Urgegebenheit oder als Eigenschaft des Nervensystems ansehen,*
- *dem Geist oder der Materie die Priorität für das Verständnis der Welt zuschreiben,*
- *mathematische Zusammenhänge als vorgegebene Fakten oder als Produkte menschlichen Denkens ansehen,*

## Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

- *dem einzelnen Leben und der Geschichte den einen, anderen oder gar keinen Sinn unterlegen,*
- *den Menschen als Ziel oder Zufallsprodukt der Evolution ansehen  
[...]*

*Da gibt es ein weites Spektrum von Möglichkeiten für die Interpretation des Menschen und der Welt [...]*

*In jedem Fall aber ist die Wissenschaft, die ihre eigenen Voraussetzungen reflektiert, mit verschiedenen Interpretationen des Menschen und der Welt und daher auch mit verschiedenen Religionen, Kulturen und Lebensformen vereinbar.“*

(A. GIERER, MPI für Entwicklungsbiologie, Tübingen;  
zit. nach H. HEMMINGER: Die Rückkehr der Zauberer. New Age – Eine Kritik.  
Reinbeck: Rowohlt 1987)

## Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

- *dem einzelnen Leben und der Geschichte den einen, anderen oder gar keinen Sinn unterlegen,*
- *den Menschen als Ziel oder Zufallsprodukt der Evolution ansehen [...]*

*Da gibt es ein weites Spektrum von Möglichkeiten für die Interpretation des Menschen und der Welt [...]*

*In jedem Fall aber ist die Wissenschaft, die ihre eigenen Voraussetzungen reflektiert, mit verschiedenen Interpretationen des Menschen und der Welt und daher auch mit verschiedenen Religionen, Kulturen und Lebensformen vereinbar.“*

(A. GIERER, MPI für Entwicklungsbiologie, Tübingen;  
zit. nach H. HEMMINGER: Die Rückkehr der Zauberer. New Age – Eine Kritik.  
Reinbeck: Rowohlt 1987)

## Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

- *dem einzelnen Leben und der Geschichte den einen, anderen oder gar keinen Sinn unterlegen,*
- *den Menschen als Ziel oder Zufallsprodukt der Evolution ansehen  
[...]*

*Da gibt es ein weites Spektrum von Möglichkeiten für die Interpretation des Menschen und der Welt [...]*

*In jedem Fall aber ist die Wissenschaft, die ihre eigenen Voraussetzungen reflektiert, mit verschiedenen Interpretationen des Menschen und der Welt und daher auch mit verschiedenen Religionen, Kulturen und Lebensformen vereinbar.“*

(A. GIERER, MPI für Entwicklungsbiologie, Tübingen;  
zit. nach H. HEMMINGER: Die Rückkehr der Zauberer. New Age – Eine Kritik.  
Reinbeck: Rowohlt 1987)

## Multiperspektivische Wirklichkeit

Diese Mehrdeutigkeit ist ärgerlich!

**Wunsch:** Bruchloses wissenschaftliches Weltbild

HANS KESSLER:

*„Die Wirklichkeit des Weltganzen ist multidimensional und nur multiperspektivisch zugänglich. Wir leben deshalb mit einer Pluralität von Perspektiven:*

*naturwissenschaftliche (physikalische, chemische, biologische), historische, psychologische, ästhetische (poetische, musikalische, bildnerische), soziologische, technische, lebenspraktische, ethische, kontemplativ-betrachtende, religiöse, mystische usw.*

*Verschiedene Perspektiven auf die Wirklichkeit; keine erfasst das Ganze.“*

(KESSLER, H.: „Schöpfung neu denken im Gespräch mit heutiger Naturwissenschaft. In: AUDRETSCH, J., NAGORNI, K. (Hg.): Zwei Seiten der einen Wirklichkeit. Bilanz und Perspektiven des Dialogs zwischen Naturwissenschaft und Theologie. Karlsruhe: Evang. Akademie Herrenalb 2007)

## Multiperspektivische Wirklichkeit

Diese Mehrdeutigkeit ist ärgerlich!

**Wunsch:** Bruchloses wissenschaftliches Weltbild

HANS KESSLER:

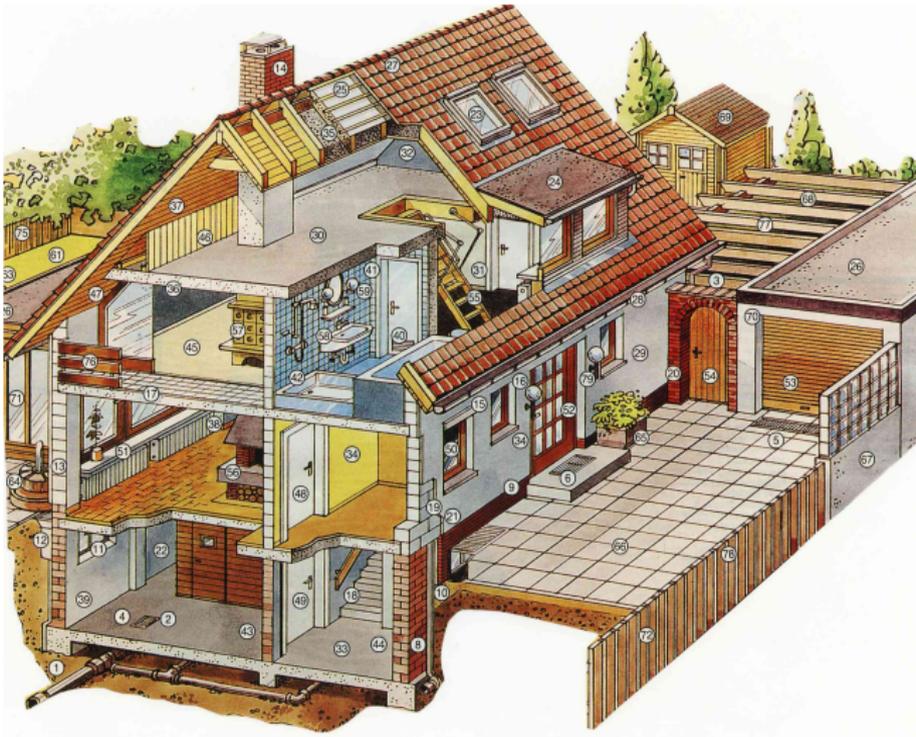
*„Die Wirklichkeit des Weltganzen ist multidimensional und nur multiperspektivisch zugänglich. Wir leben deshalb mit einer Pluralität von Perspektiven:*

*naturwissenschaftliche (physikalische, chemische, biologische), historische, psychologische, ästhetische (poetische, musikalische, bildnerische), soziologische, technische, lebenspraktische, ethische, kontemplativ-betrachtende, religiöse, mystische usw.*

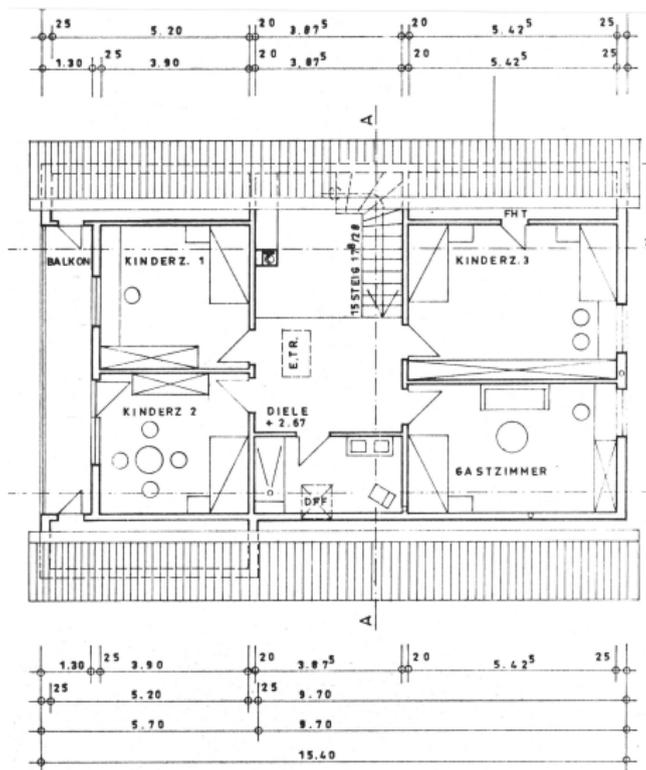
*Verschiedene Perspektiven auf die Wirklichkeit; keine erfasst das Ganze.“*

(KESSLER, H.: „Schöpfung neu denken im Gespräch mit heutiger Naturwissenschaft. In: AUDRETSCH, J., NAGORNI, K. (Hg.): Zwei Seiten der einen Wirklichkeit. Bilanz und Perspektiven des Dialogs zwischen Naturwissenschaft und Theologie. Karlsruhe: Evang. Akademie Herrenalb 2007)

## Beispiel (nach COULSON): Perspektiven eines Hauses (I)



## Beispiel (nach COULSON): Perspektiven eines Hauses (II)



HÄGELE: Tragweite und Grenzen naturwissenschaftlicher Aussagen

└ Die Mehrdeutigkeit der Welt(anschauung)

Danke!