

Legen die Naturgesetze alles Geschehen fest?



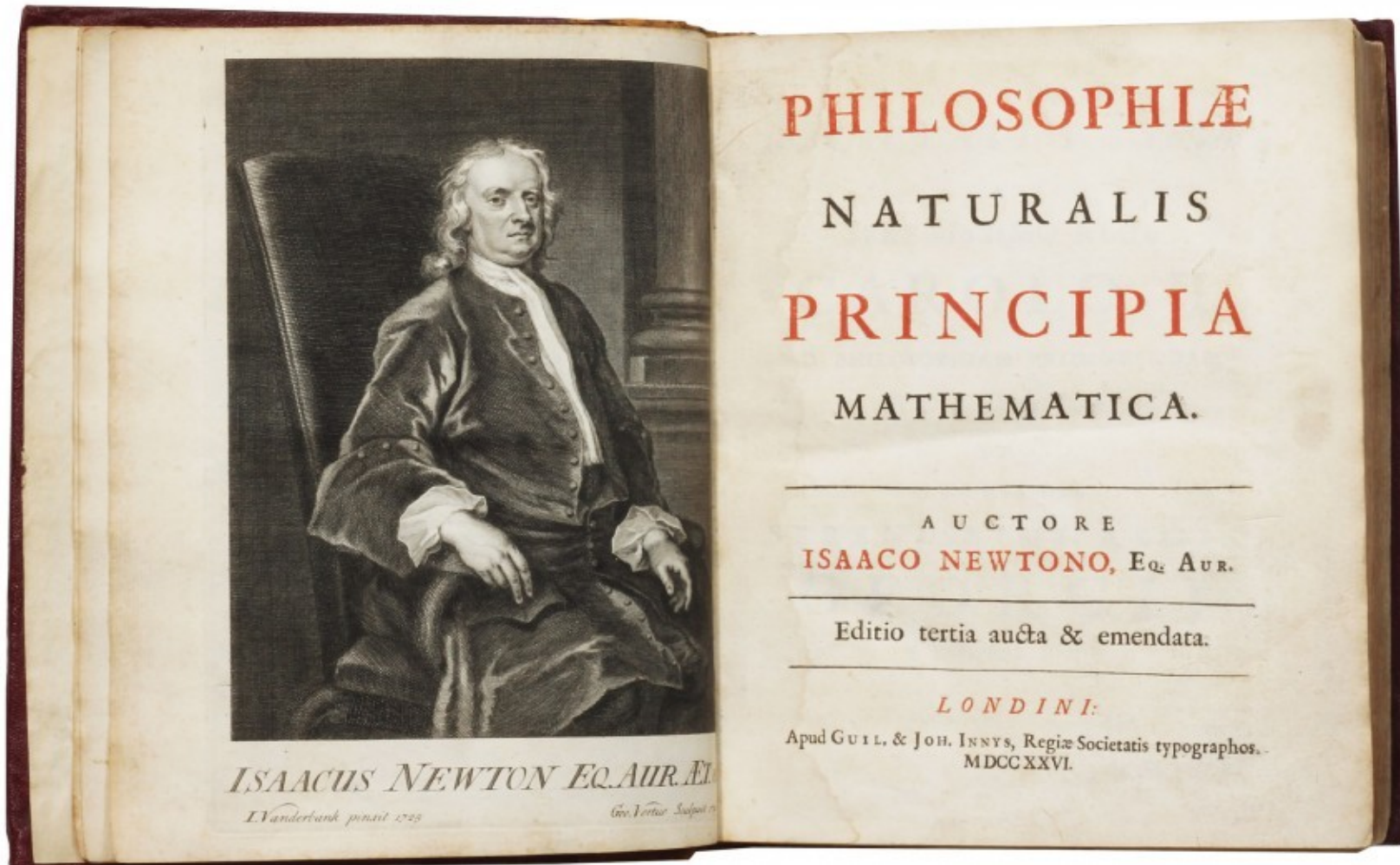
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Wie alles anfing

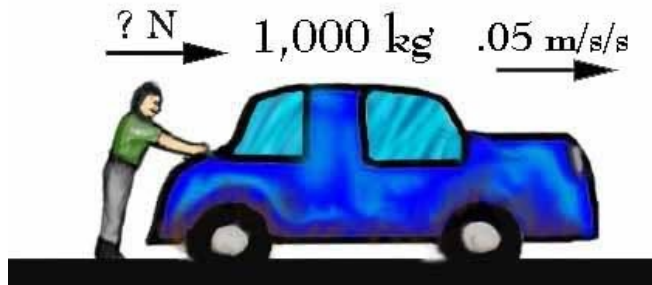


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Newton's Gesetze (1686)

Kraftgesetz: $F = ma$



<http://drychcik.wikispaces.com/>

Gravitationsgesetz

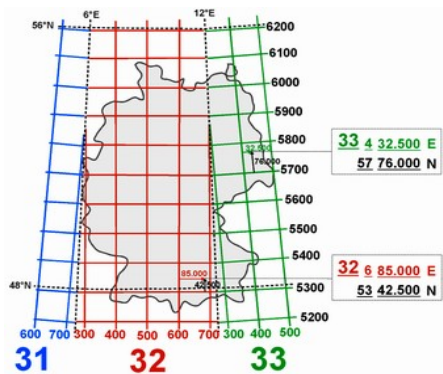
$$F = G \cdot M \cdot m/r^2$$



<http://www.goruma.de/Wissen>

Eigenschaften der Newtonschen Gesetze

Absoluter Raum



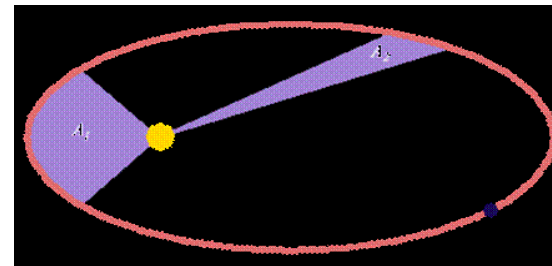
Absolute Zeit



Determinismus



Zeitumkehrinvarianz



Das aus den Newtonschen Gesetzen abgeleitete Weltbild



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Man glaubte, die Gesetze seien direkt aus der Natur abgelesen

Das aus den Newtonschen Gesetzen abgeleitete Weltbild



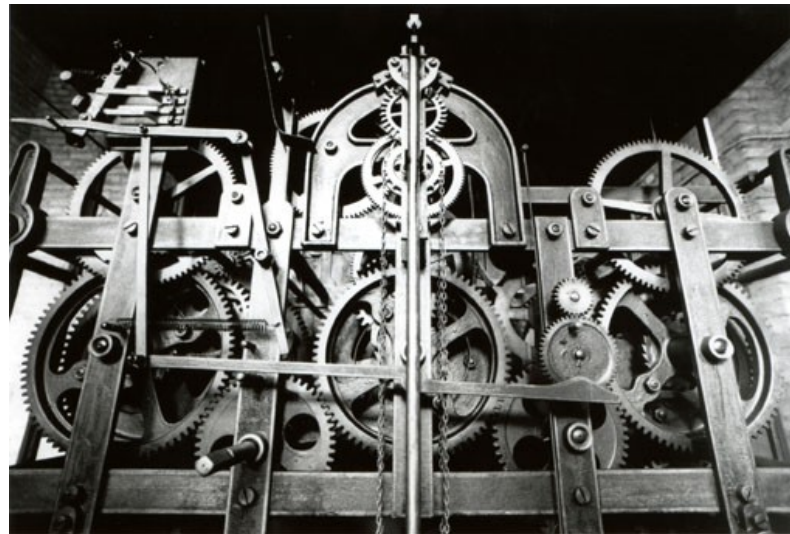
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Man glaubte, die Gesetze seien direkt aus der Natur abgelesen
- Man übertrug die Eigenschaften der Gesetze auf die Natur

Das aus den Newtonschen Gesetzen abgeleitete Weltbild

- Man glaubte, die Gesetze seien direkt aus der Natur abgelesen
- Man übertrug die Eigenschaften der Gesetze auf die Natur
- Man verallgemeinerte auf die ganze Natur

→ Mechanistisches,
deterministisches
Weltbild



Vom Weltbild zur Weltanschauung



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Wenn man zu Aussagen über die letzte Realität geht:

- Deismus: Gott als Uhrmacher

Vom Weltbild zur Weltanschauung



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Wenn man zu Aussagen über die letzte Realität geht:

- Deismus: Gott als Uhrmacher
- Atheismus: Wenn es keinen zeitlichen Anfang gibt

Vom Weltbild zur Weltanschauung



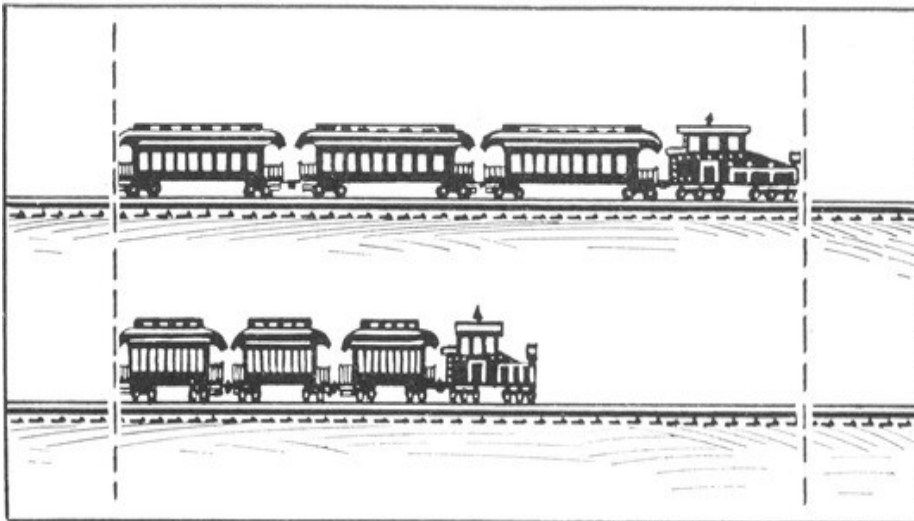
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Wenn man zu Aussagen über die letzte Realität geht:

- Deismus: Gott als Uhrmacher
- Atheismus: Wenn es keinen zeitlichen Anfang gibt
- Interventionalismus: Gott „greift ein“ in den gesetzmäßigen Lauf der Natur

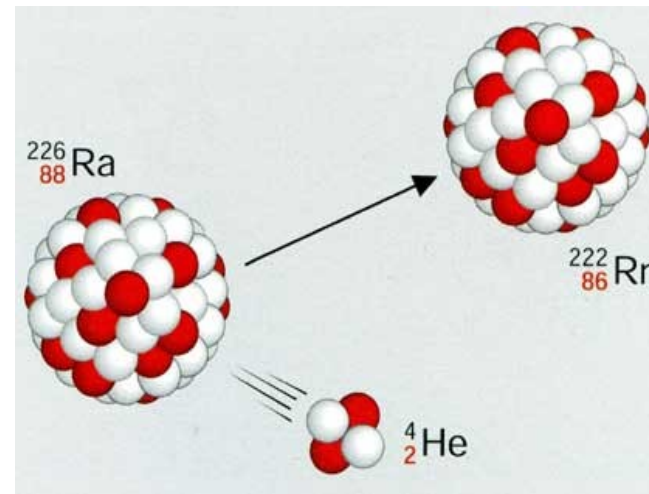
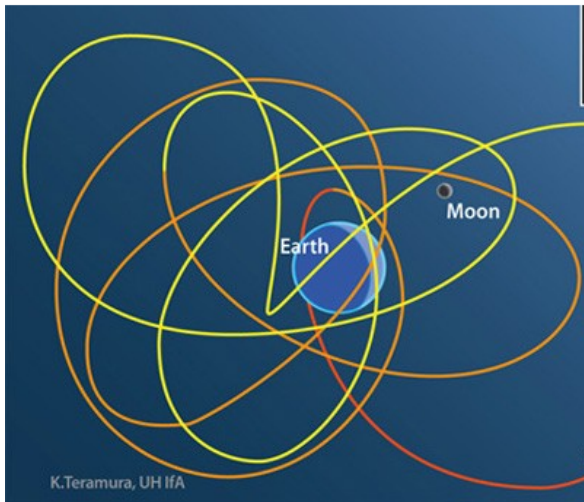
Das Ende des mechanistischen Weltbilds im 20. Jahrhundert

Absoluter Raum und absolute Zeit → Relativitätstheorie



Das Ende des mechanistischen Weltbilds im 20. Jahrhundert

Determinismus → Chaostheorie, Quantenmechanik



Zur 300-Jahrfeier der „Principia“



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Sir James Lighthill

Wir sind uns heute zutiefst dessen bewusst, dass der Enthusiasmus unserer Vorgänger für die großartigen Errungenschaften der Newtonschen Mechanik sie dazu führte, allgemeine Schlussfolgerungen über die Vorhersagbarkeit mechanischer Systeme zu ziehen, an die man bis zu den 1960er Jahren geglaubt hat, aber von denen wir heute erkennen, dass sie falsch waren. Wir möchten uns gemeinsam dafür entschuldigen, dass wir die breite gebildete Öffentlichkeit irregeführt haben....

Unsere heutige „Theorie für Alles“



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

$$W = \int_{k < \Lambda} [Dg][DA][D\psi][D\Phi] \exp \left\{ i \int d^4x \sqrt{-g} \left[\frac{m_p^2}{2} R \right. \right.$$

$$\left. \left. - \frac{1}{4} F_{\mu\nu}^a F^{a\mu\nu} + i \bar{\psi}^i \gamma^\mu D_\mu \psi^i + \left(\bar{\psi}_L^i V_{ij} \Phi \psi_R^j + \text{h.c.} \right) - |D_\mu \Phi|^2 - V(\Phi) \right] \right\}$$

other forces

matter

Higgs

Unsere heutige “Theorie für Alles”



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Beschreibt die fundamentalen Teilchen und die 4 Arten von Kräften
- Ist deterministisch und zeitsymmetrisch
- Viele meinen, diese Theorie sei exakt und eine zukünftige Version werde vollständig sein
- Viele übertragen die Eigenschaften der Theorie auf die Natur als Ganzes

Unsere heutige “Theorie für Alles”

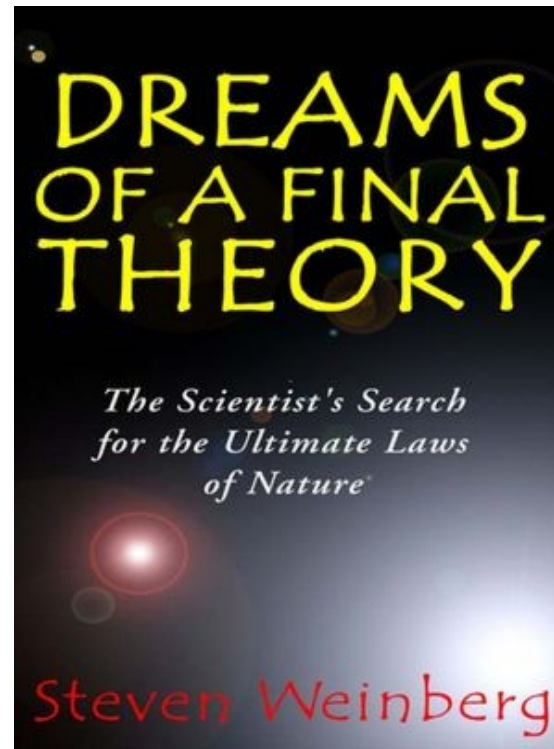


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



en.wikipedia.org

Steven Weinberg, *1933,
Physik-Nobelpreis 1979



Unsere heutige “Theorie für Alles”



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



en.wikipedia.org

Steven Weinberg, *1933,
Physik-Nobelpreis 1979

Je verständlicher das
Universum wird, desto
sinnloser erscheint es.

Die “Theorie für Alles “ für Materie



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

$$\left[\frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V \right] \Psi = i \hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi$$

Schrödinger-Gleichung (1926)

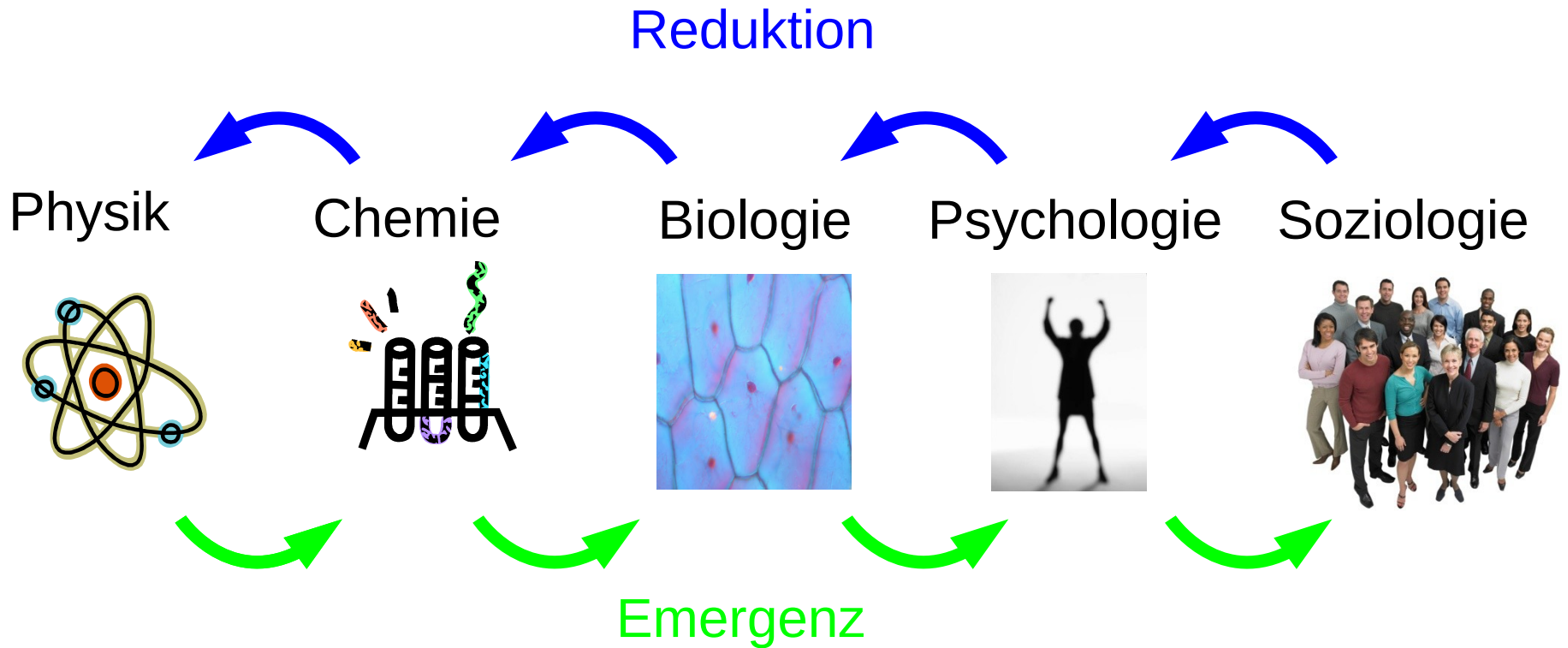


<https://commons.wikimedia.org/>

Die Hierarchie der Wissenschaften

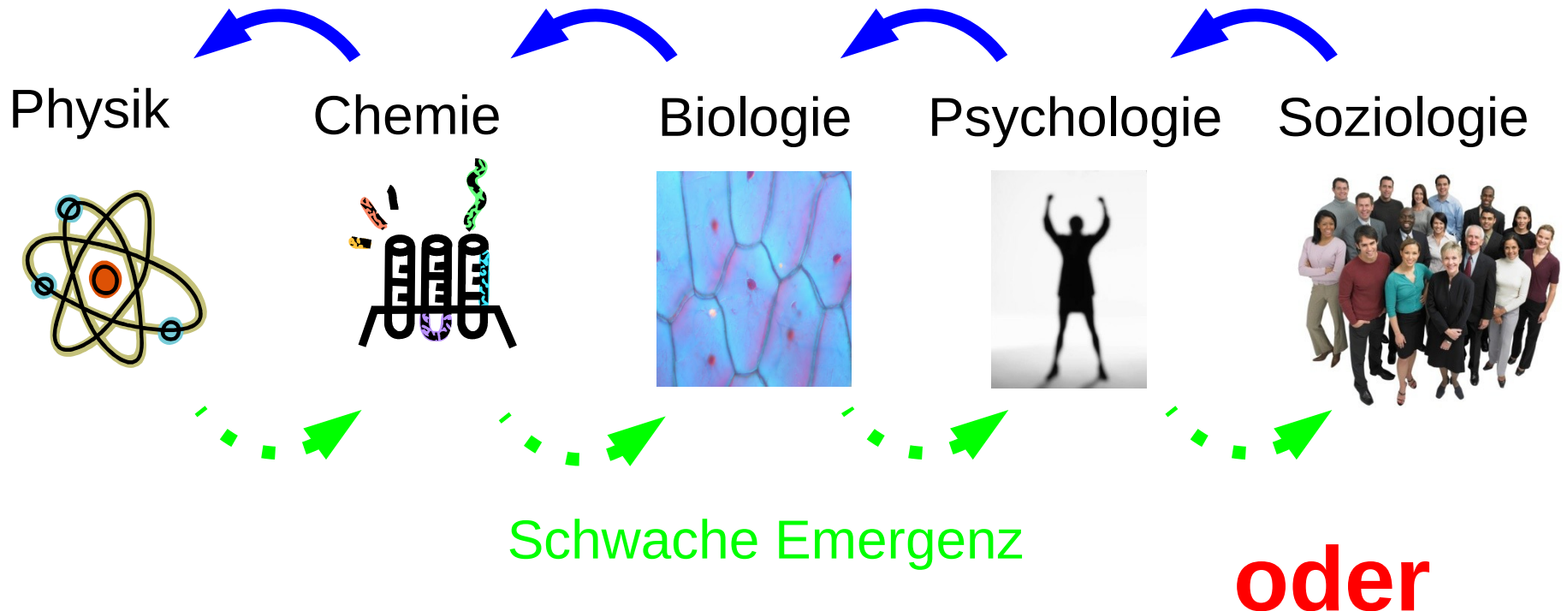


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

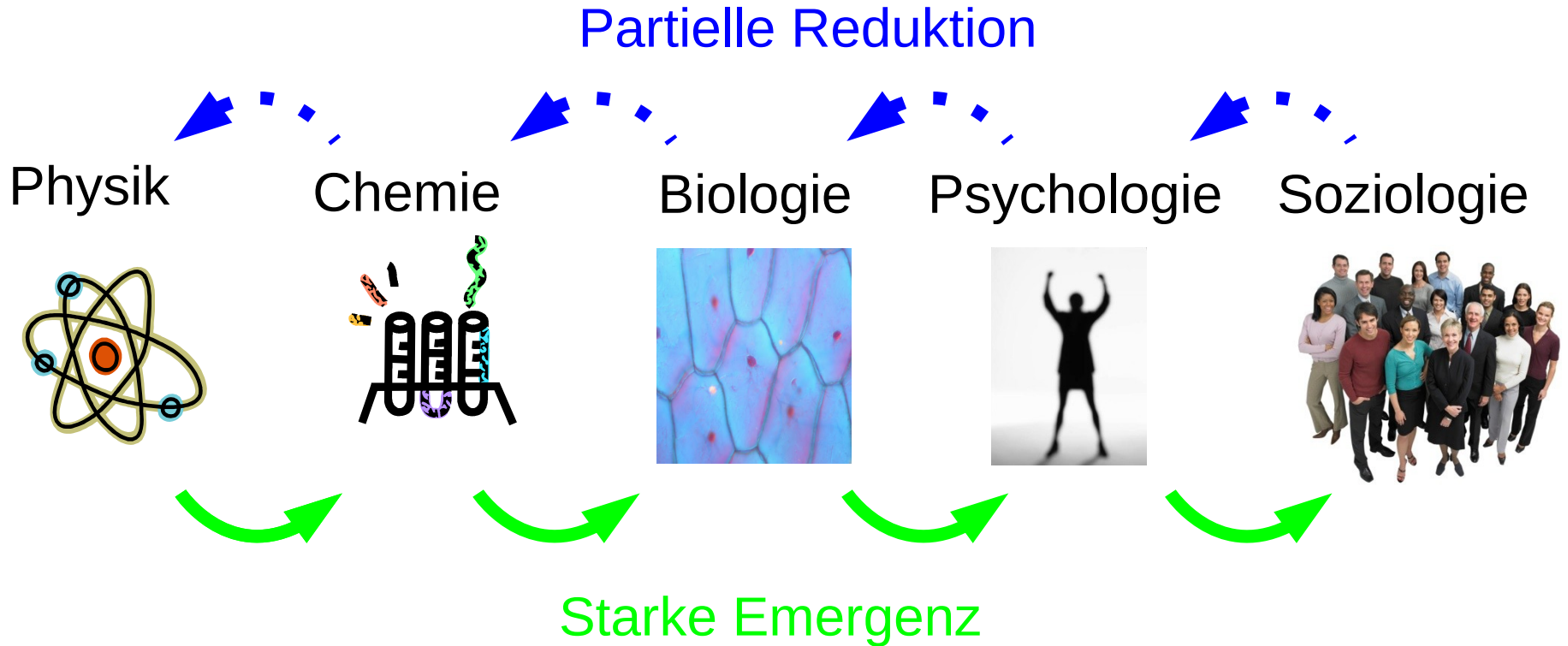


Die Streitfrage

Vollständige Reduktion (zumindest im Prinzip)



Die Streitfrage



Reduktionismus in der Physik - ?



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



de.wikipedia.org

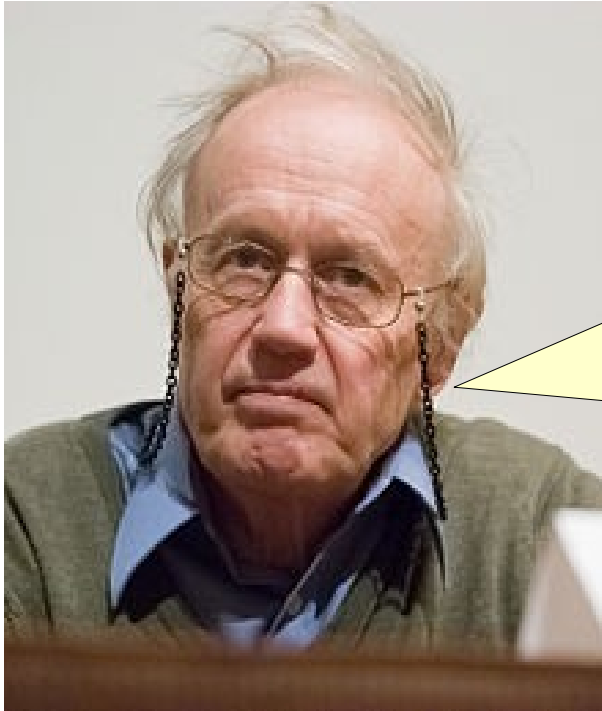
Die Fähigkeit, alles auf einfache grundlegende Gesetze zu reduzieren, bedeutet nicht, dass man ausgehend von diesen Gesetzen das Universum nachbauen kann.

Philip Warren Anderson, *1923
Physik-Nobelpreis 1977

Reduktionismus in der Physik - ?



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



de.wikipedia.org

Tony Leggett, *1938
Physik-Nobelpreis 2003

“On the nature of research in condensed-state physics” (Foundations of Physics, 1992)

Kein bedeutender Fortschritt in der Theorie kondensierter Materie wurde jemals durch Herleitung aus mikroskopischen Prinzipien erzielt. (...) Die sogenannten Herleitungen (...) *allein* aus mikroskopischen Prinzipien sind Mogelpackungen.

Reduktion auf die Physik - ?



en.wikipedia.org

George Ellis, *1939
Templeton-Preis 2004

Physik allein kann adaptives und kontext-abhängiges Verhalten nicht erklären, z.B. das Bauen von Biberdämmen oder den Bientanz. (...) Solches Verhalten wird ermöglicht, aber nicht kausal bestimmt durch die Gesetze der Physik und Chemie.

Nature 435, 743 (2005)

Reduktionismus in der Physik - ?



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

- Kann in der Praxis nur zum Teil durchgeführt werden
- In der Praxis verwendet man Näherungen, phänomenologische Theorien, makroskopische Modelle, Symmetrieüberlegungen
- Vollständige Reduktion wäre nur möglich wenn die “grundlegenden” physikalischen Theorien exakt wären
- ... und die Natur vollständig erfassen würden
- ... und wenn das betrachtete System vom Rest der Welt isoliert wäre (oder Randbedingungen exakt bekannt wären)

Gründe für starke Emergenz

- Reduktionismus kann das Verhalten komplexer Systeme nicht erfassen

Gründe für starke Emergenz

- Reduktionismus kann das Verhalten komplexer Systeme nicht erfassen



Die Natur ist womöglich unterbestimmt durch die Gesetze der Physik

Nancy Cartwright *1944
Philosophin, UC San Diego

Gründe für starke Emergenz

- Reduktionismus kann das Verhalten komplexer Systeme nicht erfassen
- Die "höheren" Ebenen werden durch die "unteren" Ebenen nicht vollständig bestimmt

Gründe für starke Emergenz

- Reduktionismus kann das Verhalten komplexer Systeme nicht erfassen
- Die "höheren" Ebenen werden durch die "unteren" Ebenen nicht vollständig bestimmt



Es ist ...naheliegender, die
intrinsische Unvorhersagbarkeit
als Hinweis auf kausale
Offenheit zu interpretieren ...

John Polkinghorne *1930
Physiker und Theologe
Templeton-Preis 2002

Gründe für starke Emergenz

- Reduktionismus kann das Verhalten komplexer Systeme nicht erfassen
- Die "höheren" Ebenen werden durch die "unteren" Ebenen nicht vollständig bestimmt
- Es gibt eine abwärtsgerichtete Kausalität von der höheren zur niedrigeren Ebene

Abwärts- versus aufwärts-gerichtete Kausalität



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Richard Dawkins:

"Gene leben geschützt innerhalb großer Roboter ... Sie haben uns geschaffen, Körper und Geist; ...und ihre Erhaltung ist der eigentliche Grund für unsere Existenz."

Denis Noble:

"Gene sind eingefangen in großen Kolonien, eingesperrt in höchst intelligenten Wesen ... Wir sind das System, das es ermöglicht, dass ihr Code gelesen wird; ... und wir sind letztlich der Grund für ihre Existenz."

Aus "The music of life"

Gründe für starke Emergenz

- Reduktionismus kann das Verhalten komplexer Systeme nicht erfassen
- Die "höheren" Ebenen werden durch die "unteren" Ebenen nicht vollständig bestimmt
- Es gibt eine abwärtsgerichtete Kausalität von der höheren zur niedrigeren Ebene
- Nicht-materielle Dinge haben einen kausalen Einfluss

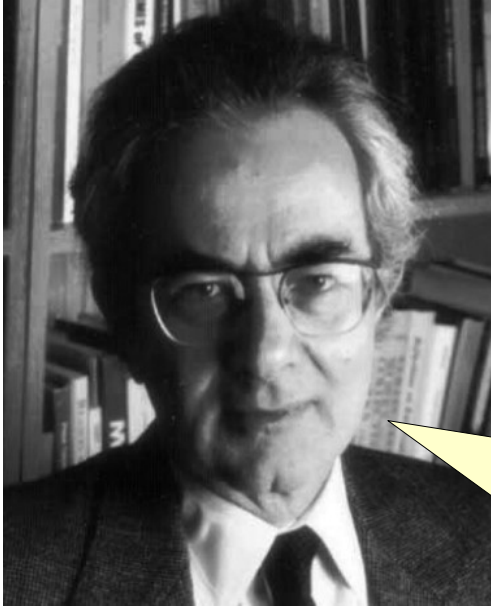
Nicht-materieller Einfluss

- Die Gesetze der Logik (beeinflussen unser Gehirn, wenn wir denken)
- Die Verkehrsregeln (beeinflussen, wie Autos sich bewegen)
- Moralische Maßstäbe (beeinflussen unser Verhalten)

Bewusstsein und Emergenz



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Die Existenz von Bewusstsein bedeutet, dass die physikalische Beschreibung des Universums, trotz ihres hohen Erklärungspotenzials nur ein Teil der Wahrheit ist, und dass die Natur viel reicher ist, als sie es wäre, wenn Physik und Chemie alles erfassen würden.

Thomas Nagel *1937
Philosoph, New York Univ.
in "Geist und Kosmos"

Fazit

- Physikalische Gesetze legen nicht alles lückenlos fest
 - sie ermöglichen, aber bestimmen nicht alles (Ellis)
 - kausale Offenheit (Popper, Polkinghorne)
- Gott kann also in der Welt handeln, ohne die Gesetze zu übertreten

Schlussbemerkung

- Physikalische Gesetze sind keine Garantie für die Zukunft
→ Problem der Induktion

