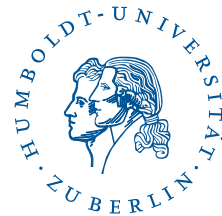


Der Würfel der Physik

Matthias Staudacher

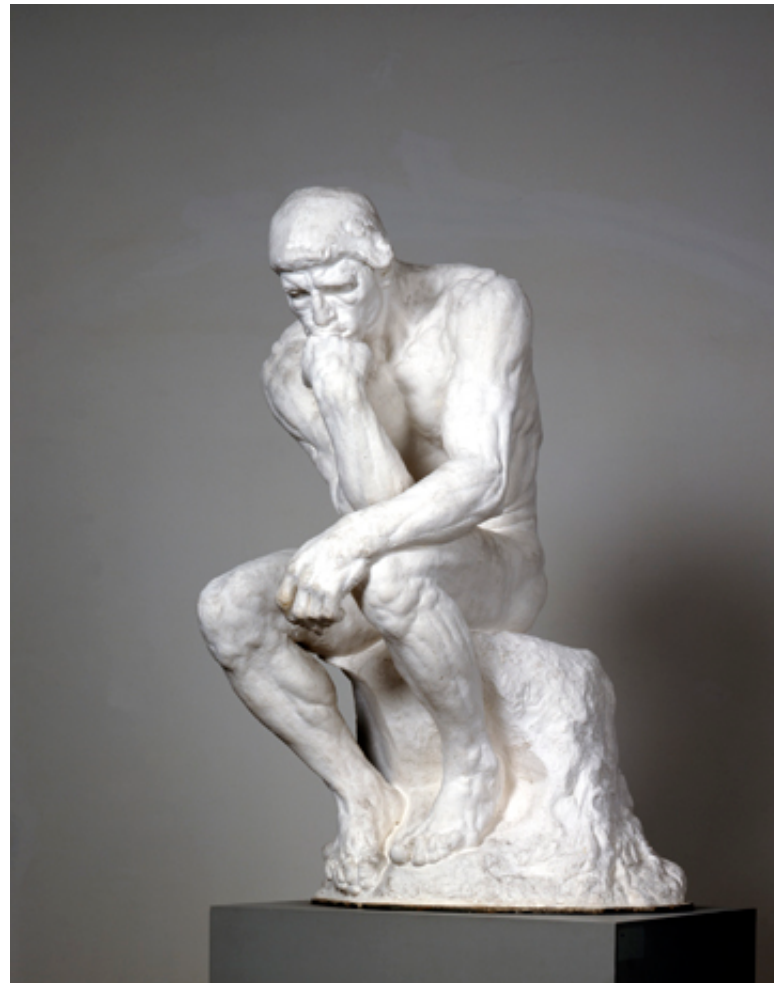


Institut für Physik, Institut für Mathematik, und IRIS Adlershof
Mathematische Physik von Raum, Zeit und Materie
Humboldt-Universität zu Berlin

MATH CREATIONS CREATIVE INPUT
TU BERLIN, 27. JANUAR 2017

Visualisierung der Theoretischen Struktur der Physik

Kann man Geschichte und Status Quo der Physik in einem Objekt erfassen?



Visualisierung von Raum, Zeit und Materie

Kann man die Trias Raum-Zeit-Materie in einem Objekt darstellen?



Newtonsche Mechanik

Aristoteles: Kraft ist Masse mal Geschwindigkeit

$$F = mv$$

Newton: Kraft ist Masse mal Geschwindigkeitsänderung (Beschleunigung)

$$F = ma$$

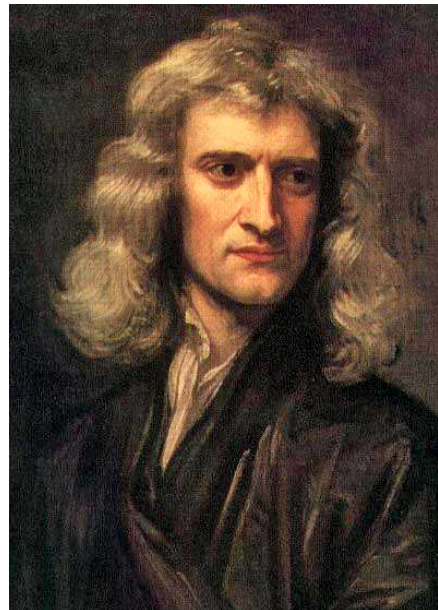


G: Newtonsche Gravitationstheorie

Newtons Gravitationstheorie ergibt für die Kraft zwischen Massen M und m im Abstand r , mit der Gravitationskonstanten G

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

Es vereinheitlicht die terrestrische Mechanik und die Himmelsmechanik.

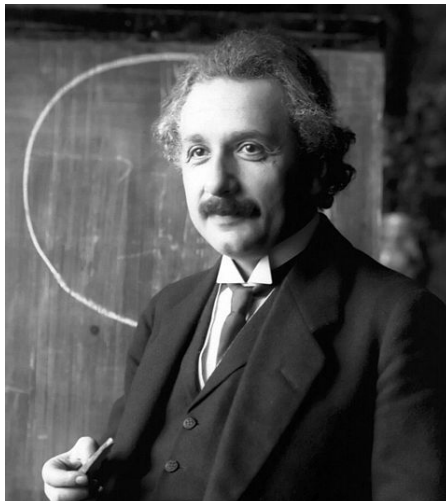


c: Spezielle Relativitätstheorie

Maxwell vereinheitlichte Elektrizität und Magnetismus. Und beides mit Licht.



Einstein verstand, dass sich Licht immer genau mit der Lichtgeschwindigkeit c bewegt. Er schuf die Spezielle Relativitätstheorie.



\hbar : Quantenmechanik

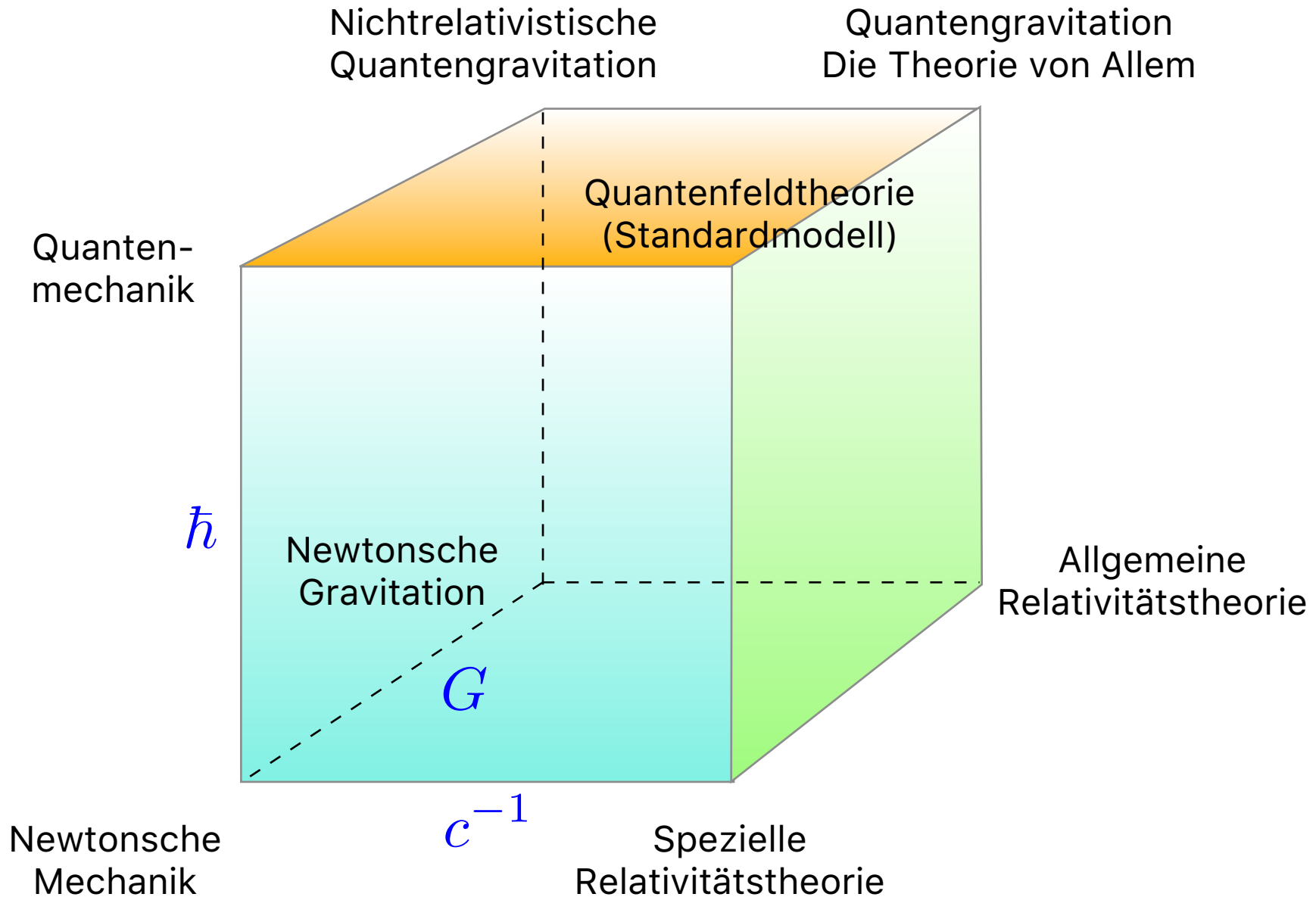
In Berlin wurde 1900 von Max Planck das Wirkungsquantum \hbar entdeckt. Die Theorie zur Konstante, die Quantenmechanik, wurde ca. 1926-1928 geschaffen.



Die Physik wurde inhärent probabilistisch. Vereinheitlicht wurde das Konzept von Licht als Teilchen (Newtons Korpuskeltheorie) und Licht als Welle (Huygens, Maxwell) im Welle-Teilchen-Dualismus. Gilt auch für Materie.

Der Würfel der Physik

[Vorarbeit Matwei Petrowitsch Bronstein, 1906-1938; Abraham Zelmanov 1967]



G und c: Die Allgemeine Relativitätstheorie

Einsteinsche Feldgleichungen:

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

Kurz gesagt: Materie ($T_{\mu\nu}$) krümmt ($R_{\mu\nu}$ und R) den Raum ($g_{\mu\nu}$).

Jüngster Erfolg: Entdeckung von Gravitationswellen durch die LIGO-Kollaboration im September 2015 exakt hundert Jahre nach deren Vorhersage.



\hbar und c : Das Standardmodell

Eine sehr spezielle Quantenfeldtheorie. Beschreibt die gesamte bekannte Elementarteilchenphysik. Jüngster Erfolg: Entdeckung des Higgs-Teilchens am CERN (Juli 2012).



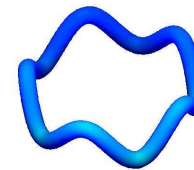
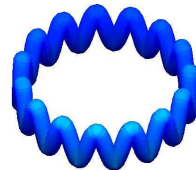
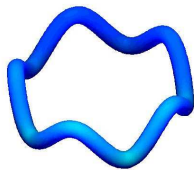
Und Gott würfelt doch?

G und \hbar und c : Die Theorie von Allem

Dies ist der „heilige Gral“ der Physik: Eine mathematisch konsistente und experimentell testbare Theorie, die alle anderen Theorien als Grenzfall enthält.

Die zwei prominentesten aktuell verfolgten Ansätze sind:

- Die Superstringtheorie



- Die Schleifenquantengravitation



Die drei fundamentalen Naturkonstanten

Die drei fundamentalen Konstanten der Physik sind die Gravitationskonstante G , die Lichtgeschwindigkeit c und das Plancksche Wirkungsquantum \hbar .

$$G = (6,674\,08 \pm 0,000\,31) \times 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$$

$$c = (2,99\,792\,458 \pm 0) \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\hbar = (1,054\,571\,800 \pm 0,000\,000\,013) \times 10^{-34} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}}$$

Beobachtung: Es treten nur **Meter**, **Sekunde** und **Kilogramm** auf!
Also nur **Raum**, **Zeit** und **Materie**!

Raum Zeit Materie

Wir könnten also die „Koordinaten“ wechseln, und dimensionsbehafteten Naturkonstanten G, c, \hbar durch die Plancksche Länge, Zeit, und Masse ersetzen:

$$\ell_{\text{Planck}} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 1,616 \times 10^{-35} \text{ m}$$

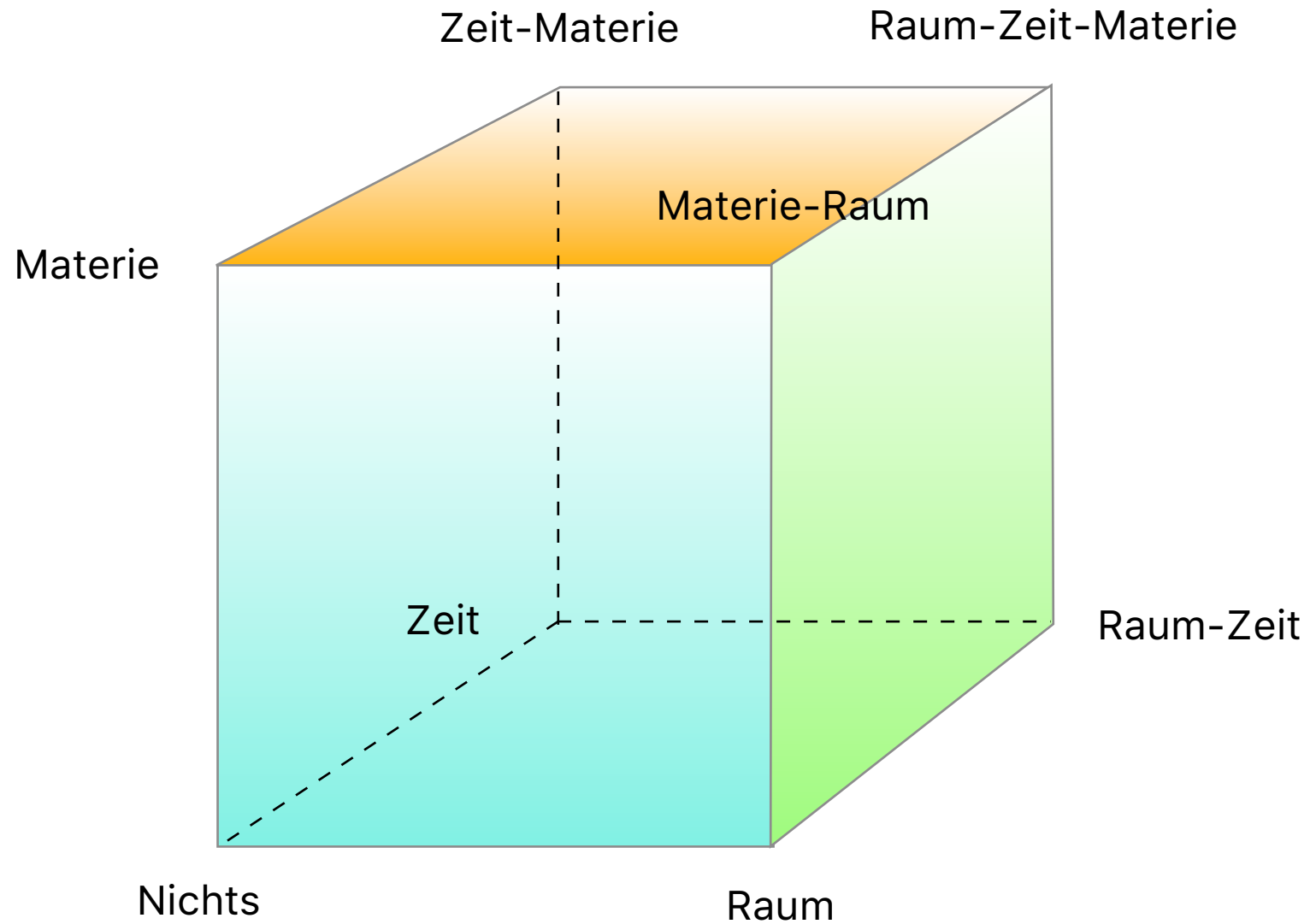
$$t_{\text{Planck}} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} = 5,391 \times 10^{-44} \text{ s}$$

$$M_{\text{Planck}} = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = 2,176 \times 10^{-8} \text{ kg}$$

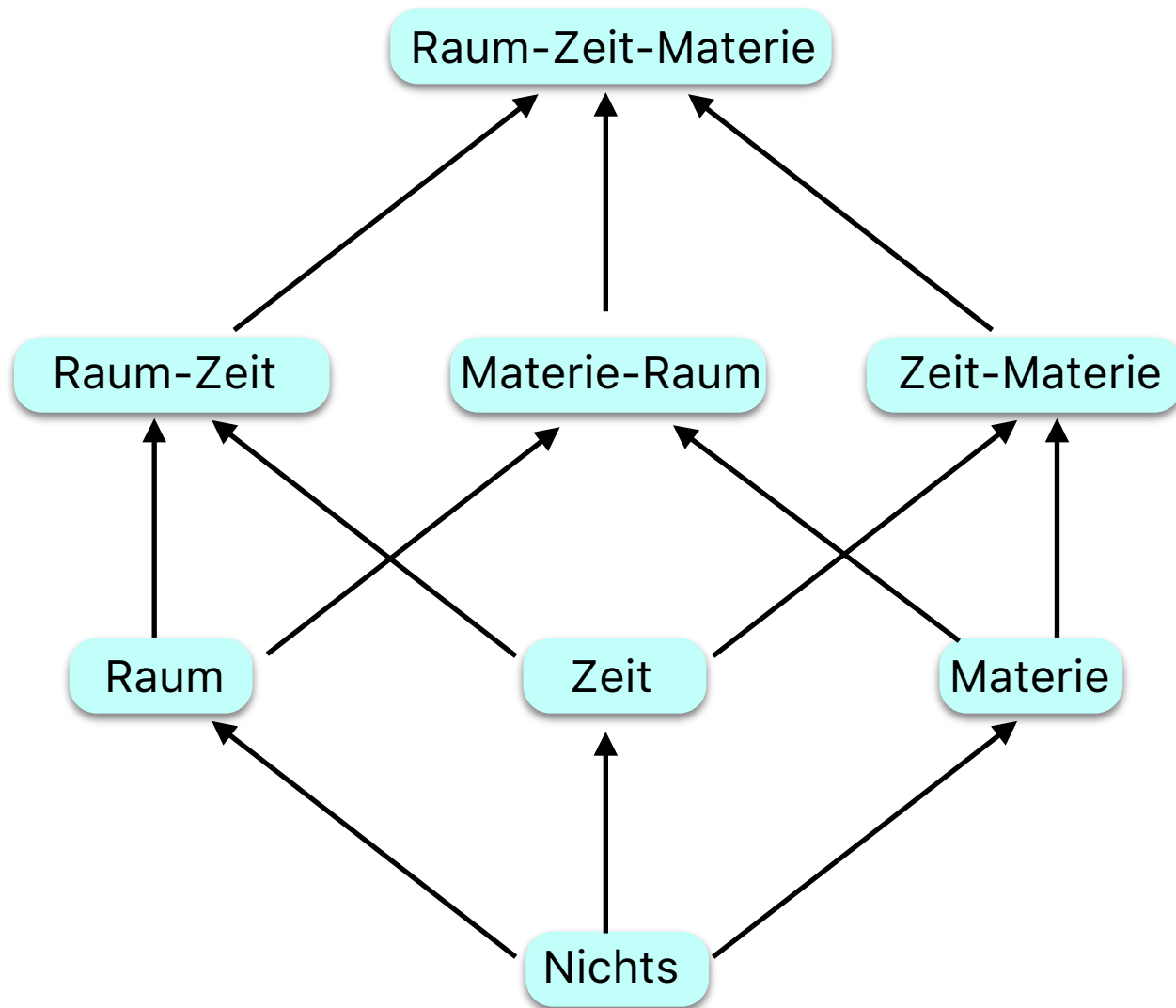
Warum sind $\ell_{\text{Planck}}, t_{\text{Planck}}$ so klein?

Warum ist M_{Planck} so groß (gegenüber Elektronen $m_{e^-} = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$)?

Der Raum-Zeit-Materie Würfel



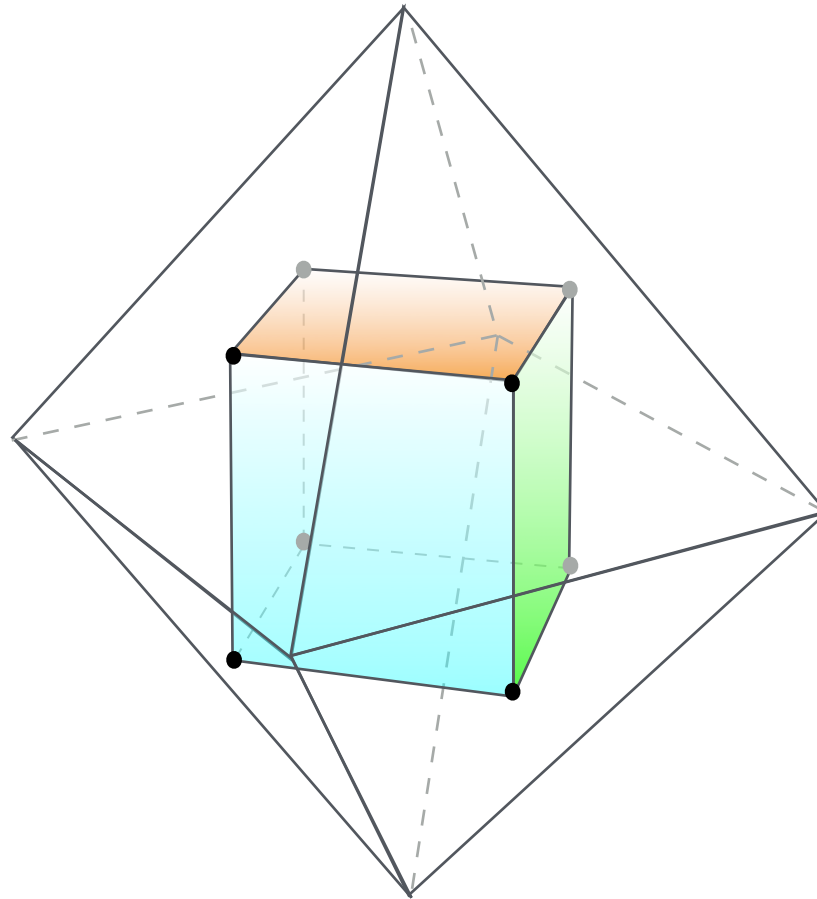
Logische Struktur des Würfels



In der Mathematik heißt ein Schema dieser Art „Hasse-Diagramm“.

Vom Würfel zum Oktaeder

[Team Experimentalsysteme, *Bild-Wissen-Gestaltung*: J.Brüning, A.Dippel, G.C.Carreira, E.Eremenko, C.Kassung, Y.Ko, J.Rabe, M.S., S.Zieme]



In der Mathematik ist der Oktaeder der zum Würfel duale platonische Körper.

Der Oktaeder der Physik

[Team Experimentalsysteme, *Bild-Wissen-Gestaltung*: J.Brüning, A.Dippel, G.C.Carreira, E.Eremenko, C.Kassung, Y.Ko, J.Rabe, M.S., S.Zieme]



Der mysteriöse Math-Creations Kopf

MATH DEADLINE
CREATIONS 24.3.2017



WETTBEWERB IM
SPANNUNGSFELD
KUNST, DESIGN
UND MATHEMATIK

WWW.MATH-CREATIONS.DE

Diskretisierung und Raum-Zeit-Materie!

MATH CREATIONS DEADLINE 24.3.2017



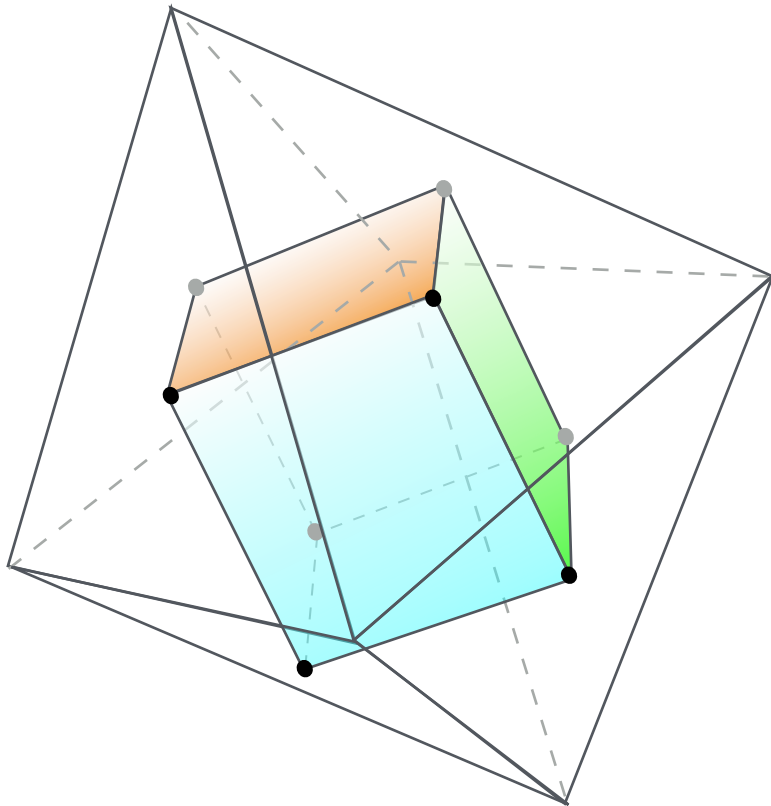
WWW.MATH-CREATIONS.DE

WETTBEWERB IM SPANNUNGSFELD KUNST, DESIGN UND MATHEMATIK

DGD | SFB TRR 109 | Discretization in Geometry and Dynamics



The End



Vielen Dank für's Zuhören!