

KOSMOLOGIE: ALTE ANTWORTEN NEUE FRAGEN

Dierck-E.Liebscher
Astrophysikalisches Institut Potsdam
<http://www.aip.de/~lie/>

- **Spekulation**

Kosmos – Universum – Metagalaxis

- **Beobachtung**

Doppler, Hubble, Hintergrundstrahlung, Deuterium, Antimaterie, Monopole, Struktur

- **Theorie**

Schwerkraft, Schwerelosigkeit, Friedmann–Gleichung

- **Fragen**

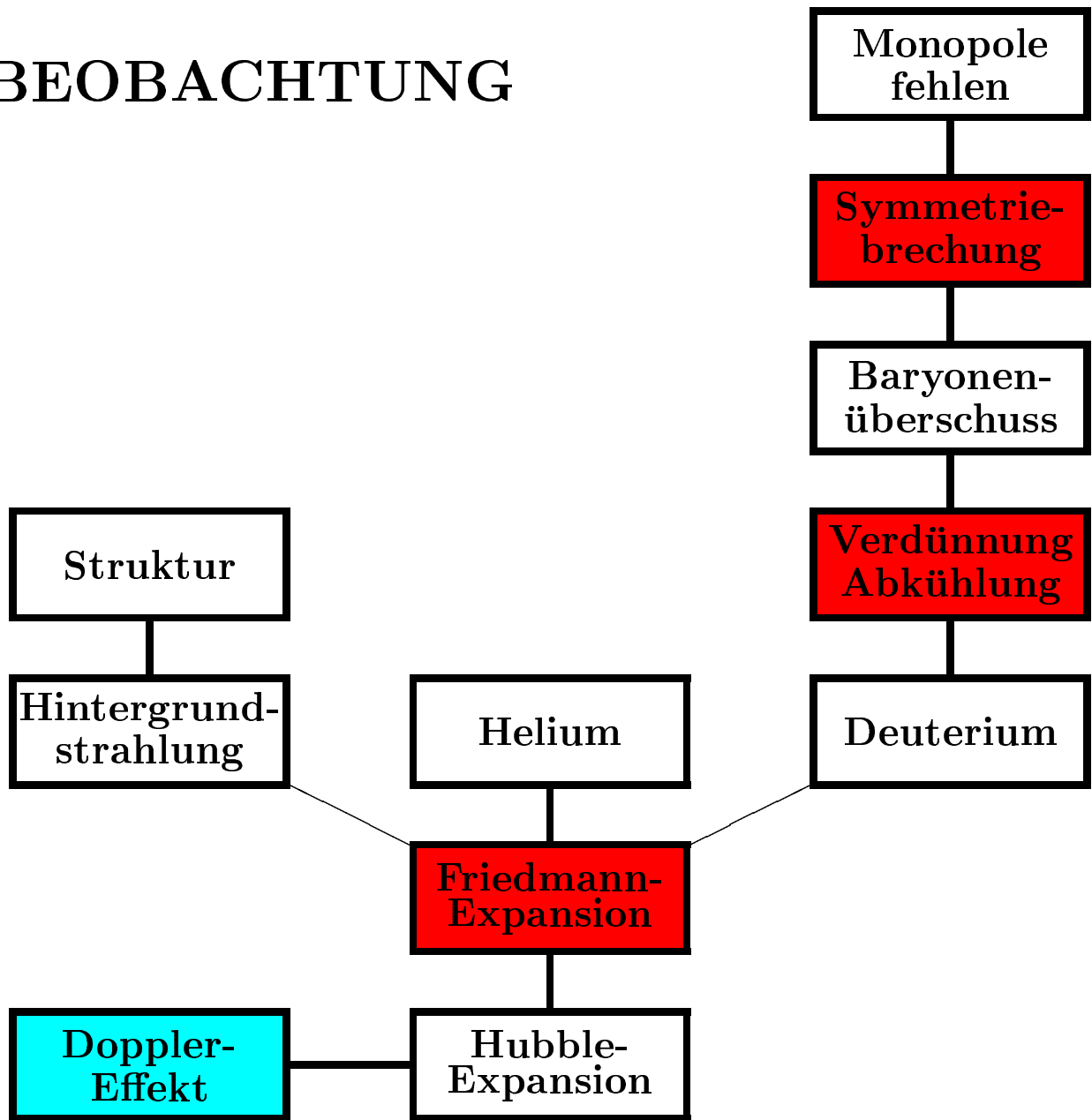
Struktur, Dunkle Materie, Vakuum, Zeit

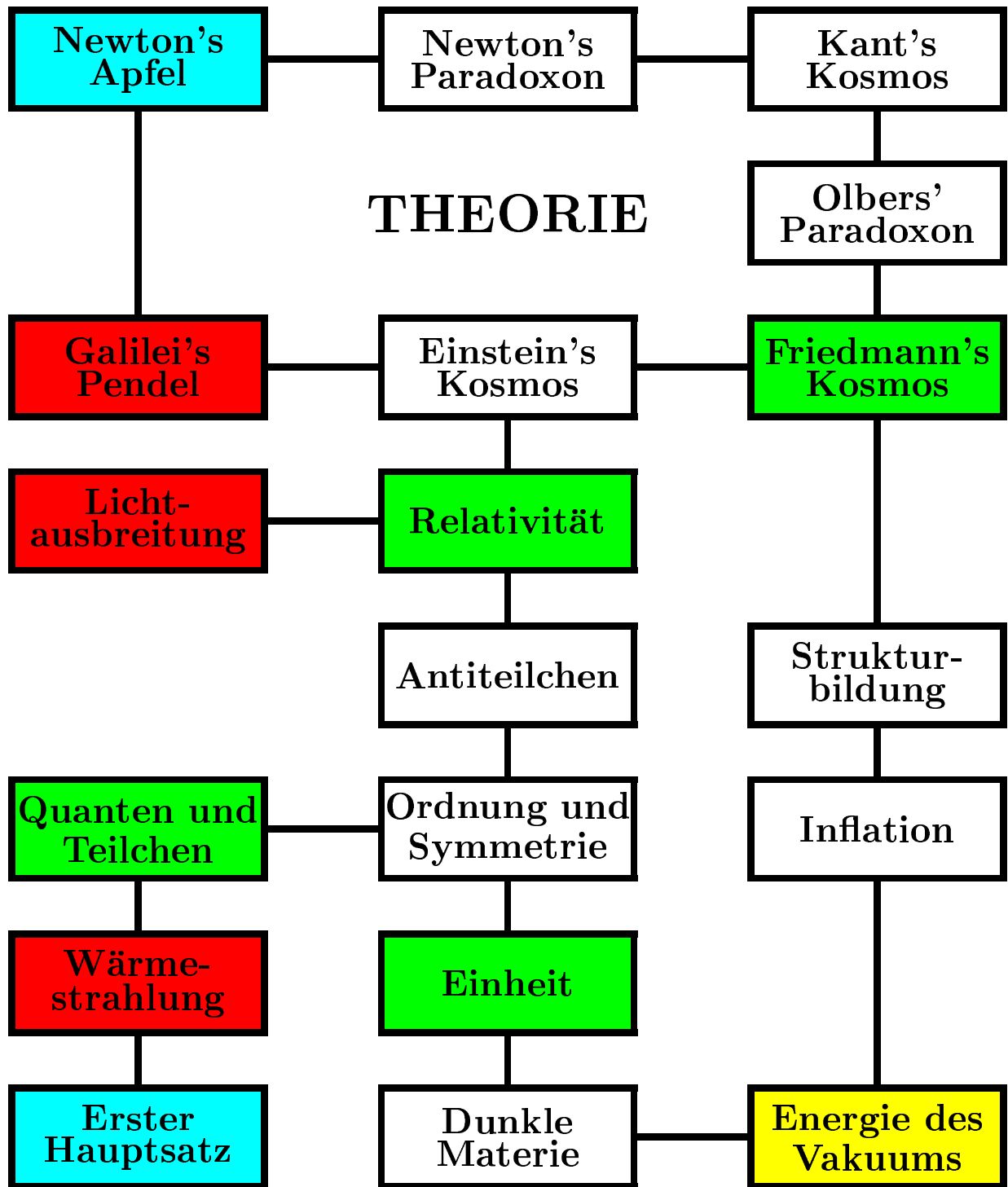
Bücher:

Kosmologie (Heidelberg, J.A.Barth, 1994)

Einsteins Relativitätstheorie und die Geometrien der Ebene (Leipzig u. Stuttgart, B.G.Teubner, 1999)

BEOBACHTUNG



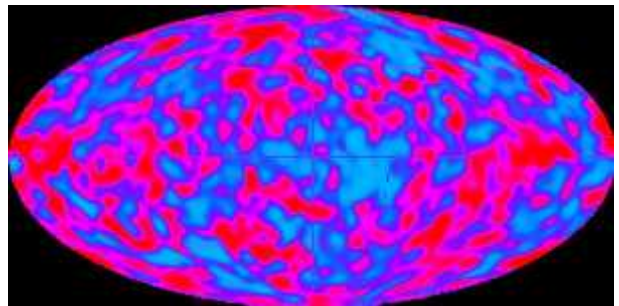


FRAGEN

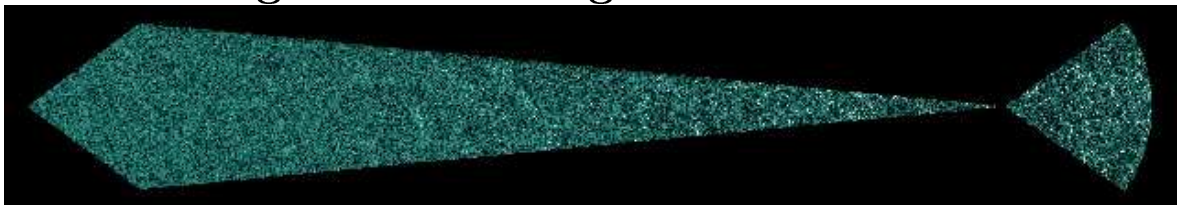
- Schafft die Schwerkraft allein die großen Strukturen im Universum?
- Gibt es dunkle Materie, und woraus besteht sie?
- Wie schwer ist das Vakuum?
- Entsteht beim Urknall die Zeit?

Schafft die Schwerkraft allein die großen Strukturen im Universum?

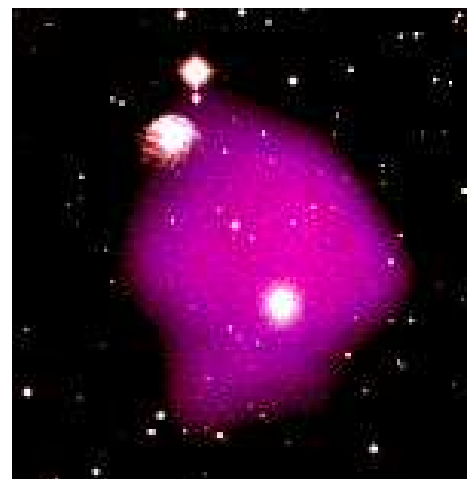
- Schwankungen 10^{-5}



- Verstärkung 10^3 : und die großen Strukturen?



- Dunkle Keime?



Gibt es dunkle Materie, und woraus besteht sie?

- Dunkle Materie: nur Schwerkraft
- Neptun und Vulkan
- Schwarze Löcher und Akkretionsscheiben
- Rotationskurven und Keplersche Gesetze
- Gravitationslinsen
- Röntgen-Halos
- Kalte konventionelle Materie?
- Unbekannte neutrale Elementarteilchen?
Schwache Wechselwirkung!
- Massive Neutrinos?
Zu leicht, zu schnell!
- Unbekannte Partnerteilchen?
Zu viele Kandidaten, alle unauffindbar!
- Inflation

Wie schwer ist das Vakuum?

- **Schwerewirkung der virtuellen Teilchen?**
- **Relativitätstheorie: Negativer Druck!**
Druck = – Energiedichte
- **Verdünnung und Abkühlung**
Abstände wachsen exponentiell
 - Inhomogenitäten verschwinden
 - Monopole verschwinden
 - Universum tiefgefroren
- **Zerfall des Vakuums**
Rückheizung nach strenger Regel?
- **Und was war vor der Inflation?**

Entstand mit dem Urknall die Zeit?

- Das Paradoxon der universellen Anziehung

$$\begin{aligned}\ddot{R} / R &= -\frac{4\pi G}{c^4}(\rho + 3p) \\ \text{Verzögerung} &= -(\text{Energiedichte} + 3 \cdot \text{Druck})\end{aligned}$$

- Vier Arten Urknall:
Aufklaren, Kernsynthese,
Inflationsende, Singularität
- Quantengravitation:
Universum als Endzustand
- Quantengravitation kennt keine Zeit

QUANTENMECHANIK

Zustand
eines
Atoms

:

Verteilung
über den möglichen
Konfigurationen

Energie-
operator

Zustand
eines
Atoms

=

Änderung
in der
Zeit

Zustand
eines
Atoms

QUANTENGRAVITATION

Zustand
des
Universums

:

Verteilung
über den möglichen
Raumstrukturen

Energie-
operator

Zustand
des
Universums

=

0