

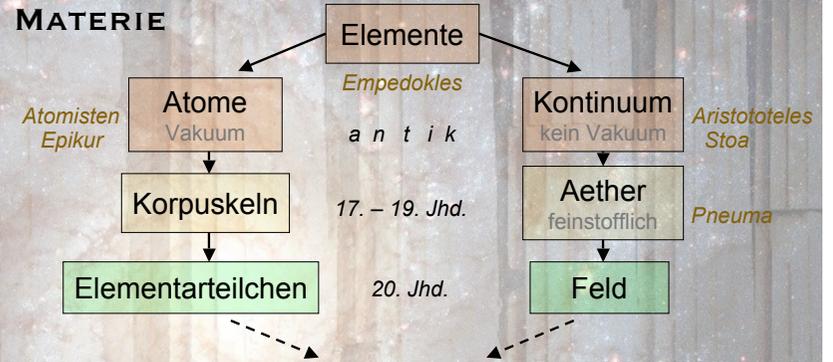
# QUARKS, QUASARE, QUINTESSENZ

ANTIKE REMINISZENZEN  
IM WELTBILD DER  
MODERNEN PHYSIK UND KOSMOLOGIE

Bruno Binggeli  
Departement Physik, Universität Basel



## MATERIE

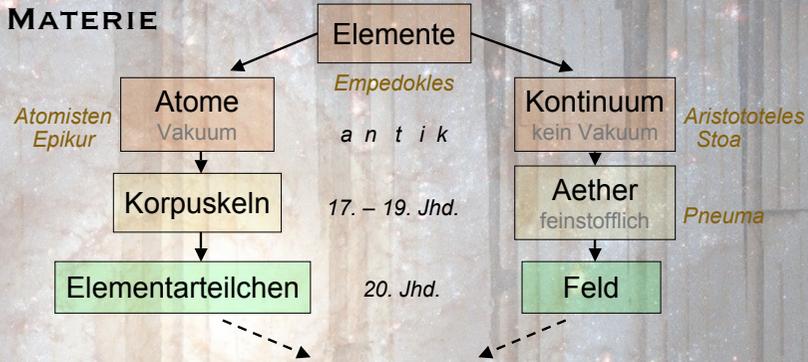


Quantenmechanik:



Teilchen-Welle-Dualität  
Heisenbergsche Unschärferelation

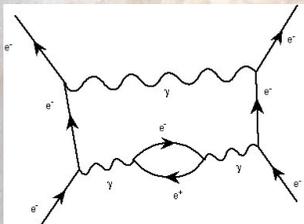
## MATERIE



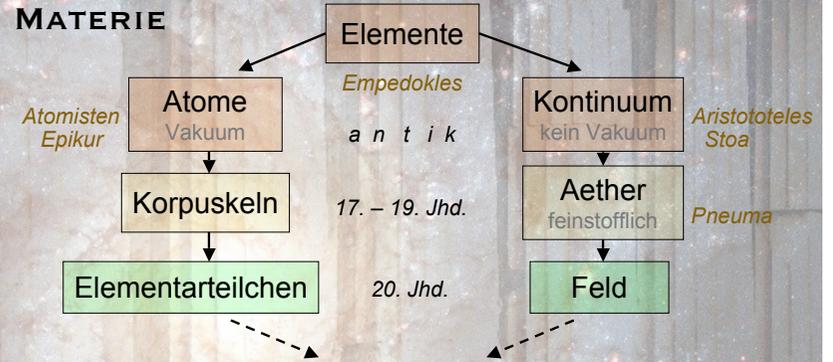
Quantenfeldtheorie:

Quantisierung der Felder!  
Wechselwirkungsprozesse beschrieben  
als Austausch „virtueller“ Teilchen.

Endgültiger Sieg des „Atomismus“?



## MATERIE



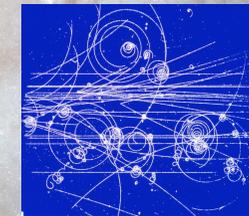
Elementarteilchen sind **nicht** beständig!



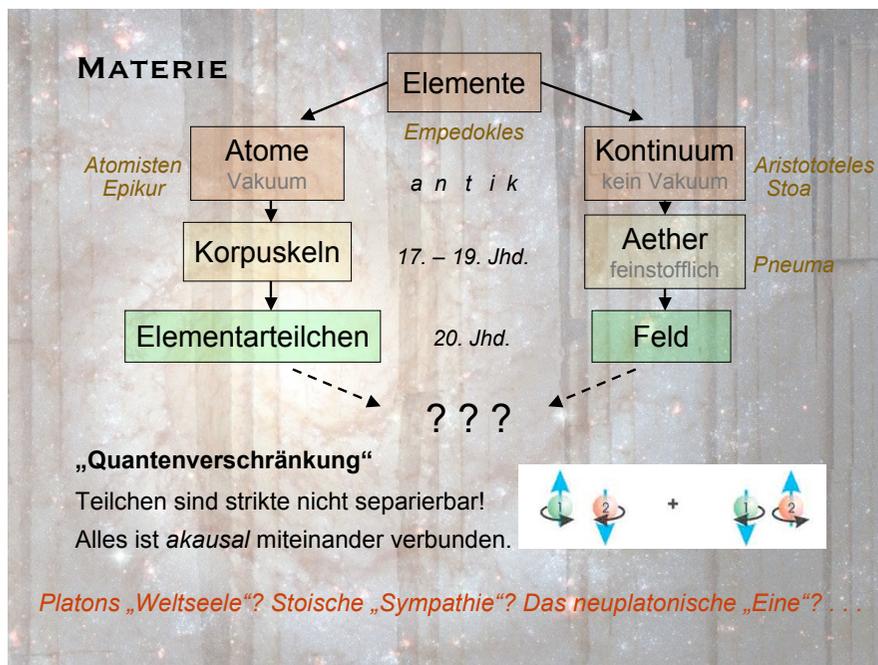
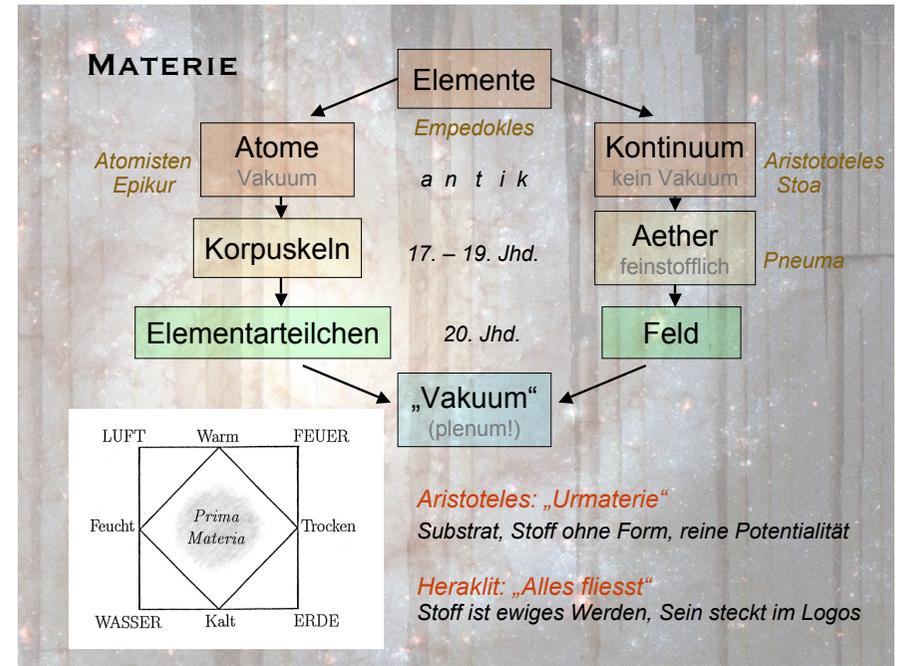
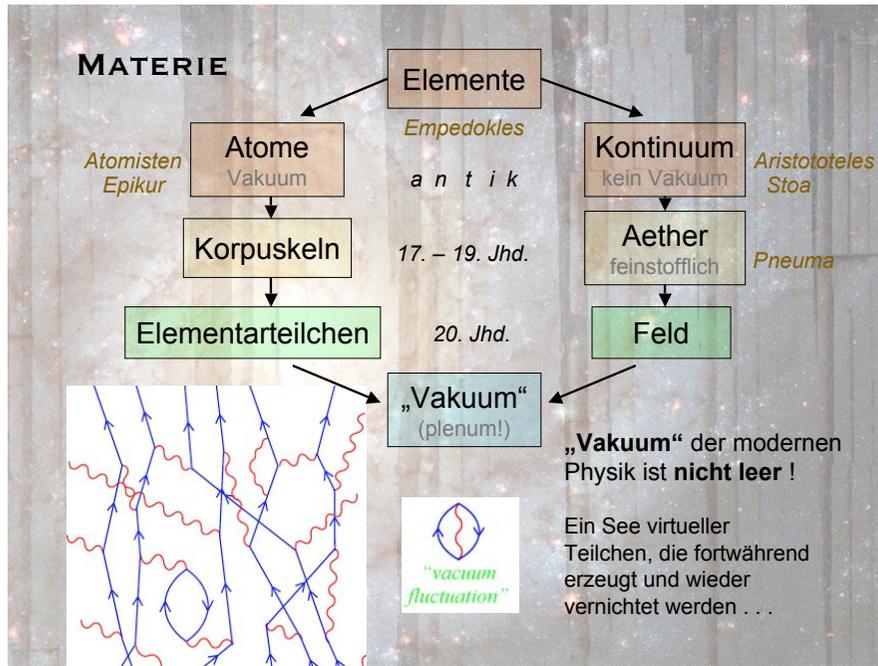
Erzeugung



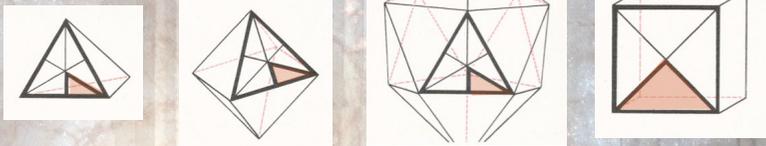
Vernichtung



Kollisionen im Beschleuniger

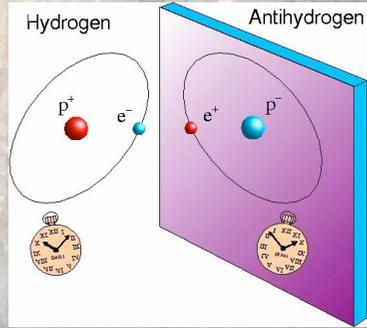


# SYMMETRIEN

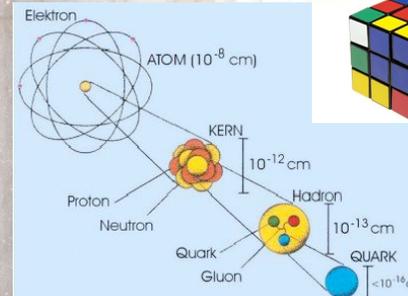
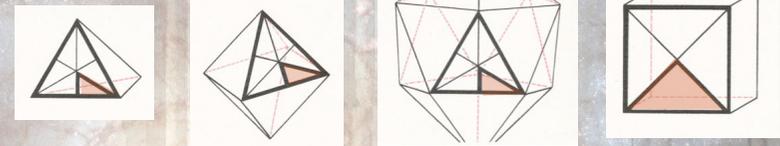


Die Gesetze der Physik  
beruhen auf  
Symmetrien  
... und deren Brechung.

CPT-Theorem



# SYMMETRIEN

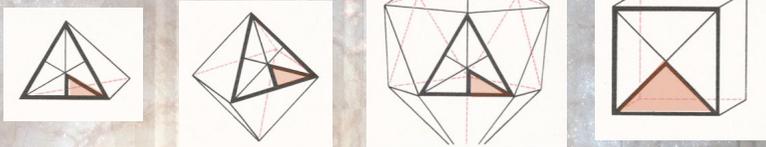


**Elementary Particles**

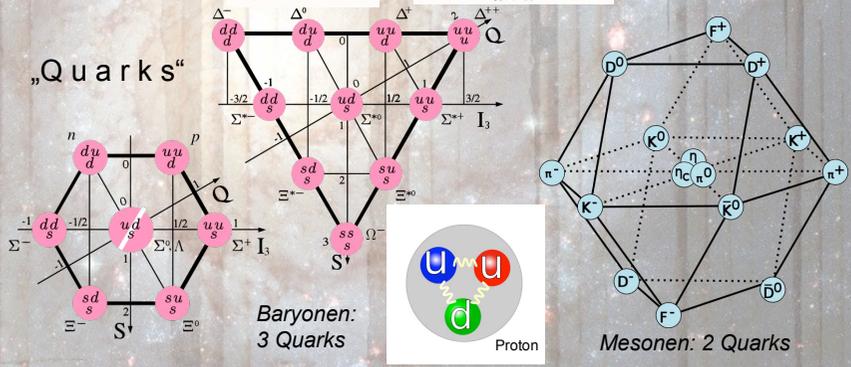
Quarks	u	c	t	γ
	d	s	b	g
Leptons	ν <sub>e</sub>	ν <sub>μ</sub>	ν <sub>τ</sub>	Z
	e	μ	τ	W
	I	II	III	Force Carriers

**Three Families of Matter**

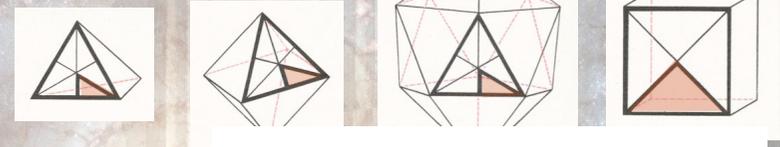
# SYMMETRIEN



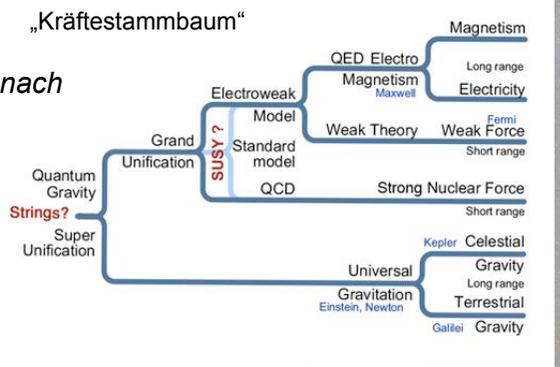
„Quarks“



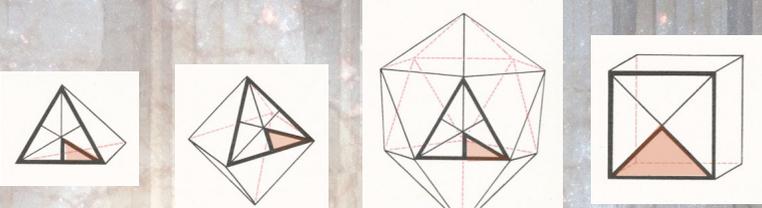
# SYMMETRIEN



Auf der Suche nach  
der höchsten  
Einheit und  
Symmetrie ...



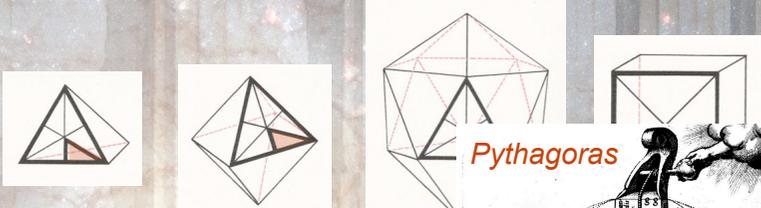
## SYMMETRIEN



„Supersymmetrie“

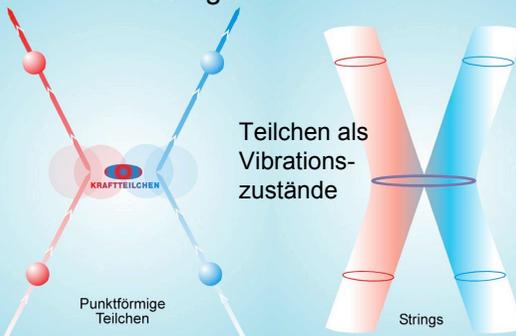
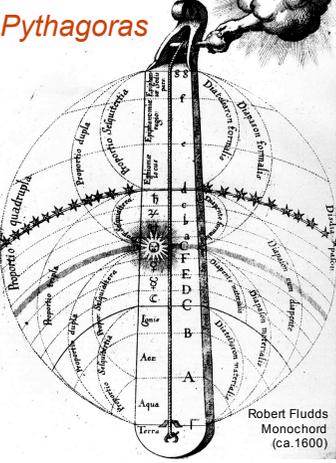
Standard-Teilchen					SUSY-Teilchen				
u	c	t	$\gamma$	H	$\tilde{u}$	$\tilde{c}$	$\tilde{t}$	$\tilde{\gamma}$	$\tilde{H}$
d	s	b	g	Higgs	$\tilde{d}$	$\tilde{s}$	$\tilde{b}$	$\tilde{g}$	Higgsino
$\nu_e$	$\nu_\mu$	$\nu_\tau$	Z		$\tilde{\nu}_e$	$\tilde{\nu}_\mu$	$\tilde{\nu}_\tau$	$\tilde{Z}$	
e	$\mu$	$\tau$	W		$\tilde{e}$	$\tilde{\mu}$	$\tilde{\tau}$	$\tilde{W}$	
Quarks	Leptonen	Kraftteilchen			Squarks	Sleptonen	SUSY-Kraftteilchen		

## SYMMETRIEN



Pythagoras

### Stringtheorie

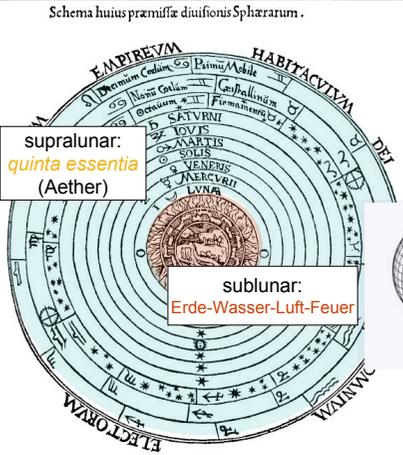



Teilchen als Vibrationszustände

Robert Fludds Monochord (ca. 1600)

## KOSMOS

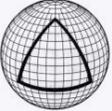
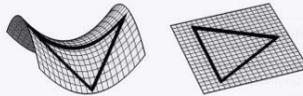
Schema huius præmixtae diuisionis Sphærarum.



supralunar:  
quinta essentia  
(Aether)

sublunar:  
Erde-Wasser-Luft-Feuer

**Aristotelische Ortslehre:**  
Verknüpfung von Ort und Körper . . .  
. . . von Raum und Materie.  
=> Allgemeine Relativitätstheorie

gekrümmter Raum      Euklidischer Raum

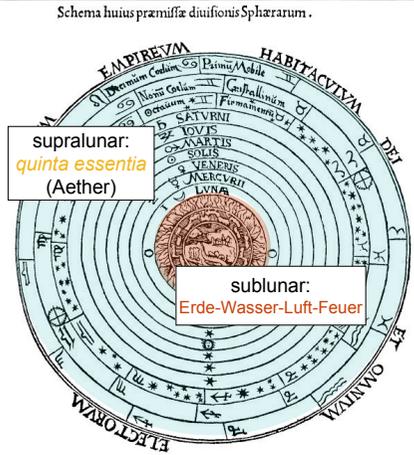
Wäre Raum positiv gekrümmt:  
kein unendliches Universum!

Beobachtungsevidenz heute:  
Weltraum ist euklidisch . . .

Sphärenkosmos nach Aristoteles

## KOSMOS

Schema huius præmixtae diuisionis Sphærarum.



supralunar:  
quinta essentia  
(Aether)

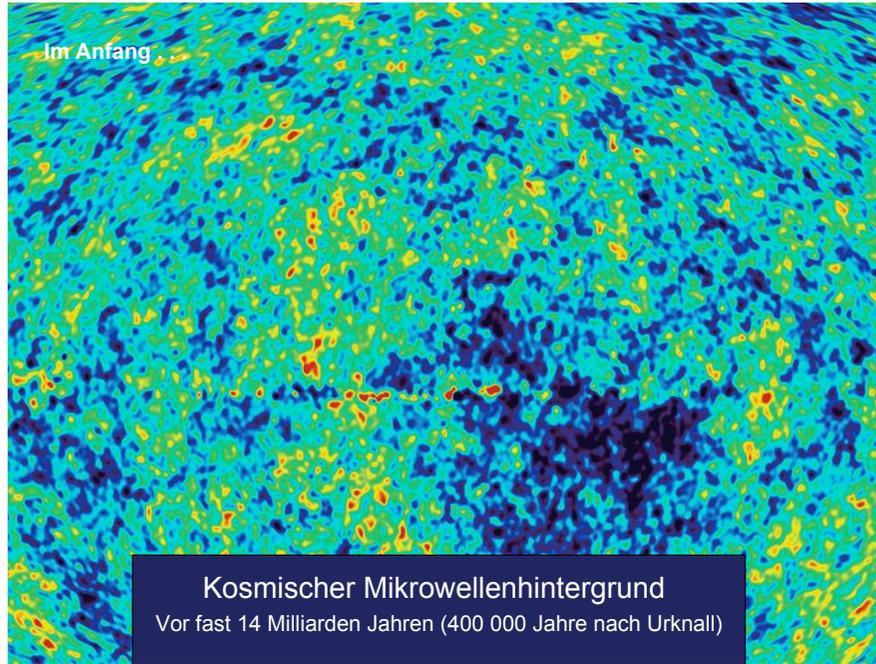
sublunar:  
Erde-Wasser-Luft-Feuer

Je weiter entfernt, desto tiefer in der Vergangenheit...



Bild: NASA Hubble Space Telescope

Sphärenkosmos nach Aristoteles



### KOSMOS

Schema huius praeimiffae diuifonis Sphararum .

supralunar:  
*quinta essentia*  
(Aether)

sublunar:  
Erde-Wasser-Luft-Feuer

Sphärenkosmos nach Aristoteles

Cosmic Spheres of Time  
Big Bang

Das beobachtbare Universum ist

- endlich und kugelförmig
- zentriert auf Hier und Jetzt
- hierarchisch (von oben nach unten)

### KOSMOS

Schema huius praeimiffae diuifonis Sphararum .

supralunar:  
*quinta essentia*  
(Aether)

sublunar:  
Erde-Wasser-Luft-Feuer

Sphärenkosmos nach Aristoteles

### Kosmischer Mikrowellenhintergrund

Penzias und Wilson 1965

1cm<sup>3</sup> → 410 Mikrowellen-Photonen

Ein neuer „Weltäther“ . . .  
Licht als *quinta essentia* . . .

### KOSMOS

10<sup>-6</sup> s → 10<sup>14</sup> K  
10<sup>-4</sup> s → 10<sup>12</sup> K  
1 s → 10<sup>10</sup> K  
100 s → 10<sup>8</sup> K  
50000 J → 3000 K

Plasma  
Leptonen, Photonen, Quarks  
Gluonen + Antiteilchen

protonen + Neutronen

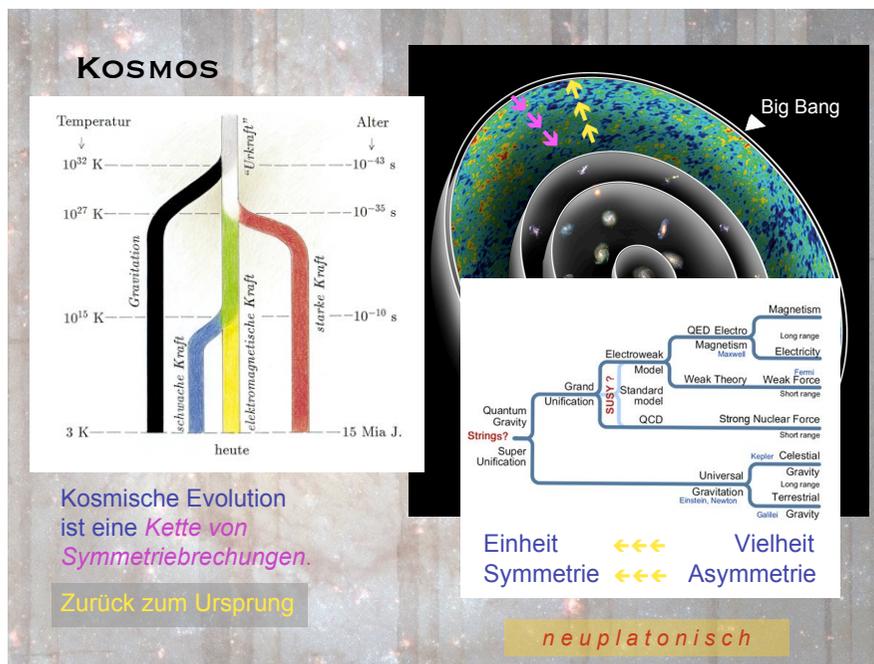
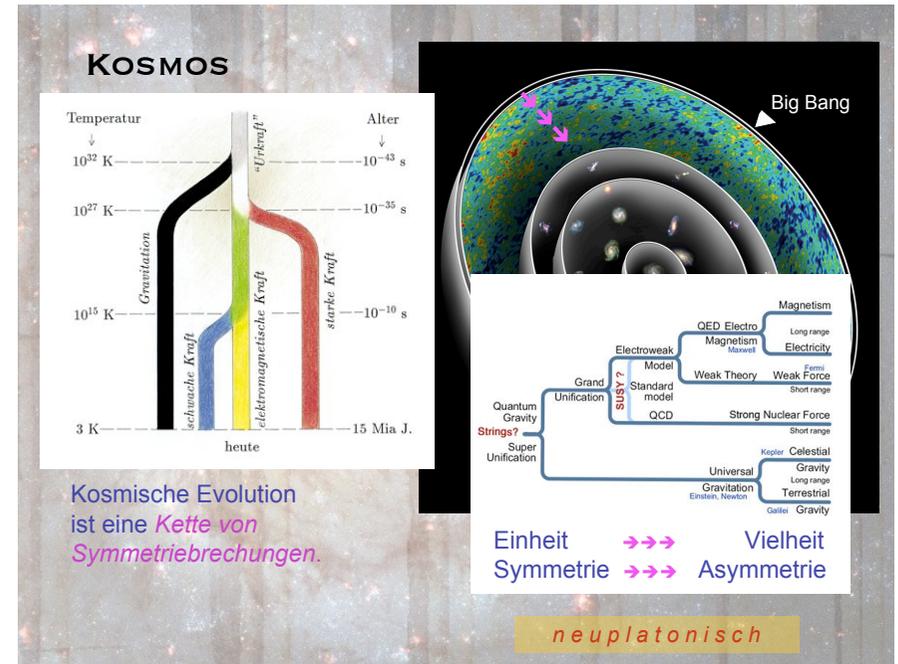
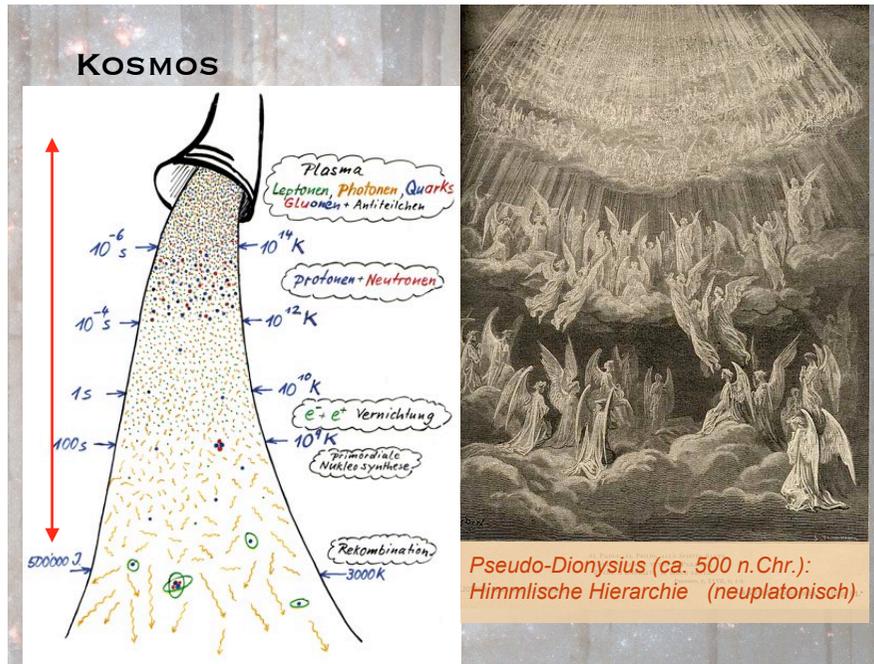
e<sup>-</sup> e<sup>+</sup> Vernichtung

primordiale Nukleosynthese

Rekombination

Big Bang

Teilchenkaskade im frühen Universum



# ANTHROPOS

Warum ist die Welt für den Menschen wie „massgeschneidert“?

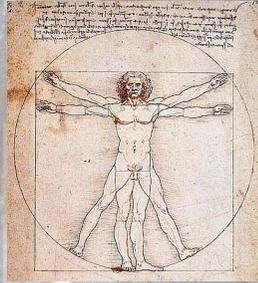
Kleinste Aenderungen der Naturkonstanten ergäben eine völlig andere Welt!

## Anthropisches Prinzip:

Das Universum muss so beschaffen sein, dass es die Entwicklung intelligenten Lebens zulässt – sonst wären wir nicht hier.

*Es gibt unendlich viele Universen (Multiversum), so dass es zufällig irgendwo so sein wird wie hier.*

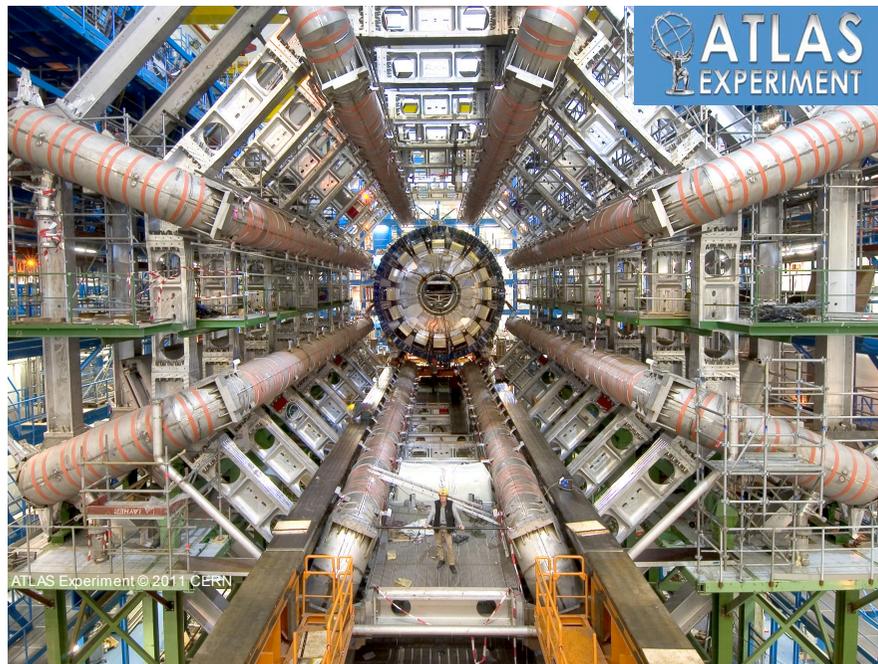
*Die „massgeschneiderte“ Welt ist ein reiner Auswahl-effekt.*



Odysseus in der Unterwelt?



ATLAS Experiment © 2011 CERN



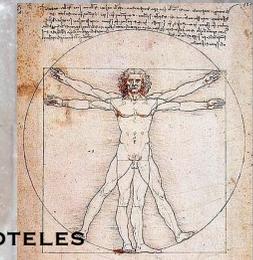
ATLAS Experiment © 2011 CERN

# ANTHROPOS



PLATON

Physikalismus  
Idealismus



ARISTOTELES

Biologismus  
Empirismus

SUSY-Teilchen werden gefunden ✓

oder

Keine SUSY-Teilchen!  
Anthropische „Lösung“?

