

# Maßarbeit im Universum

- *Warum ist unser Universum abgestimmt für Leben?*
- *Was sind mögliche Erklärungen dafür?*

- Es existieren mehrere Hinweise, dass unser Universum genau die Eigenschaften hat, dass auch Leben im Universum möglich ist.
- Die Werte von physikalischen Parametern (z.B. Massen von Elementarteilchen oder Stärken von fundamentalen Kräften) in unserem Universum haben nämlich genau solche Werte, dass auch Leben existieren kann.
- Diese Hinweise werden je nach Betrachtungsart als **Feinabstimmung, anthropisches Prinzip oder als „Intelligent Design“** bezeichnet.

# Erzeugung von Kohlenstoff und Sauerstoff

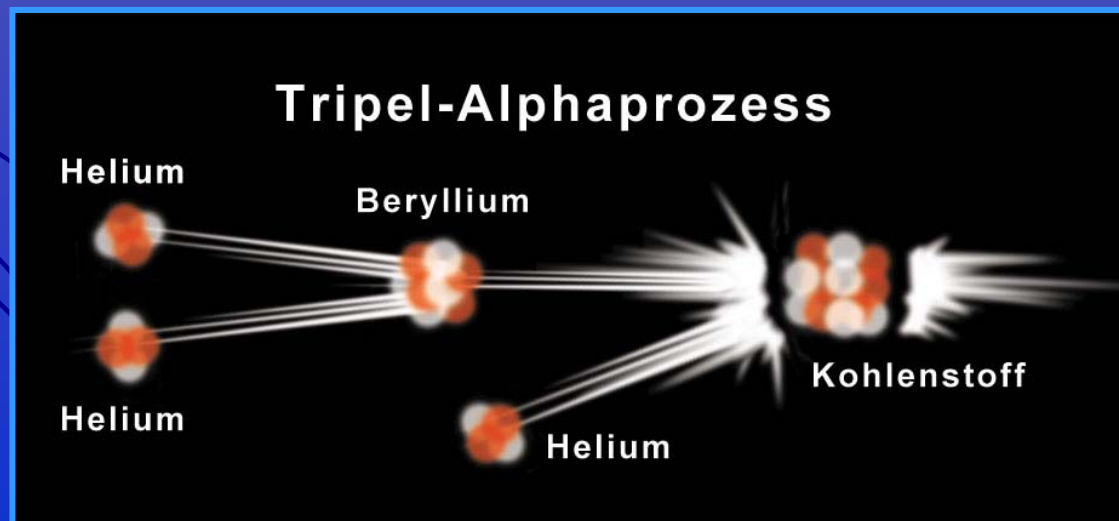
## Roter Riesenstern



- Chemische Elemente werden in Sternen erzeugt
- Kohlen- und Sauerstoff entstehen dabei in Roten Riesen
- **Kohlenstoff** bildet die komplexen Moleküle des Lebens  
**Sauerstoff** ist notwendig für Wasser ( $H_2O$ )

## Der Tripel-Alpha Prozess

- Zwei Alpha-Teilchen (Heliumkerne) fusionieren zunächst zu Beryllium
- Einfang eines weiteren Alpha-Teilchens (Heliumkerns) führt zu Kohlenstoff



## Der Tripel-Alpha Prozess

- Der Berylliumkern ist instabil und zerfällt nach 0.000 000 000 000 001 Sekunden wieder in zwei Alphateilchen
- In dieser kurzen Zeit muss ein drittes Alphateilchen eingefangen werden
- Die Entstehung einer nennenswerten Menge von Kohlenstoff ist nur durch das Vorhandensein einer **Resonanz im Kohlenstoffkern** möglich.

## Ein bemerkenswerte Vorhersage



Sir Fred Hoyle:  
1915-2001

- Voraussage des englischen Astrophysiker Sir Fred Hoyle: Es muss eine Resonanz im Kohlenstoffkern existieren, da sonst nicht genug Kohlenstoff für das Leben in Roten Riesen erzeugt werden kann
- Diese Resonanz wurde im Labor tatsächlich nachgewiesen
- Einziger Fall, in dem ausgehend von unserer eigenen Existenz, der Ausgang eines Labor-Experiments richtig vorhergesagt wurde

## Ein Universum nach Maß

- Der Tripel-Alpha Prozess hängt von den fundamentalen Kräften im Universum ab
- Frage: Wie sehr kann man die Kernkräfte verändern, sodass immer noch der selbe für das Leben unbedingt notwendige Kohlen- und Sauerstoff gebildet wird?
- Ergebnis:  
Eine Abweichung von nur einem **halben Prozent** für die Stärke der Kernkraft würde dazu führen, dass im Universum diese Elemente in Sternen nicht mehr erzeugt würden!

## Ein Universum nach Maß

- Der Tripel-Alpha Prozess hängt von den fundamentalen Kräften im Universum ab
- Frage: Wie sehr kann man die Kernkräfte verändern, sodass immer noch der selbe für das Leben unbedingt notwendige Kohlen- und Sauerstoff gebildet wird?
- Ergebnis:  
Eine Abweichung von nur einem **halben Prozent** für die Stärke der Kernkraft würde dazu führen, dass im Universum diese Elemente in Sternen nicht mehr erzeugt würden!

## Ein Universum nach Maß

- Der Tripel-Alpha Prozess hängt von den fundamentalen Kräften im Universum ab
- Frage: Wie sehr kann man die Kernkräfte verändern, sodass immer noch der selbe für das Leben unbedingt notwendige Kohlen- und Sauerstoff gebildet wird?
- Ergebnis:  
Eine Abweichung von nur einem **halben Prozent** für die Stärke der Kernkraft würde dazu führen, dass im Universum diese Elemente in Sternen nicht mehr erzeugt würden!

## Das Cambridge-Treffen

Vom 29. August bis 1. September 2001 trafen sich an der University of Cambridge etwa 30 führende Kosmologen, Astrophysiker, Astronomen, Kern- und Teilchenphysiker um zu diskutieren, inwieweit unser Universum für Leben **maßgeschneidert** ist.

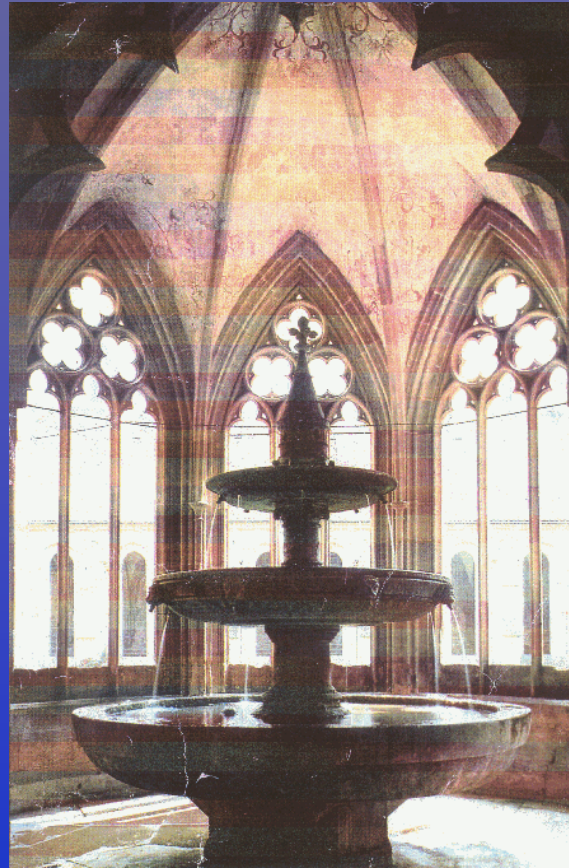
Zwei entscheidende Fragen standen zur Diskussion:

1. Inwieweit ist unser Universum für die Existenz von Leben **maßgeschneidert**?
2. Kann die besondere Abstimmung unseres Universums für Leben durch eine noch zu findende endgültige **Theorie für Alles** erklärt werden? Oder ist das alternative Modell richtig, dass unser Universum nur **eines von unendlich vielen Universen** ist, in welchem die physikalischen Gesetze Leben zulassen?

# Materie und Antimaterie



## Der Tripel-Alpha Prozess vor 850 Jahren



**Brunnenkapelle des 850 Jahre alten  
Kloster Maulbronn, Deutschland**

## Materie und Antimaterie

Aber auch mit nur minimal mehr oder weniger Materie würde kein Leben möglich sein:

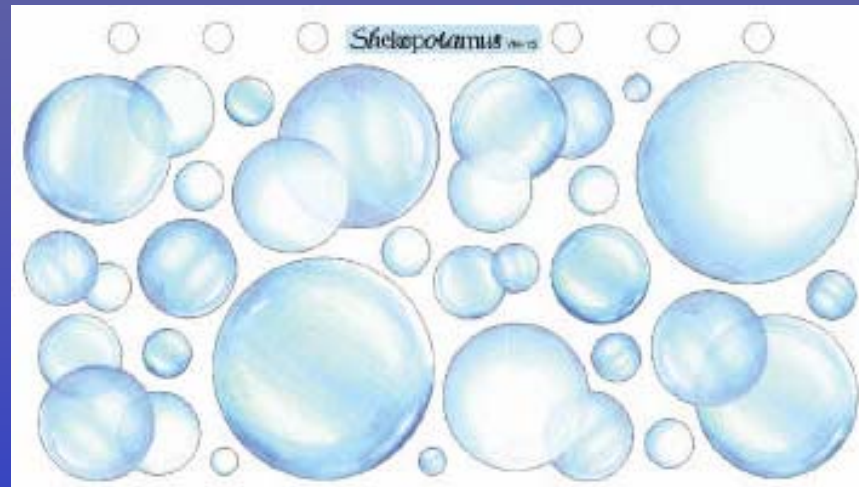
- **Mehr Materie:** Stärkere Gravitation - das Universum fällt nach kurzer Zeit wieder zusammen. Zeit für die Entstehung von Leben wäre zu kurz.
- **Weniger Materie:** Die Expansion wäre zu schnell – es könnten sich keine Sterne bilden.

## Maßarbeit: Theorien für Alles

- Jede Theorie unserer Welt, welche die Eigenschaften und Strukturen des Universum wie zum Beispiel das Standardmodell der Teilchenphysik erklärt, enthält grundlegende Parameter.
- Eine endgültige „**Theorie für Alles**“ sollte auch die Werte der grundlegenden Parameter erklären.
- Der winzige Bereich der anthropisch erlaubten Werte ist eine Herausforderung für das mathematisches „Design“.



# Die Entstehung des Multiversums



Die Entstehung des Multiversums durch die ewige Inflation.  
Unser Bereich des Universums entspricht einer einzigen Blase.

# Erklärungsversuche der Feinabstimmung

## Beispiel: Kidnapper

### 1. Hypothese des Zufalls:

„Das Universum ist eben so und braucht keine weitere Erklärung.“

### 2. Hypothese des logischen Notwendigkeit:

„Es muss ja so gewesen ein, sonst würden wir nicht existieren.“

### 3. Hypothese der Maßarbeit:

„Es existiert eine endgültige fundamentale Theorie, welche die Feinabstimmung erklären kann . Wir kennen diese heute nur noch nicht.“

### 4. Multiversum-Theorie:

„Es gibt unendlich viele unterschiedliche Universen. Wir leben in einem Universum, das lebensfreundlich ist, während viele andere Universen steril sind.“

### 5. Intelligent Design“:

„Es gibt einen Schöpfer.“