



Teilchenphysik ohne Beschleuniger

Josef Jochum
Universität Tübingen



- Niederenergie Neutrino-Astrophysik
 - Neutrinoeigenschaften
 - Dunkle Materie

 - Hochenergetische Kosmische Strahlung
 - Gamma-Astronomie
 - Hochenergie-Neutrino-Astronomie
 - Gravitationswellen
 - Nukleare Astrophysik

 - Axion / Axion Like Particle – Suchen
 - CPT Symmetrie β -Zerfall Präzisionsmessungen

 - ...
-



- **Niederenergie Neutrino-Astrophysik**
 - **Neutrinoeigenschaften**
 - **Dunkle Materie**

 - Hochenergetische Kosmische Strahlung
 - Gamma-Astronomie
 - Hochenergie-Neutrino-Astronomie
 - Gravitationswellen
 - Nukleare Astrophysik

 - Axion / Axion Like Particle – Suchen
 - CPT Symmetrie β -Zerfall Präzisionsmessungen

 - ...
-



- Niederenergie Neutrino-Astrophysik
 - Neutrinoeigenschaften
 - Dunkle Materie

 - **Hochenergetische Kosmische Strahlung**
 - **Gamma-Astronomie**
 - **Hochenergie-Neutrino-Astronomie**
 - **Gravitationswellen**
 - **Nukleare Astrophysik**

 - Axion / Axion Like Particle – Suchen
 - CPT Symmetrie β -Zerfall Präzisionsmessungen

 - ...
-



- Niederenergie Neutrino-Astrophysik
- Neutrinoeigenschaften
- Dunkle Materie

- **Hochenergetische Kosmische Strahlung**
- **Gamma-Astronomie**
- **Hochenergie-Neutrino-Astronomie**
- **Gravitationswellen**
- **Nukleare Astrophysik**

- Axion / Axion Like Particle – Suchen
- CPT Symmetrie β -Zerfall Präzisionsmessungen

- ...

Was sind die Quellen
der sehr hochenergetischen
Kosmischen Strahlung
(bis zu 10^8 TeV)

Wie schafft es die Natur
Teilchen auf so hohe
Energien zu beschleunigen

⇒ Multimessenger
Astrophysik
Protonen,
Gammas,
Neutrinos,
GW



- Niederenergie Neutrino-Astrophysik
- Neutrinoeigenschaften
- Dunkle Materie

- Hochenergetische Kosmische Strahlung
- Gamma-Astronomie
- Hochenergie-Neutrino-Astronomie
- Gravitationswellen
- Nukleare Astrophysik

- **Axion / Axion Like Particle – Suchen**
- **CPT Symmetrie β -Zerfall**
Präzisionsmessungen

- ...

Axion ist motiviert
durch QCD CP Problem
(verschwindendes
Dipolmoment des Neutrons)

kann eine astrophysikalische
Rolle spielen:
Sternenkühlung, Dunkle Materie
 \Rightarrow Astrophysikalische Limits
 \Rightarrow Limits aus
Laborexperimenten

Laborexperimente
zur Suche nach
Symmetrieverletzungen



- **Niederenergie Neutrino-Astrophysik**
 - **Neutrinoeigenschaften**
 - **Dunkle Materie**

 - Hochenergetische Kosmische Strahlung
 - Gamma-Astronomie
 - Hochenergie-Neutrino-Astronomie
 - Gravitationswellen
 - Nukleare Astrophysik

 - Axion / Axion Like Particle – Suchen
 - CPT Symmetrie β -Zerfall Präzisionsmessungen

 - ...
-



ν -Oszillationen,
Massen-Hierarchie



DoubleChooz



Reaktor- ν ,
 θ_{13}



Borexino



SNO+

Dirac- oder
Majorana- ν



Antares

kosmische ν



Solar- ν , θ_{12}



COBRA



IceCube

β -Zerfall

$0\nu 2\beta$



GERDA

ν -Astronomie



KATRIN



EXO

ν -Masse