

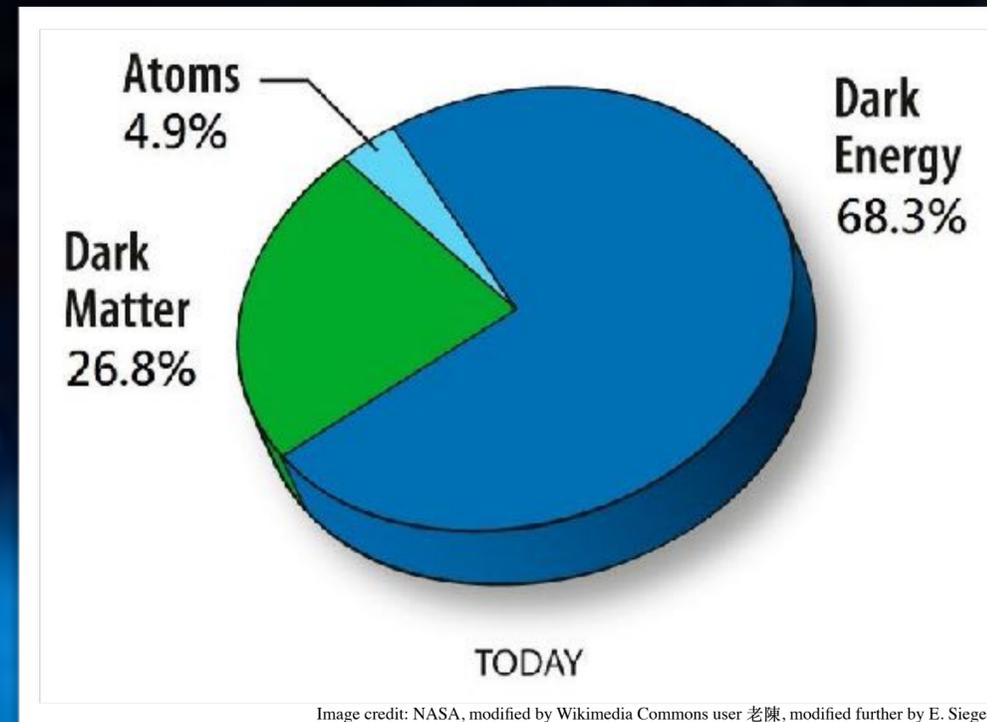
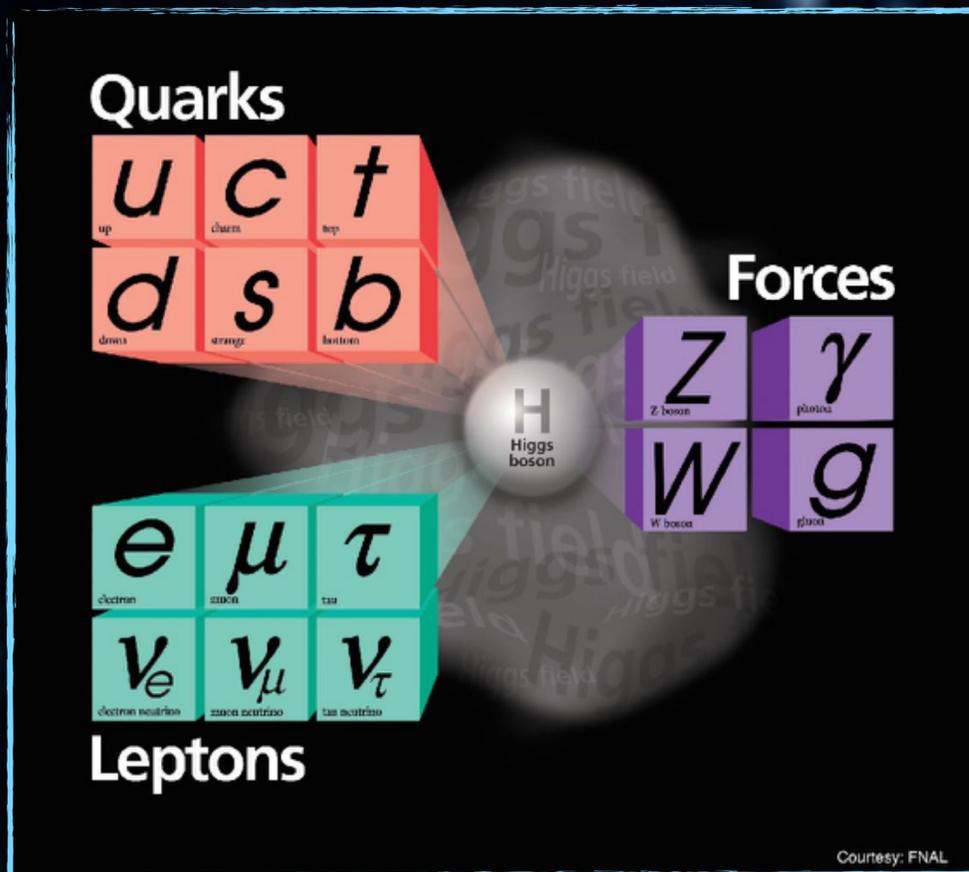
Abschlussarbeitenseminar

AG Fertl - Neutronen, Muonen und Neutrinos

Prof. Dr. Martin Fertl

12. Juni 2020

Das Standardmodell der Teilchenphysik und wo es versagt



Welche Teilchen bilden die dunkle Materie?

Dunkle Energie: Kosmologische Konstante?

Gravitation nicht im Standardmodell beschreibbar!

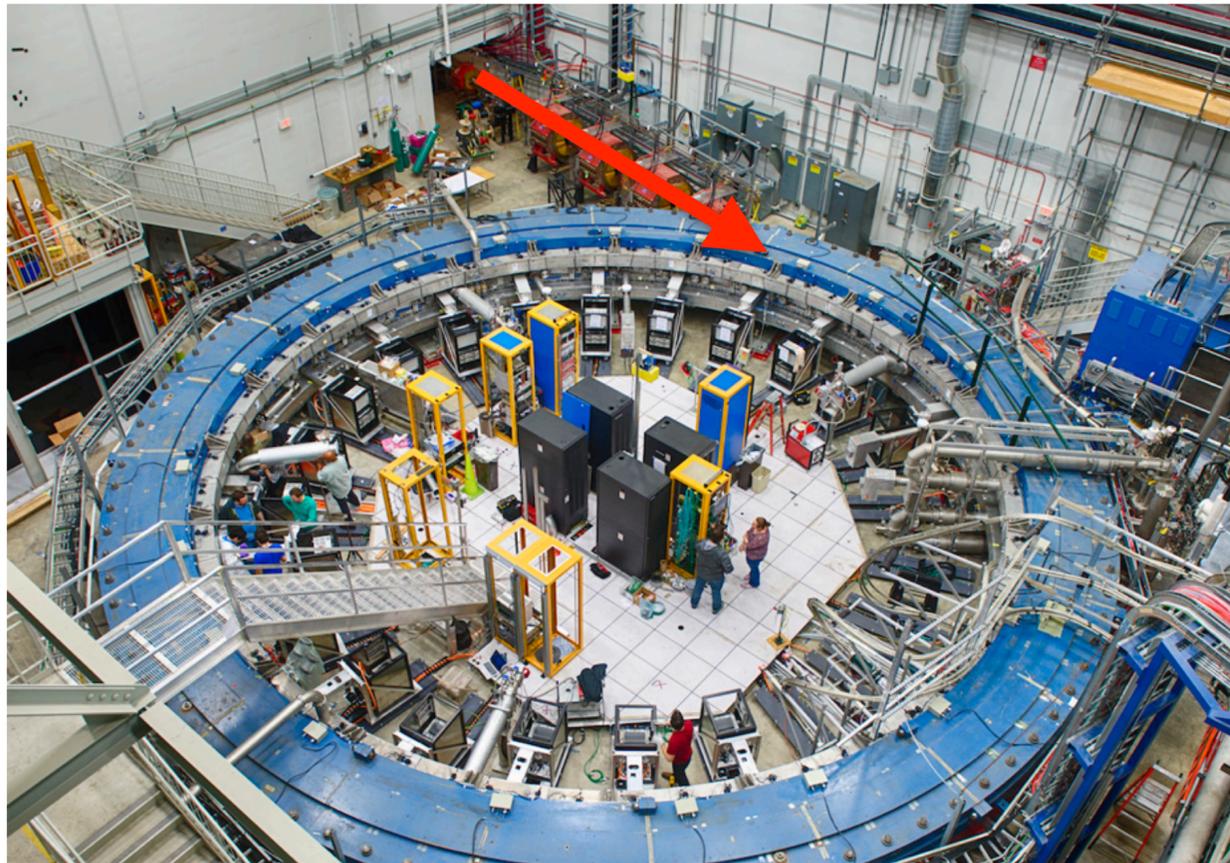
Baryonenasymmetrie
Wo ist die Antimaterie?
Warum haben Neutrinos Masse? Wie schwer sind Neutrinos?

Wir erforschen die Grenzen des Standardmodels!

Muon g-2 Experiment am Fermi National Accelerator Laboratory

Wie stark koppelt der Spin eines Muons an ein Magnetfeld?

Strahllinie für Muonen am FNAL



NEWS • 20 DECEMBER 2019

Nature News

The science events to watch for in 2020

In the United States, the Fermi National Accelerator Laboratory near Chicago, Illinois, should unveil long-awaited results from Muon g-2, a high-precision measurement of how muons – more-massive siblings of electrons – behave in a magnetic field. Physicists hope that slight anomalies could reveal previously unknown elementary particles.

An der JGU: Wittig, Vanderhagen, Denig, Meyer, ...

Theoretische Vorhersage höchster Präzession



Messung höchster Präzession!

An der JGU: AG Fertl

“Muon g-2”: Dirac berechnet 1928 den g-Faktor, $g=2$
Beschreibt die Kopplungsstärke des B-Felds
an den Spin des Muons (magnetisches Moment)

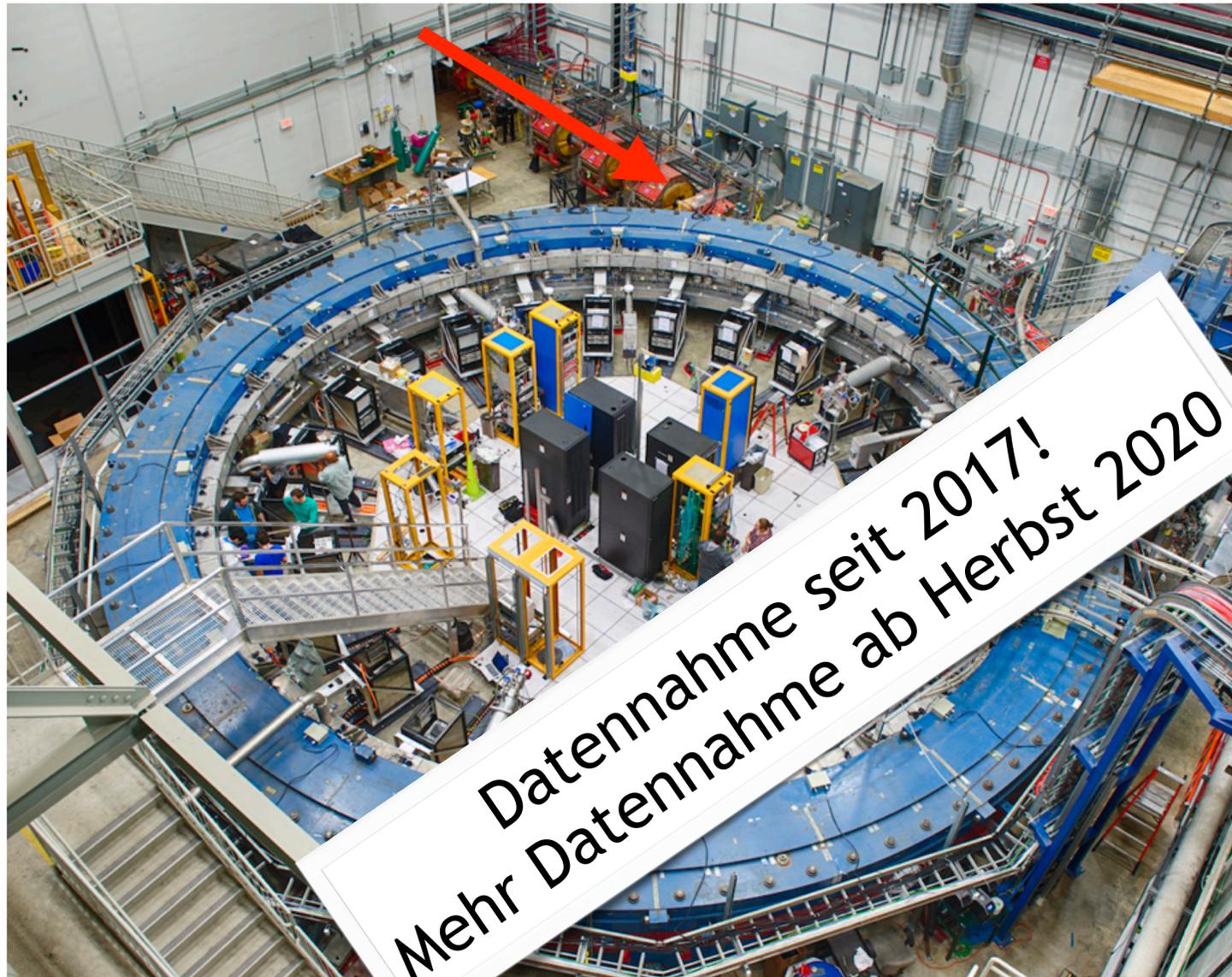
-> Quantenkorrekturen machen $g > 2$

-> Messungen der Abweichungen von $g=2$, $a_\mu = (g-2)/2$

Muon g-2 Experiment am Fermi National Accelerator Laboratory

Wie stark koppelt der Spin eines Muons an ein Magnetfeld?

Strahllinie für Muonen



Bestimmung des Magnetfelds im supraleitenden Speicherring mit einer Unsicherheit von 70 ppb! (~ 1000 m Laufdistanz auf 10 Haaresbreiten)

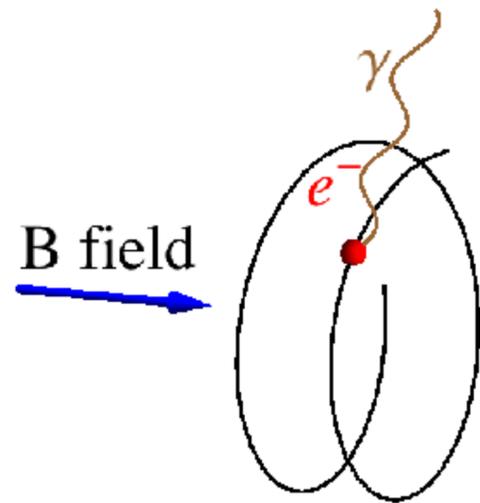
Einige Herausforderungen:

- Tag/Nacht- bzw. jahreszeitenkorrelierte Temperaturänderungen -> Magnetfeldänderungen
- Magnetfelderzeugung durch andere Subsysteme (oder Bauteile)

Mögliche Abschlussarbeiten:

- Entwicklung von Messplattformen mit unterschiedlichen Sensoren (Hall-Sonden, Neigungssensoren,...)
- Magnetfeldsensoren (Simulationen, Datenanalyse, ...)
- Kernresonanzspektroskopie

Project 8 - Einzelelektronenspektroskopie mit Zyklotronstrahlung



Geburtszeit des Elektrons

Energieverlust durch Strahlung

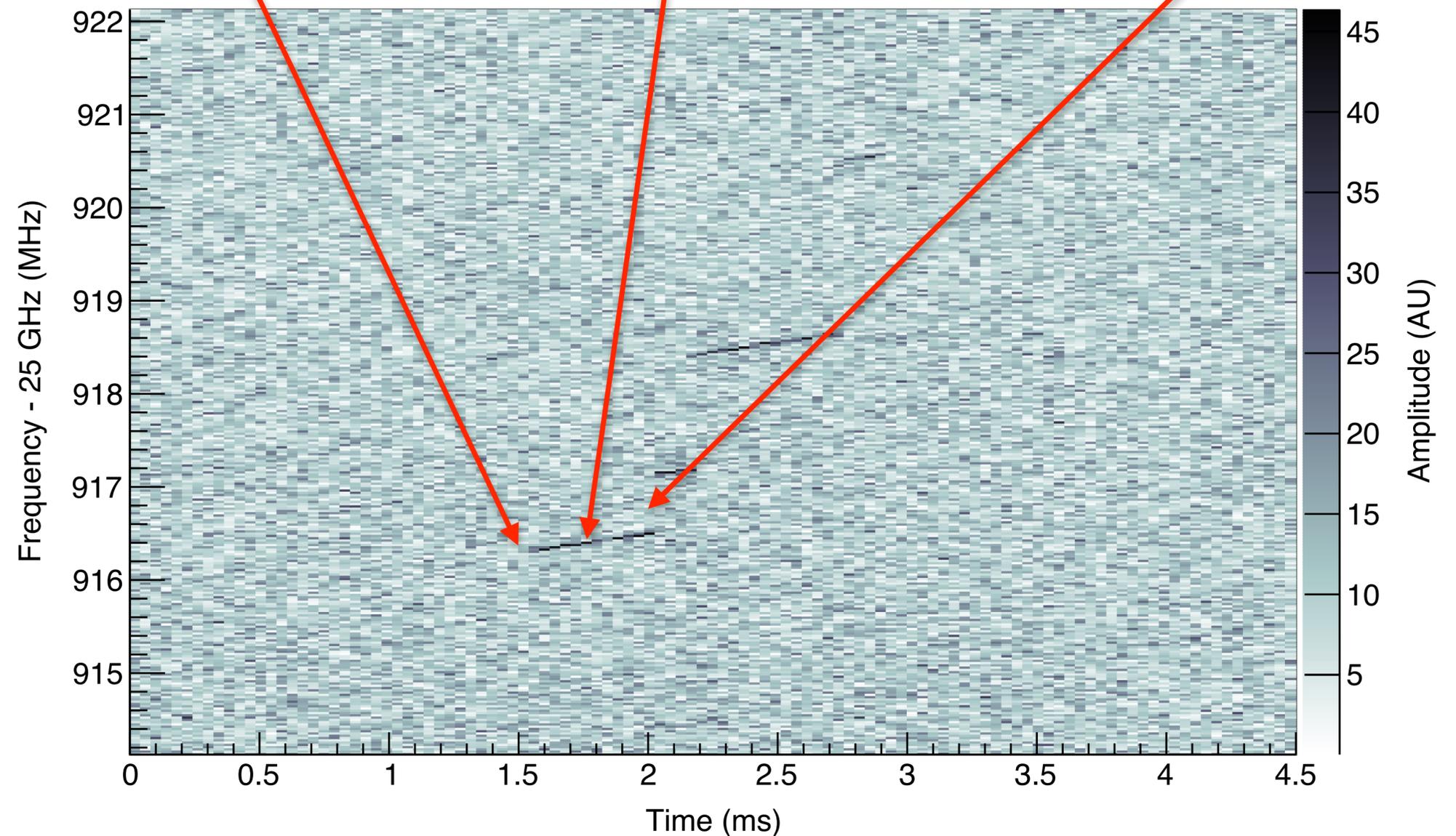
Streuung an Restgasatomen
"Tod des Elektrons"

Klassische Elektrodynamik:
beschleunigte Ladungen
emittierten Strahlung

Spezielle Relativitätstheorie:
Frequenzverschiebung

Erstmalige Berechnung 1904!

Erstmalige Messung 2014!!!



Cyclotron Radiation Emission Spectroscopy (CRES)

Project 8 - CRES zur Bestimmung der Neutrinomasse

Das Zerfallsspektrum von Tritium ist sensitiv auf die Masse der Neutrinos

Energie- und Impulserhaltung:

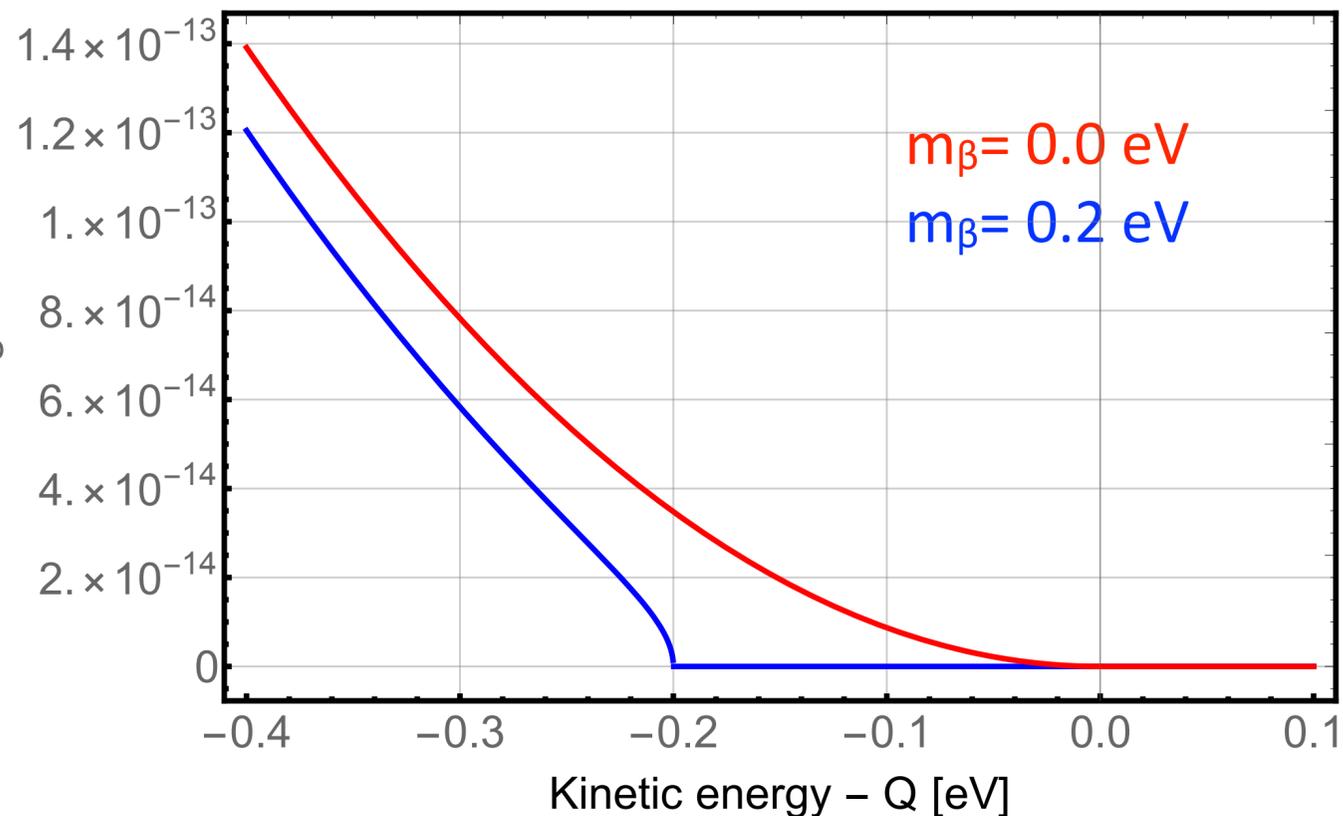
Eine endliche Neutrinomasse reduziert die max. kinetische Energie der emittierten Elektronen.

Mit CRES kann eine Messung mit atomarem (!) Tritium entwickelt werden

- > Keine molekularen Anregungen
- > Kein Elektronentransport durch das Quellengas
- > Frequenzbasierte Messung

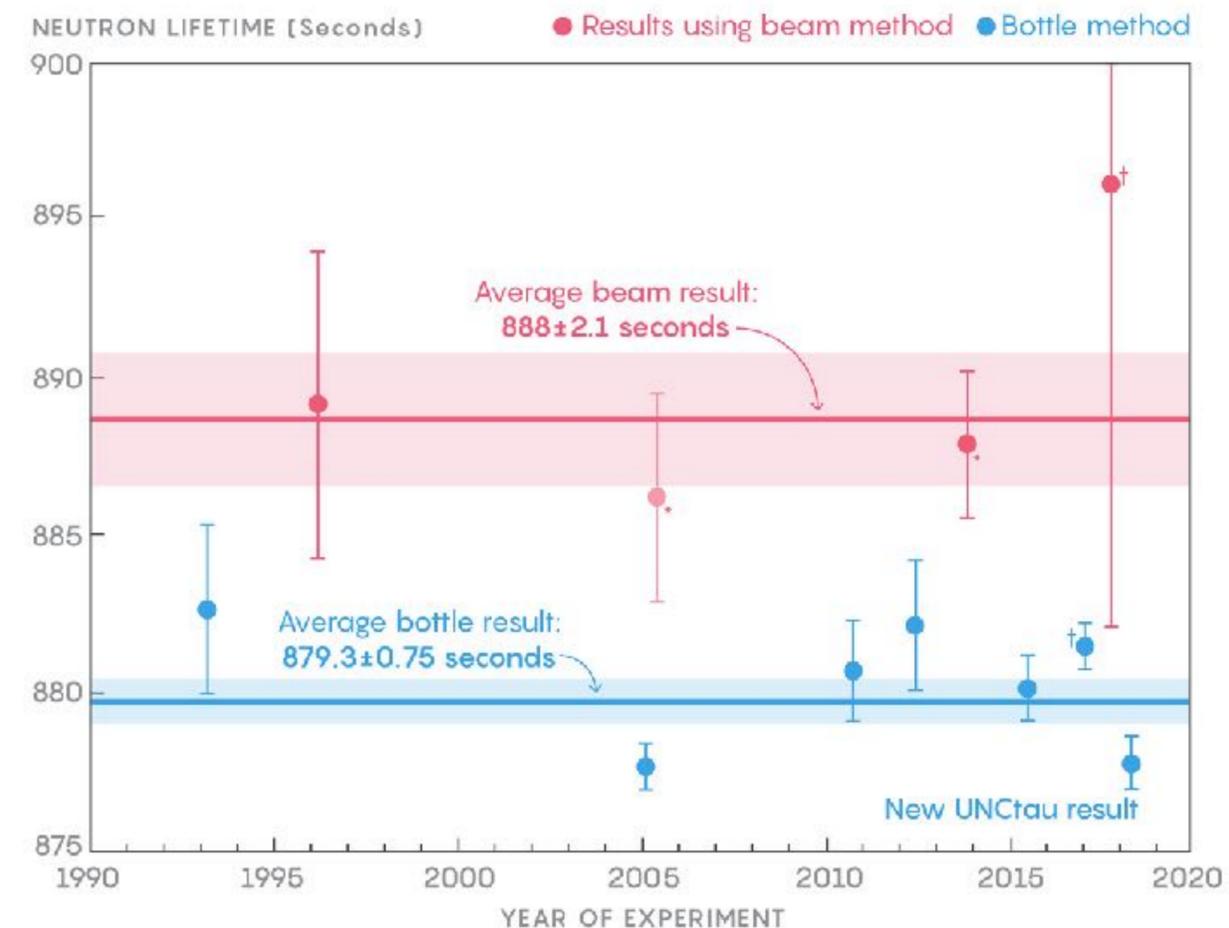
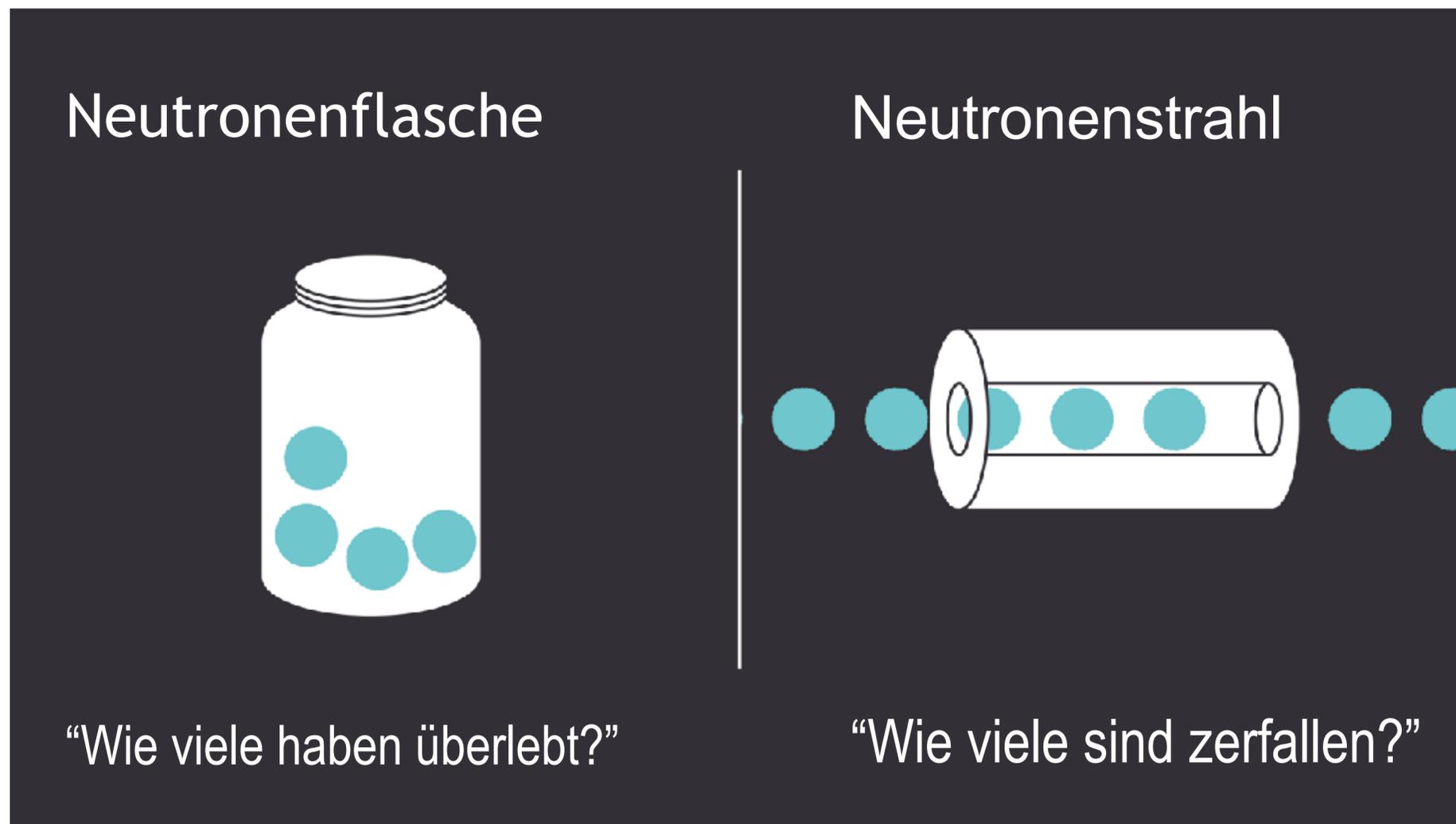
Felder für mögliche Themen einer Abschlussarbeit:

- Magnetfeldmessungen
- Reinstgassysteme



Neutronenlebensdauer tSPECT am TRIGA Mainz

Wie lange lebt das freie Neutron?



*Nico result (2005) was superseded by an updated and improved result, Yue [2013];

†Preliminary results

Experimentelle Unsicherheiten?
Neue Wechselwirkungen?
Neue Zerfallskanäle?

<https://www.quantamagazine.org/neutron-lifetime-puzzle-deepens-but-no-dark-matter-seen-20180213/>

Neutronenlebensdauer tSPECT am TRIGA Mainz

Flasche für ultrakalte Neutronen am TRIGA Reaktor Mainz

Flasche



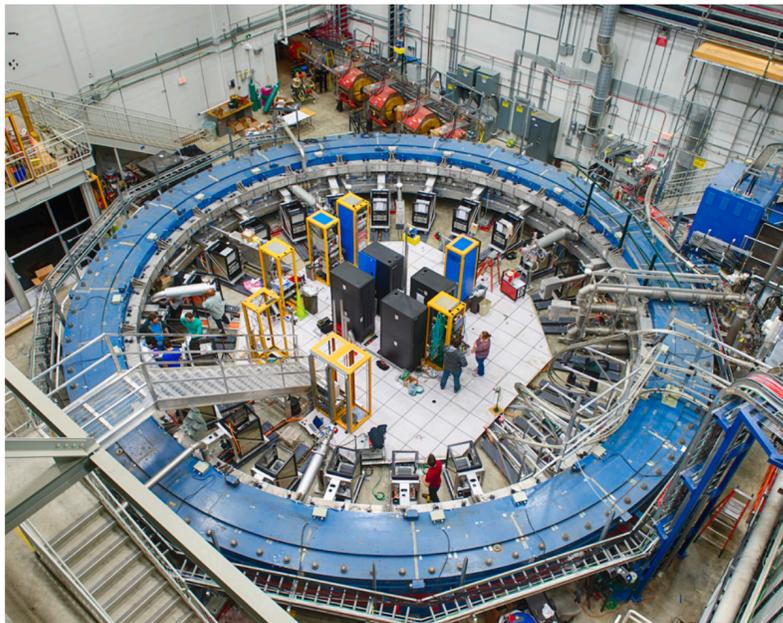
Experiment auf dem JGU Campus!
Nächste Strahlzeit: nächste Woche

Bereiche für Abschlussarbeiten

- Neutronendetektoren
- Neutronenleiter
- Simulationen von Neutronentrajektorien
- Mechanische Projekte
(nicht magnetische Bauweise)
- Datenanalyse
- Kernspinresonanz

Niederenergeteilchenphysik bietet spannende Projekte am Schnittpunkt...

... von Teilchen-, Kern-, und Atomphysik und häufig mit sehr internationaler Ausrichtung und Kollaboration!



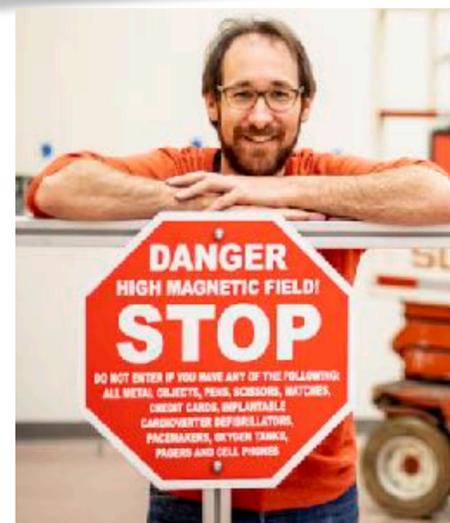
Sie haben Lust am Basteln und Tüfteln ...
Sie sind neugierig mehr über Neutronen, Neutrinos oder Muonen zu lernen ...
Sie arbeiten gern kollaborativ,...

... dann melden Sie sich bei uns!

Kontakt: Prof. Dr. Martin Fertl

jobs-agfertl@uni-mainz.de

<https://ag-fertl.physik.uni-mainz.de/>



M. Fertl - Mainz, 12. Juni 2020