

Bachelor- und Masterarbeiten am Felsenkeller-Labor (1)

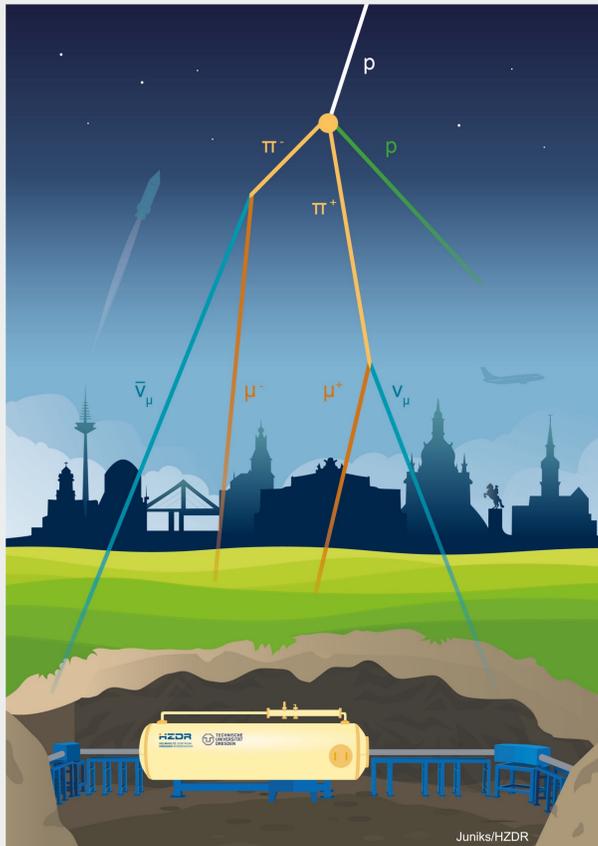


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

HZDR
HELMHOLTZ ZENTRUM
DRESDEN ROSSENDORF

Beschleuniger im Felsenkeller – Am Eiswurmlager 12 – 01189 Dresden – Aktualisiert im Dezember 2023

Der Untertage-Beschleuniger im Felsenkeller



Um die **Entstehung der chemischen Elemente** im Labor zu untersuchen, sind viel Geduld und eine untergrundarme Umgebung nötig. Das liegt daran, dass die entsprechenden Prozesse in Sternen wegen der elektrostatischen Abstoßung zwischen den Reaktionspartnern sehr selten sind.

Die Nukleare Astrophysik unter Tage hat sich zum Ziel gesetzt, die **Kernreaktionen im Urknall und in Sternen wie unserer Sonne** präzise zu beschreiben. Hierzu gibt es europaweit nur zwei Labors, eins in Italien tief im Gran-Sasso-Massiv und eins im Dresdner Felsenkeller.

Das Felsenkeller-Untertagelabor wurde 2019 gemeinsam von TU Dresden und HZDR in Betrieb genommen. Es beherbergt einen 5 MV Ionenbeschleuniger mit mehreren Versuchsaufbauten sowie Deutschlands rauschärmsten Radioaktivitätsmessplatz zum Nachweis geringster Aktivitäten, im Mikrobecquerel-Bereich.

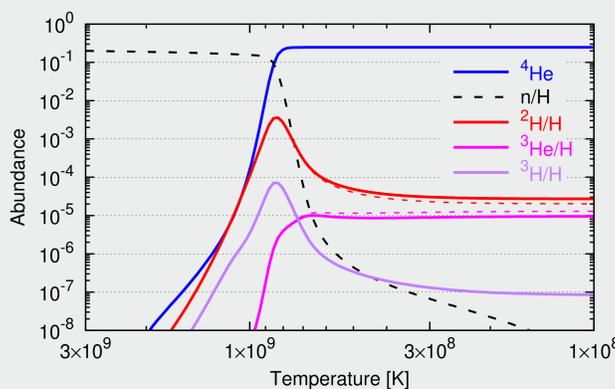
Am Felsenkeller können Studierende der TU Dresden **Master- und Bachelorarbeiten zu aktuell relevanten Forschungsfragen** anfertigen – sowohl experimentell im Labor als auch in der Datenanalyse oder mit computer-gestützten Simulationsrechnungen und Modellierungen.

Alle werden in ein **Team** von etwa 15 Personen eingebunden, das unterstützen und beraten kann. Bei Projekten zusammen mit **europäischen Partnern** ist in der Regel **englisch** die Arbeitssprache.

Neben Kenntnissen zu **Detektoren, Elektronik, Umgang mit Gasen und Vakuum** werden auch Erfahrungen mit aktueller **Auswertungssoftware** gewonnen.



Themengebiet: Kosmisches Deuterium



Häufigkeiten von ^2H und anderen Nukliden im heißen, frühen Universum als Funktion der Temperatur.

Das schwere Wasserstoffisotop ^2H ist der erste komplexe Atomkern, der ganz zu Beginn des Universums erzeugt wird. Das meiste ^2H wird gleich wieder verbrannt, bevor die ersten zehn Minuten des Universums um sind. Das wenige ^2H , das übrig bleibt, hängt direkt von einem der wichtigsten Parameter der Kosmologie ab, nämlich der kosmischen Baryonendichte.

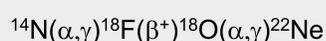
Um dieses Signal kalibrieren zu können, müssen die ^2H -zerstörenden Kernreaktionen präzise vermessen werden. Im Jahr 2020 gab es hierzu erste Daten vom italienischen Untertage-Beschleuniger LUNA.

Am Felsenkeller sollen diese Messungen zu höheren Energien erweitert werden. Hierzu werden in Zusammenarbeit mit Wissenschaftler:innen aus Italien und Ungarn ^2H -Targets mit Ionenstrahlen beschossen. Es wird eine spezielle, mit isotonenangereichertem ^2H gefüllte Gaszelle verwendet.

- Bachelorarbeit zu Tests verschiedener Eingangsfenster der ^2H - Gaszelle
- Bachelorarbeit zur Bestimmung der ^2H - Belegung des Targets mit Energieverlustmessungen

Themengebiet: Fusion von Helium in Sternen

Die Fusionsreaktionen von Helium in Sternen sind nicht nur für die Erzeugung der lebenswichtigen Elemente Kohlenstoff und Sauerstoff verantwortlich, sondern erzeugen mittels der Reaktionskette



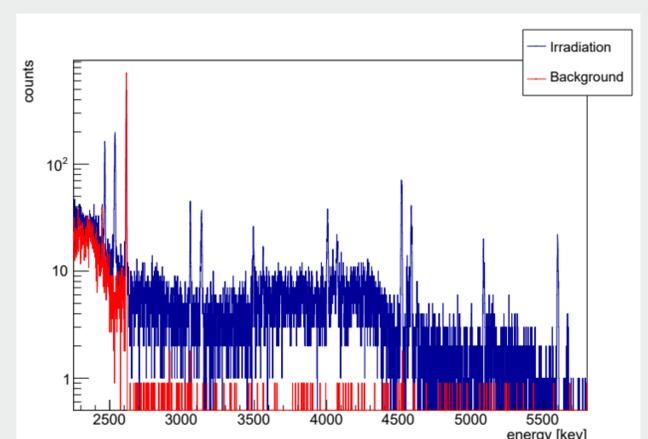
das stabile Neonisotop ^{22}Ne , das seinerseits ein wichtiger Baustein für viele weitere chemische Elemente ist.

Die Rate der ersten Reaktion der Kette, $^{14}\text{N}(\alpha,\gamma)^{18}\text{F}$, ist durch eine Reihe sogenannter Resonanzen bestimmt. Die Stärke dieser Resonanzen soll in Messungen mit Stickstofftargets und Gammadetektoren bestimmt werden. Hierzu wird der intensive ^4He -Ionenstrahl aus der Radiofrequenzquelle des

Felsenkeller-Beschleunigers eingesetzt.

Parallel wird auch die $^{15}\text{N}(\alpha,\gamma)^{19}\text{F}$ - Reaktion untersucht, die beim selteneren Stickstoffisotop ^{15}N startet und für die Produktion von Fluor mitverantwortlich ist.

- Bachelor- und Masterarbeit zur Bestimmung der $^{14}\text{N}(\alpha,\gamma)^{18}\text{F}$ - Resonanzstärken im Schwerpunktsenergiebereich von 0.5 – 1.5 MeV
- Bachelor- und Masterarbeit zur Bestimmung der $^{15}\text{N}(\alpha,\gamma)^{19}\text{F}$ - Resonanzstärken im Schwerpunktsenergiebereich von 0.5 – 1.5 MeV
- Bachelorarbeit zur komplementären Bestimmung einer Resonanzstärke mittels ^{18}F -Aktivierungsanalyse



Beobachtetes γ -Impulshöhenspektrum aus Testmessungen zur $^{14}\text{N}(\alpha,\gamma)^{18}\text{F}$ - Reaktion bei 1.5 MeV Schwerpunktsenergie.



Bachelor- und Masterarbeiten am Felsenkeller-Labor (2)

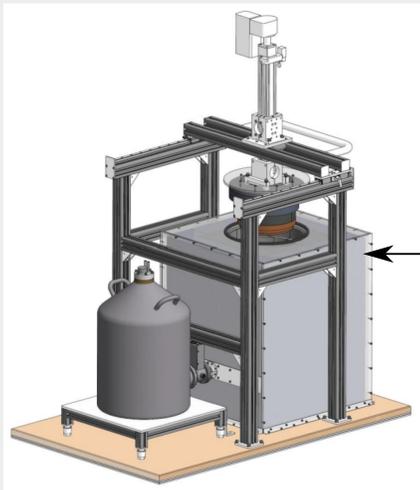


TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

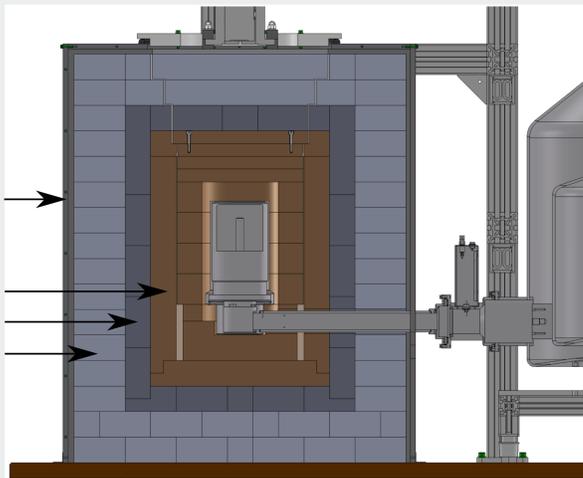
HZDR
HELMHOLTZ ZENTRUM DRESDEN ROSSENDORF

Beschleuniger im Felsenkeller – Am Eiswurmlager 12 – 01189 Dresden – Aktualisiert im Dezember 2023

Themengebiet: Radioaktivitätsmessungen im μBq -Bereich



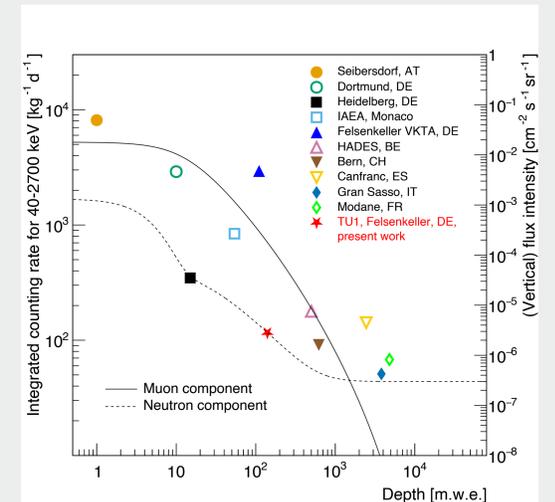
Anti-radon box
OFRP copper
Lead (2.5 Bq/kg)
Lead (21 Bq/kg)



Am Felsenkeller besteht seit diesem Jahr der empfindlichste Radioaktivitätsmessplatz in Deutschland, mit dem großen Reinstgermaniumdetektor „TU1“. Dieser Messplatz wird in seinem Untergrundwert zur Zeit weltweit nur noch von vier Labors übertroffen, die sich allesamt in erheblich größerer Tiefe unter Tage befinden.

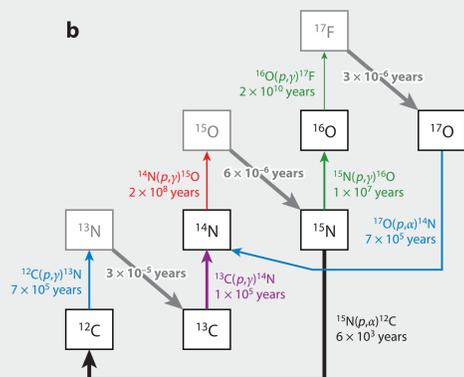
Für die Nutzung dieses Messplatzes sind rechnerisch bestimmte Detektorfunktionen (Efficiencies) erforderlich, die vor allem auch

Effekte in der zu untersuchenden Probe mit berücksichtigen. Hierfür liegt ein entsprechender Code vor, der allerdings angepasst und um Probengeometrien erweitert werden muss. Weiterhin ist experimentell zu untersuchen, inwieweit sich der Untergrund noch weiter verbessern lässt, indem bekannte Unvollkommenheiten der Abschirmung beseitigt werden.



- Bachelorarbeit (Programmierung) zur Anpassung der Detektorfunktion von „TU1“ für verschiedene Probengeometrien, am Beispiel von Gesteinsproben aus dem Deutschen Zentrum für Astrophysik.
- Bachelorarbeit (Experiment) zur Erweiterung des Myonvetos von „TU1“ um eine Abdeckung der oberen Szintillatorhalterung und der Photomultiplier.

Themengebiet: Fusion von Wasserstoff in der Sonne und in leichten Sternen



Wasserstoff-Fusion im Bethe-Weizsäcker-Zyklus und typische Zeiten für einzelne Schritte des Zyklus in der Sonne.

In der Sonne fusioniert Wasserstoff zu Helium. Neben der Proton-Proton-Kette, die diesen Prozess dominiert, spielt auch der Bethe-Weizsäcker-Zyklus eine Rolle. In Sternen, die etwas massereicher sind als die Sonne, ist der Bethe-Weizsäcker-Zyklus sogar vorherrschend.

Seine Rate wird von der $^{14}\text{N}(p,\gamma)^{15}\text{O}$ – Reaktion bestimmt. Diese Reaktion läuft sehr langsam ab und ist deswegen nur schwer zu untersuchen, da es nur wenige Signale aus ihr gibt. Eine neue Messung am LUNA-MV-Beschleuniger in Italien liefert bessere Daten zum Wirkungsquerschnitt, braucht aber zur

Interpretation auch Informationen zur γ -Winkelverteilung.

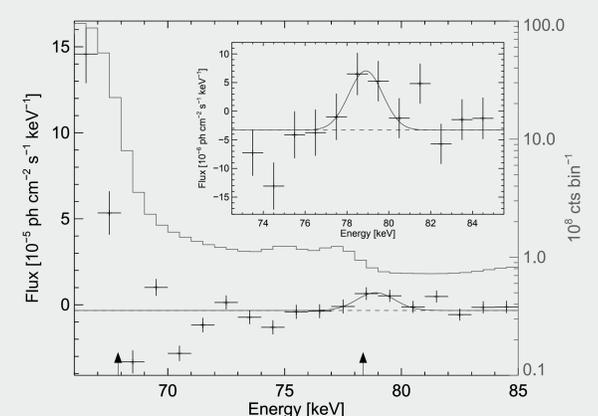
- Bachelor- und Masterarbeit zur Messung der γ -Winkelverteilung der $^{14}\text{N}(p,\gamma)^{15}\text{O}$ – Reaktion mit Protonenstrahl auf ein Titanitrid – Festkörpertarget.

Themengebiet: Radioaktives Titan-44 in unserer Milchstraße

Das Radionuklid ^{44}Ti ist mit seiner für astronomische Verhältnisse sehr kurzen Halbwertszeit von 60 Jahren gut geeignet, um Prozesse der Elemententstehung fast zeitgleich zu beobachten.

Insbesondere die Überreste der um das Jahr 1680 herum explodierten Supernova Cassiopeia A liefern hier interessante Daten, direkt aus unserer Milchstraße. Um sie zu interpretieren, müssen die wichtigsten Produktions- und Zerstörungsreaktionen von ^{44}Ti gut verstanden sein.

- Bachelorarbeit zur Bestimmung geringster Mengen (μBq) an ^{44}Ti in Proben aus einer Aktivierungsmessung am CENBG Bordeaux.
- Bachelor- und Masterarbeit zur Messung der Stärke der 2.8 MeV Resonanz in der $^{40}\text{Ca}(\alpha,\gamma)^{44}\text{Ti}$ – Reaktion.



Vom INTEGRAL-Satelliten aus beobachtetes γ -Spektrum des Supernova-Überrests Cassiopeia A (Siebert *et al.* 2015).