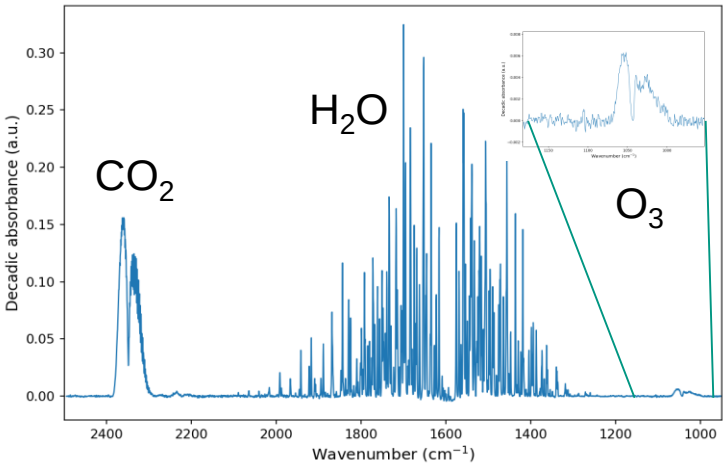
Experimentelle Untersuchung der druckabhängigen Produktions- und Zerfallsraten von Ozon zur Optimierung der in situ Dekontaminations- und Konditionierungsstrategien für KATRIN

Karlsruher Institut für Technologie

Bachelorarbeit am IAP-TLK

Motivation

Mit dem KATRIN-Experiment soll die absolute Neutrinomasse modellunabhängig bestimmt werden. Das Messprinzip basiert auf dem β-Zerfall von molekularem Tritium: Die während dem Zerfall freiwerdende Energie von etwa 18,6 keV wird auf das entstehende Elektron, Elektron-Antineutrino und das Molekül verteilt. Da Neutrinos nur schwer zu detektieren sind, wird stattdessen die kinetische Energie des Elektrons genau gemessen. Aus der Form des Spektrums nahe dem Endpunkt kann dann nach Fermis Goldener Regel die Neutrinomasse bestimmt werden. Die Messung geschieht mittels eines MAC-E-Filters, dessen Startpotential über die sogenannte „Rear Wall“ definiert wird. Die Rear Wall, so wie andere quellnahe Oberflächen, sind hierbei ständig Tritium ausgesetzt, wodurch die Oberflächen mit Tritium beladen werden. Der Zerfall von adsorbiertem Tritium hat eine andere Energiebilanz als molekulares Tritium in der Quelle und wirkt sich damit auf die Form des gemessenen β-Spektrums aus und führt so zu einem systematischen Fehler der Neutrinomassenmessung. Eine Möglichkeit, tritiierte Oberflächen zu dekontaminieren, besteht in der Exposition mit Ozon, das mit dem Tritium reagiert und es von den Oberflächen ablöst. Im Rahmen dieser Arbeit sollen an einem eigenständigen Aufbau hierzu Voruntersuchungen stattfinden, um so den Dekontaminationsvorgang bei KATRIN zu optimieren.



Ausschnitt eines infrarot Absorbanzspektrums des Zelleninhalts mit charakteristischen Absorptionsstrukturen hervorgerufen durch CO_2, H_2O und O_3.

Aufgabenstellung

Ziel der Arbeit ist die Erstellung eines empirischen Modells, welches die Druckabhängigkeit der Produktions- und Zerfallsraten von Ozon in einem mit KATRIN vergleichbaren Aufbau beschreiben kann. Dazu dient das bestehende UV-Ozon (UVO)-Experiment. Zunächst sollen hierfür die zur Verfügung stehenden Messsysteme, wie ein FTIR-Spektrometer, kalibriert werden. Nach der Kalibrierung werden die Systeme verwendet, um die Produktions- und Zerfallsraten in Abhängigkeit des Drucks zu untersuchen. Die so gewonnen Daten sollen dann genutzt werden um ein empirisches Modell zur Vorhersage dieser Raten zu entwickeln, das dann zur Optimierung der Dekontaminations- und Konditionierungsvorgängen von KATRIN genutzt wird.

KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft

Prof. Dr. Guido Drexlin — ETP
Dr. Robin Größle — IAP-TLK
Dominic Batzler — IAP-TLK

Je nach Voranschreiten der Arbeit gibt es noch optionale Aufgaben.
Speziell der Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Produktions- und Vernichtungsraten von Ozon sind von besonderem Interesse. Zudem sind Untersuchungen zur Beladung des Aufbaus mit Wasser, Wasserstoff, sowohl mit als auch ohne Deuterium zur Untersuchung von Isotopeneffekten möglich.

Gliederung der Bachelorarbeit

Einarbeitungsphase: KATRIN Neutrinomassenmessung, Grundlagen zu Vakuumtechnik, Einarbeitung in die Literatur, (FTIR-) Spektroskopie, Auswertemethoden von Spektren

Danach soll ein Antrittsvortrag gehalten werden.

Experimentelle Phase:

- Kalibrieren der Messinstrumente
- Durchführen der Ozonmessungen bei verschiedenen Drücken und Zelleninhalten
- Auswerten der Spektren
- Empirische Modellierung der Produktions- und Zerfallsrate anhand der gemessenen Daten

Schreibphase: Erstellung der Bachelorarbeit (Umfang max. 35 Seiten).

Abschlussvortrag: Nach Abgabe der Arbeit

Grundlegende Themengebiete

- Astroteilchenphysik
- Spektroskopie
- Molekülphysik und physikalische Chemie
- Automatisierte Datenauswertung (z.B. Python)
- Wissenschaftliches Arbeiten und Kommunikation der Ergebnisse

Was hilfreich ist

- Motivation, Erfahrung im Labor zu sammeln
- Lust darauf, unbekannte Fragestellungen aktiv zu beantworten

Wissenschaftliche Betreuung:

Prof. Dr. Guido Drexlin guido.drexlin@kit.edu
Dr. Robin Größle robin.groessle@kit.edu
Dominic Batzler dominic.batzler@kit.edu

Beginn: nach Absprache
Die Bachelorarbeit wird am IAP-TLK auf dem Gelände des Campus Nord durchgeführt.