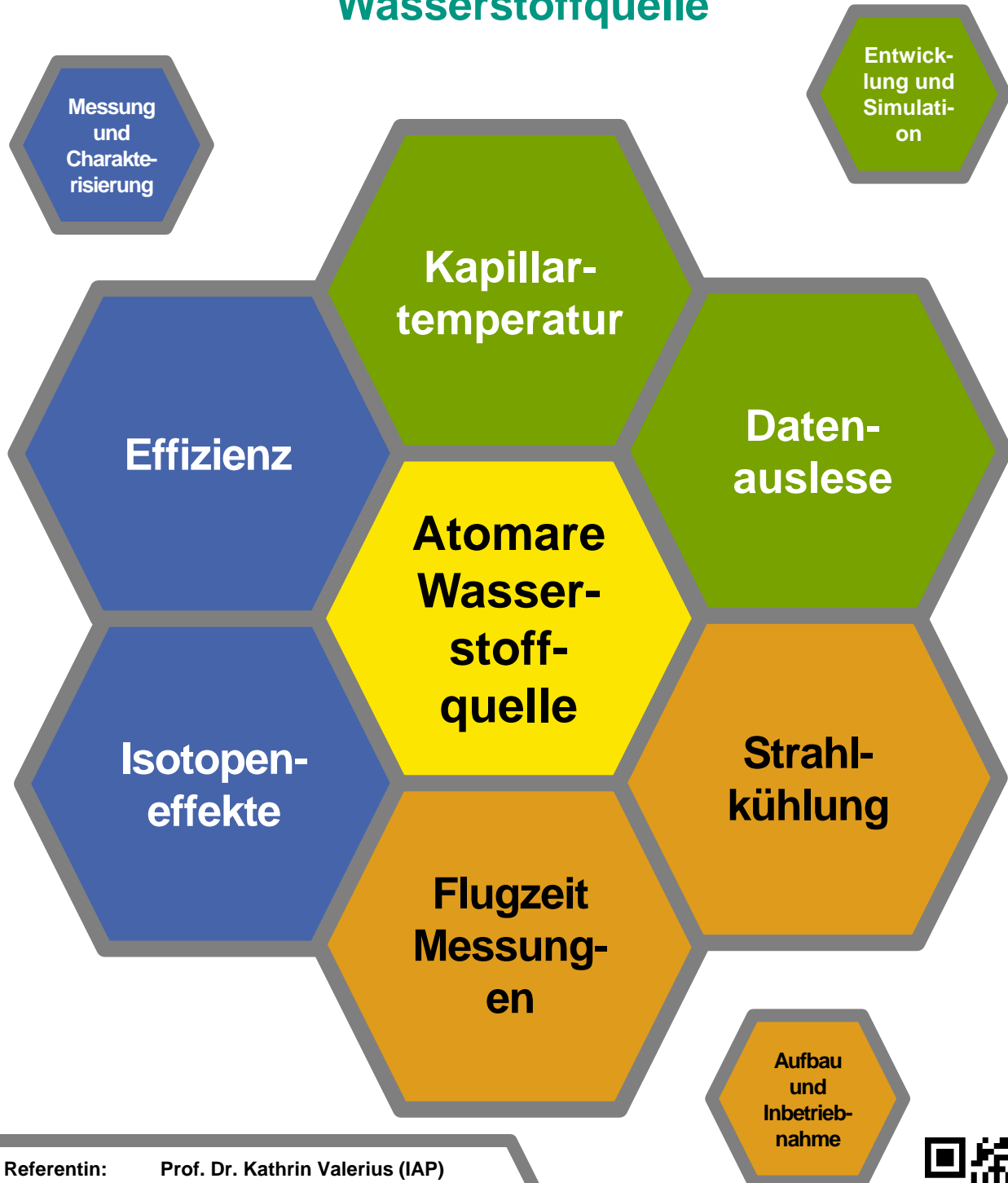


Abschlussarbeiten am IAP-TLK

Entwicklung und Charakterisierung einer Atomaren Wasserstoffquelle



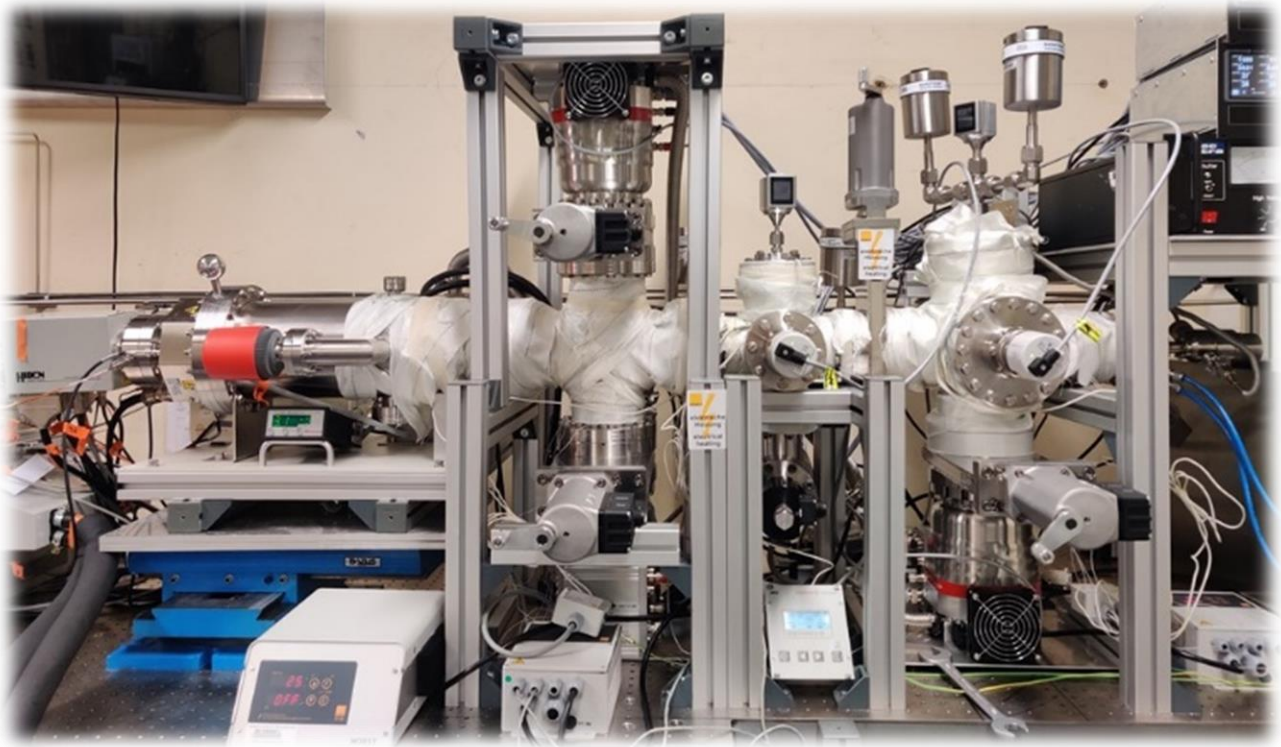
Referentin: Prof. Dr. Kathrin Valerius (IAP)
kathrin.valerius@kit.edu

Betreuer: Dr. Magnus Schlösser (IAP-TLK)
magnus.schloesser@kit.edu
Leonard Hasselmann (IAP-TLK)
leonard.hasselmann@kit.edu



Abschlussarbeiten am IAP-TLK

Entwicklung und Charakterisierung einer Atomaren Wasserstoffquelle



Experimentelles Umfeld der Abschlussarbeit

Die Arbeit findet im Tritiumlabor Karlsruhe (TLK) des Instituts für Astroteilchenphysik (IAP) im Umfeld des KATRIN Experiments statt. Die Neutrinomassenbestimmung mit molekularem Wasserstoff erfordert ein exaktes Verständnis der molekularen Anregungen, welche die Form des β -Spektrums im Endpunktbereich beeinflussen. Letztendlich limitiert jedoch die Breite der molekularen Endzustände die erreichbare Sensitivität. Um dieses Limit zu umgehen wird an atomaren Wasserstoffquellen für die nächste Generation von Neutrinomassenexperimenten geforscht.

Wissenschaftliches Umfeld der Abschlussarbeit

Kommerziell verfügbare atomare Wasserstoffquellen (AHS) werden unter anderem in der Halbleiterindustrie eingesetzt. Weder sind diese Quellen aber ausreichend charakterisiert um damit ein Quellsystem für zukünftige Experimente entwerfen zu können, noch existieren wissenschaftliche Daten für den Betrieb mit Tritium. Deshalb wird am TLK eine solche AHS in einem Teststand betrieben. Es sind verschiedene Systeme verbaut, um die Strahlgeometrie, den atomaren Anteil und Isotopeneffekte zu untersuchen. Dies sind wichtige Schritte auf dem Weg zu einer atomaren Tritiumquelle (ATS).

Abschlussarbeiten am IAP-TLK

Entwicklung und Charakterisierung einer Atomaren Wasserstoffquelle

Messung der Isotopeneffekte einer atomaren Wasserstoffquelle

Der aktuelle Aufbau ist in der Lage sowohl Protium (H_2), als auch das schwerere Wasserstoffisotop Deuterium (D_2) zu dissoziieren. Derzeit wird ein weiterer Aufbau geplant, der zusätzlich Tritium (T_2) handhaben kann. Das Verhalten dieser verschiedenen Isotope ist ein wichtiger Gesichtspunkt in der Entwicklung einer atomaren Tritiumquelle für zukünftige Neutrinomassenexperimente. Diese Isotopeneffekte können beispielsweise unterschiedliche Dissoziationsenergien oder Strömungsverhalten in der Quelle sein und sind bisher nicht untersucht worden.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen Isotopeneffekte beim Betrieb der atomaren Wasserstoffquelle experimentell untersucht werden. Die Zusammensetzung des Atomstrahls wird mittels eines Massenspektrometers bestimmt und Einflussfaktoren auf die atomare Zusammensetzung beim Betrieb mit Protium und Deuterium identifiziert und quantifiziert. Ziel dieser Messungen ist es, Isotopeneffekte zu quantifizieren und erste Extrapolationen für einen späteren Betrieb mit Tritium – unter Vernachlässigung radiochemischer Effekte – zu treffen.

Charakterisierung eines Massenspektrometers zur Bestimmung der Effizienz einer atomaren Wasserstoffquelle

Zur Vermessung der Strahlintensität und des atomaren Anteils an Teilchen im Strahl der AHS wird ein Quadrupol Massenspektrometer (QMS) genutzt. Der atomare Anteil wird aus den Massenverhältnissen der unterschiedlichen Spezies bestimmt. Die Massendifferenzen mancher Spezies, wie z.B. D_2 und He oder H_2 und D, liegen im Bereich von einigen 10^{-3} u. Dies kann von herkömmlichen QMS nicht aufgelöst werden und verfälscht somit die oben beschriebenen Verhältnisse. Am TLK stehen jedoch zwei Systeme mit einer hohen Massenauflösung zur Verfügung, die den Herstellern zu Folge ausreichend ist, diese Massenunterschiede aufzulösen.

Im Rahmen dieser Arbeit soll untersucht werden, inwieweit es möglich ist, Spezies ähnlicher Masse zu unterscheiden und inwieweit die Massenspektren beider Systeme untereinander vergleichbar sind. Ausgehend hiervon soll die Effizienz, also der atomare Anteil und der atomare Fluss des Strahls, bestimmt werden.

Entwicklung einer Datenauslese für die Atomare Wasserstoffquelle

Der aktuelle Aufbau verwendet eine Vielzahl verschiedener Sensoren (u.a. Druck, Temperatur, Durchfluss), um den Systemzustand zu protokollieren und den Atomstrahl zu vermessen. Bisher werden die Daten über verschiedene Wege gesammelt und archiviert.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Framework zur Datenauslese zu entwickeln, dass diese Aufgabe automatisiert. Die Daten sollen in einer zentralen Datenbank gesammelt und für eine spätere Analyse gespeichert werden. Für verschiedene Messgrößen, wie bspw. den atomaren Anteil im Strahl, soll des weiteren eine Echtzeitanalyse ermöglicht und dargestellt werden.

Referentin: Prof. Dr. Kathrin Valerius (IAP)
kathrin.valerius@kit.edu

Betreuer: Dr. Magnus Schlösser (IAP-TLK)
magnus.schloesser@kit.edu
Leonard Hasselmann (IAP-TLK)
leonard.hasselmann@kit.edu

Aufbau eines Systems zur Strahlkühlung einer Atomaren Wasserstoffquelle

In der verwendeten Wasserstoffstrahlquelle wird molekularer Wasserstoff in einer etwa 2500 K heißen Kapillare thermisch dissoziiert und anschließend ein Strahl geformt. Die Teilchen in diesem Strahl stehen bei dieser Reaktion im thermischen Gleichgewicht mit der Kapillaren und sind dementsprechend schnell. Für einen Einsatz einer atomaren Quelle in KATRIN werden jedoch langsame und somit kalte Atome benötigt. Deshalb soll in einem weiteren Schritt der Strahl auf eine Temperatur von etwa 100 K gekühlt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit soll System zur Strahlkühlung aufgebaut und in Betrieb genommen werden. Dieses System wurde in einer vorangegangenen Arbeit konstruiert und simuliert. Der Entwurf nutzt Kaltgas (Stickstoff) um einen s.g. accommodator zu kühlen, durch den der Strahl geführt und durch Wandwechselwirkung gekühlt wird. Die Strahltemperatur soll mittels Flugzeitmessungen bestimmt. Aus diesen Messungen soll die Kühlleistung des Systems sowohl mit Protium, als auch mit Deuterium quantifiziert werden.

Bestimmung der Kapillartemperatur einer Atomaren Wasserstoffquelle

Für die Effektivität der thermischen Dissoziation von Wasserstoff hat die Temperatur der Kapillare einen entscheidenden Einfluss. Bei dem verwendeten System wird jedoch nicht die Temperatur der Kapillare, sondern vielmehr die Heizleistung geregelt. Ein Temperaturfühler in der Nähe der Kapillare lässt lediglich Rückschlüsse auf die Reproduzierbarkeit zu.

Im Rahmen dieser Arbeit soll die Kapillartemperatur in Abhängigkeit der Heizleistung mittels eines Pyrometers untersucht werden. Der Emissionskoeffizient der Kapillare soll in einem separaten Versuch mittels eines beheizbaren Probenhalters bestimmt werden. Dieser erlaubt es, die Kapillare auf eine festgelegte Temperatur aufzuheizen. Der Koeffizient wird dann aus Vergleichsmessungen mit dem Pyrometer bestimmt.

Bestimmung der Strahltemperatur einer Atomaren Wasserstoffquelle mittels Flugzeit Messungen

Für die Entwicklung eines Systems zur Strahlkühlung ist die Kenntnis der Strahltemperatur an jedem der einzelnen Kühschritten notwendig. Der Atomstrahl kann als ideales Gas angenommen, wodurch die Bestimmung der Temperatur durch Messung der Geschwindigkeitsverteilung der Teilchen im Strahl möglich ist. Zur Messung dieser Verteilung wurden in einer vorangegangenen Masterarbeit einer Methode mittels Flugzeit Messungen entwickelt und simuliert.

Die Aufgabenstellung in dieser Arbeit ist, ein UHV taugliches System für diese Methode zu entwickeln und mit Messungen die Strahltemperatur der atomaren Wasserstoffquelle zu bestimmen.