

Eignungsnachweis eines Turbokompressors für die Heliumförderung

Problemstellung

Im Experiment „Mu3e“ wird nach dem Zerfall eines Myons in ein Elektron und zwei Positronen gesucht. Dieser Zerfall würde eine Verletzung des Standardmodells der Teilchenphysik aufweisen. In diesem Experiment werden Myonen auf ein Target geschossen und mit Silizium-Detektoren mit hoher Impuls- und Ortsauflösung die Spuren der Myonen-Zerfälle rekonstruiert. Die Silizium-Detektoren sind zylinderförmig in einer äusseren und inneren Schicht angeordnet (siehe Abbildung 1) und weisen eine Wärmeabgabe von rund 400 mW/cm² auf. Mittels einer Spaltströmung zwischen den zwei Schichten soll diese Wärme abgeführt werden. Dabei wird mit Helium gekühlt, da dieses die Messungen des „Mu3e“-Experiment wenig beeinflusst.

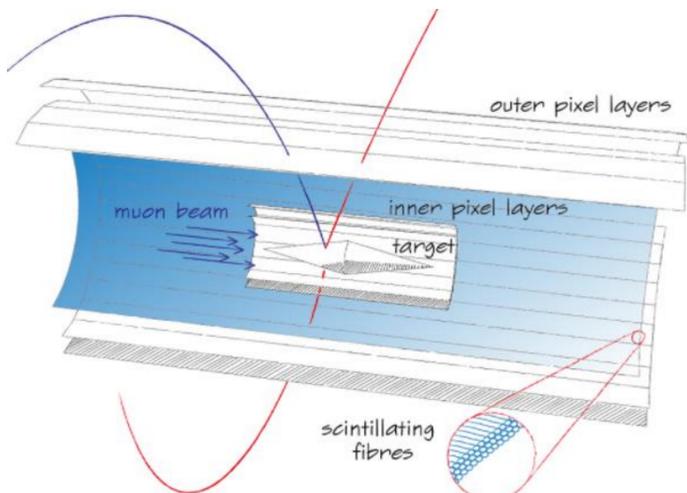


Abbildung 1: Schematische Darstellung des „Mu3e“-Experiments
[Quelle: www.psi.ch/en/mu3e]

Versuchsaufbau

Für die Kühlung der Silizium-Detektoren muss ein Versuchsaufbau realisiert werden, welcher mit einem Turbokompressor der Firma Celeroton betrieben werden soll. Dieser Turbokompressor muss auf die Eignung zur Heliumförderung getestet werden. Durch die geringe Dichte von Helium wird ein Radialverdichter verwendet, da Radialverdichter höhere Druckverhältnisse aufweisen und die Verdichtung von Helium sich schwierig gestaltet. Das Konzept des Helium-Kühlkreislaufes ist in Abbildung 2 ersichtlich.

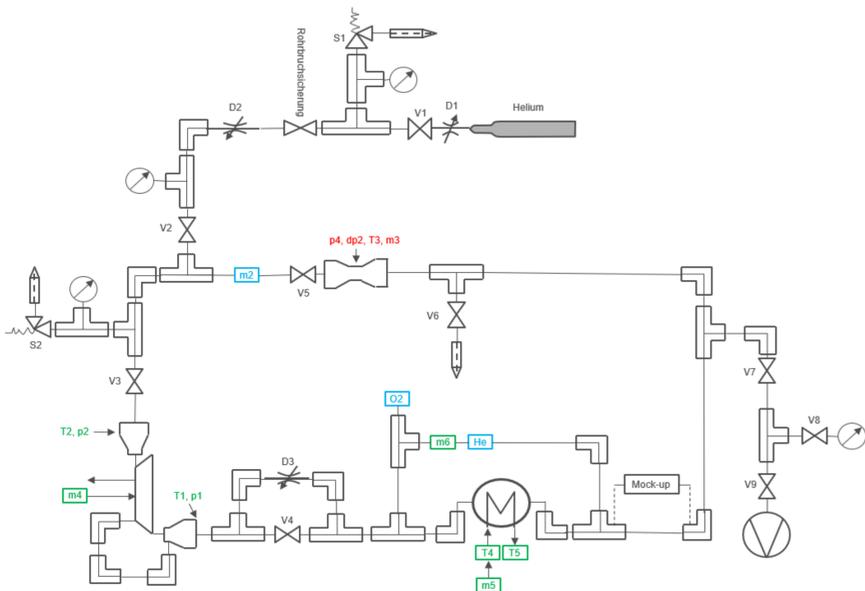


Abbildung 2: Konzept des Helium-Kühlkreislaufes

Studiengang / Semester: Maschinenbau FS20

Diplomand: Kevin Malacrida

Auftraggeber: Paul Scherrer Institut, Dr. Frank Meier

Experte: Janpeter Kühnel

Dozent: Prof. Dr. Beat Ribi, beat.ribi@fhnw.ch

Da Helium sehr schnell diffundiert, wird für den Versuchsaufbau Komponenten von Swagelok verwendet, da dessen Befestigungskonzept eine hohe Dichtigkeit aufweist. Im Versuchsaufbau werden die Temperaturen durch Thermolemente, der Massenstrom über ein T-Mass, die Drücke durch Absolutdrucksensoren und der Heliumgehalt mit einem Binary Gas Analyzer gemessen. Mit diesen Messgeräten kann das Verdichterkennfeld aufgenommen werden.

Validierung

Mittels Querschnitts- und Drehzahlvariation resultieren verschiedene Massenströme sowie Druckverhältnisse. Damit konnten die Verdichterkennfelder, welche in Abbildung 3 und 4 ersichtlich sind, aufgenommen werden.

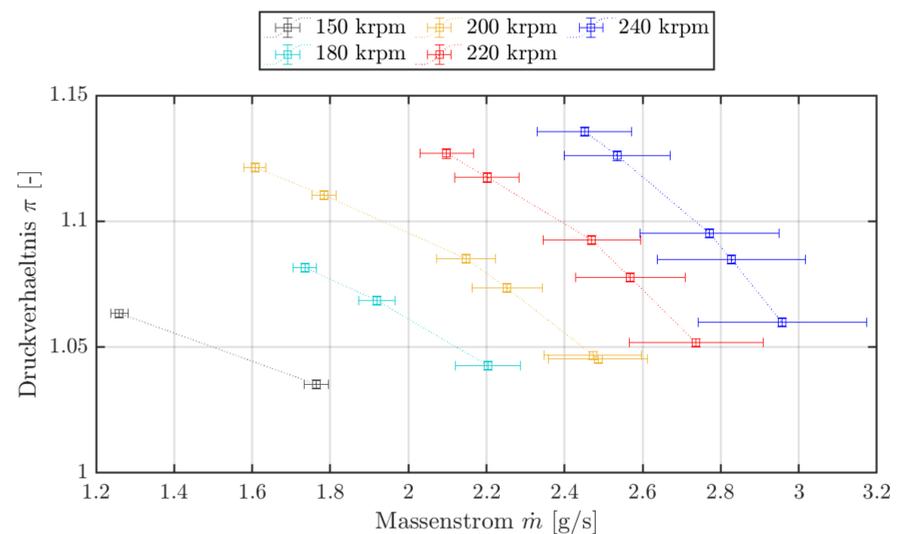


Abbildung 3: Verdichterkennfeld Massenstrom zu Druckverhältnis

In der Abbildung 3 ist der Massenstrom zum Druckverhältnis aufgezeigt. Zudem sind die Standardmessunsicherheiten nach GUM eingezeichnet.

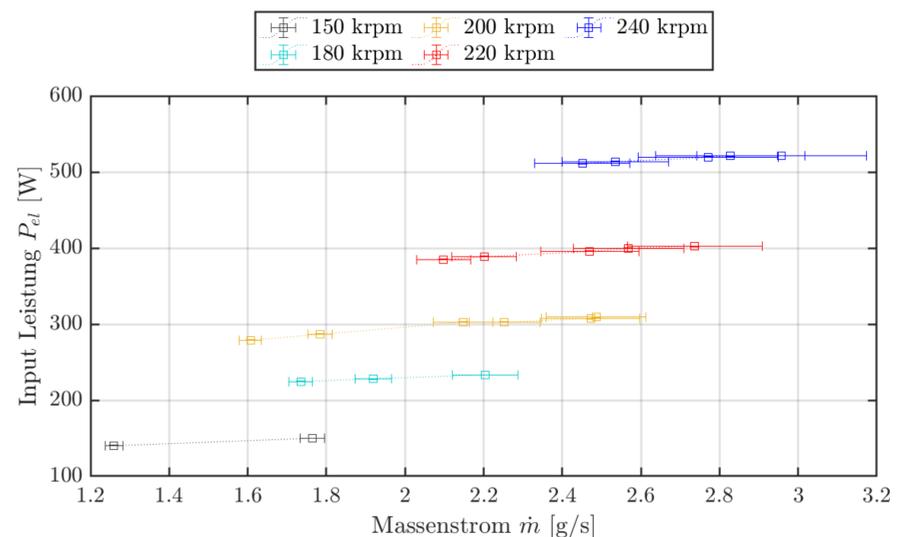


Abbildung 4: Verdichterkennfeld Massenstrom zu Leistung

In der Abbildung 4 ist der Massenstrom zur elektrischen Eingangsleistung dargestellt.

Fazit

Die Anforderungen des PSI an den Turbokompressor sind, bei einem Massenstrom von rund 2 g/s ein Druckverhältnis von 1.1-1.2 zu erreichen. Wie in Abbildung 3 zu erkennen ist, liegen die Messungen einigermaßen im Bereich dieser Vorgaben. Somit ist der Eignungsnachweis des Turbokompressors für die Heliumförderung erfüllt und dessen Einsatz im Helium-Kühlkreislauf des „Mu3e“-Experiments möglich.