

DISS. ETH NR. 23671

The Source for Ultracold Neutrons
at the Paul Scherrer Institute

—

Characterisation, Optimisation, and
International Comparison

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER WISSENSCHAFTEN

der

ETH ZÜRICH

(Dr. sc. ETH Zürich)

vorgelegt von

Dieter Achim Ries

MSc ETH Physik, ETH Zürich

geboren am 08.12.1986

aus Deutschland

Angenommen auf Antrag von

Prof. Klaus Kirch

Prof. Günther Dissertori

Dr. Bernhard Lauss

2016

Abstract

The source for ultracold neutrons (UCN) at the Paul Scherrer Institute (PSI) is in regular operation since 2011. This work describes characterisations and optimisations done since beginning of proton accelerator operation in 2012. A description of parts of the UCN source relevant to this work is given first, followed by several measurements of the performance of individual sub-systems. These characterisation measurements are important in order to verify calculations and models of the source operation.

Since 2012 the number of UCN produced per unit time at the UCN source has approximately doubled. Multiple optimisations, both to the performance of the UCN source and to the environment for users are described in this thesis.

At the time of this writing, the PSI UCN source is one of five operating general purpose UCN sources. Prior to this work, no quantitative comparison of these sources had been done. A robust and mobile setup for the determination of UCN densities available to experiments at a given UCN source, one of the most important benchmark parameters of any UCN source, was developed and is described and characterised in this work. Using this setup, a world-wide comparison of all operating UCN sources was performed in 2015, which is also documented in this work.

Zusammenfassung

Die Quelle für ultrakalte Neutronen (UCN) am Paul Scherrer Institut (PSI) ist seit 2011 in Betrieb. In dieser Arbeit werden Charakterisierungen und Optimierungen seit Beginn des Beschleunigerbetriebs 2012 beschrieben. Zuerst wird eine Beschreibung von für diese Arbeit relevanten Teilen der UCN Quelle gegeben, gefolgt von der Beschreibung mehrerer Charakterisierungsmessungen individueller Subsysteme der Quelle. Diese Charakterisierungsmessungen sind wichtig um Berechnungen und Modelle des Quellenbetriebs zu verifizieren.

Seit 2012 hat sich die Anzahl der pro Zeit produzierbaren UCN der Quelle etwa verdoppelt. Mehrere Optimierungen, sowohl der Quelle selbst als auch der Benutzerumgebung der Quelle, werden in dieser Dissertation beschrieben.

Zur Zeit der Abfassung dieser Dissertation ist die UCN Quelle am PSI eine von fünf in Betrieb befindlichen, allgemein zugänglichen UCN Quellen. Vor dieser Arbeit ist kein quantitativer Vergleich dieser Quellen vorgenommen worden. Ein robuster und transportabler Aufbau zur Ermittlung der UCN Dichte, die an einer Quelle zur Verfügung steht wurde im Rahmen dieser Arbeit entwickelt, beschrieben und charakterisiert. Die UCN Dichte in experimenten ist eines der wichtigsten Vergleichskriterien von UCN Quellen. Mit diesem Aufbau wurden im Jahr 2015 alle in Betrieb befindlichen UCN Quellen weltweit verglichen. Diese Vergleichsmessungen sind auch in dieser Arbeit dokumentiert.