

Ralf Engels: Entwicklung eines universellen Lambshift-Polarimeters für polarisierte Atomstrahl-Targets wie an ANKE/COSY. 2002

Seit 1994 wurde am Institut für Kernphysik der Universität zu Köln ein Lambshift-Polarimeter (LSP) konzipiert, entwickelt und getestet mit dem Ziel, die Polarisation von Atomstrahlen schnell und mit hoher absoluter Genauigkeit zu messen. Als universelles Polarimeter kann es bei der Entwicklung von Atomstrahlquellen für polarisierte Ionen (z.B. im Kölner SAPIS-Projekt) wie auch von Atomstrahltargets (in Form von Jets oder mit Speicherzellen, wie z. B. an COSY-Jülich) eingesetzt werden.

Das Lambshift-Polarimeter wurde in Köln an einem Strahl unpolarisierter Protonen und Deuteronen und seit Anfang 2001 am polarisierten Strahl aus Wasserstoff- und Deuteriumatomen des ANKE-Atomstrahltargets am Institut für Kernphysik des Forschungszentrums Jülich getestet (ANKE = Apparatus for Nucleon and Kaon Ejectiles). Dieses soll ab dem Jahr 2003 als internes polarisiertes Speicherzellen-Gastarget im Speicherring COSY (Cooler Synchrotron) eingesetzt werden.

Das Polarimeter basiert auf der Messung der Intensitätsverhältnisse der Lyman- α -Übergänge bei Stark-Quenching von metastabilen Atomen, deren Zeeman-Zustände der Hyperfeinstruktur mit einem Spinfilter selektiert werden. Die Kernspinpolarisation eines Atomstrahls wird dann unter Berücksichtigung eines Produktes aus mehreren Korrekturfaktoren, die durch bekannte Effekte hervorgerufen werden, berechnet. Der Gesamt-Korrekturfaktor liegt zwischen 1.1 und 1.2, je nach der Besetzung der Zeeman-Niveaus der Hyperfeinstruktur im Atomstrahl. Damit kann die Polarisation eines Atomstrahls aus Wasserstoff oder Deuterium mit einer Intensität von 3×10^{16} Atomen/s innerhalb von wenigen Sekunden mit einer Genauigkeit $\leq 1\%$ gemessen werden. Dieser Fehler wird vom systematischen Fehler der einzelnen Korrekturfaktoren dominiert und kann durch einen weiterentwickelten Ionisierer in naher Zukunft auf $\approx 0.5\%$ gesenkt werden.

Die Empfindlichkeit des Polarimeters reicht aus, um bei einer auf 10% reduzierten Strahlintensität die Polarisation noch messen zu können. Mit dem neuen Ionisierer sollten bereits $\leq 3\%$ der Strahlintensität genügen. Mit dieser Empfindlichkeit erscheint es möglich, die Polarisation in der für ANKE geplanten Speicherzelle durch Entnahme eines kleinen Anteils der Atome zu messen.

Neben der Polarisationsmessung in der Speicherzelle ist geplant, den Anteil der rekombinierten Moleküle H_2 und vor allen Dingen D_2 und deren Kernspinpolarisation in einer solchen Zelle zu messen (CELGAS-Projekt). In Köln ist der Einsatz eines LSP bei der Entwicklung einer Atomstrahlquelle im Rahmen des SAPIS-Projektes (Stored Atoms Pulsed Ion Sources) geplant. Das Lambshift-Polarimeter bietet sich generell als ein hervorragendes Instrument für alle polarisierten Gastargets in Speicherringen an.

Since 1994 a Lamb-shift polarimeter (LSP) for the fast and precise measurement of the polarization of an atomic beam was designed, built and tested at the Institut für Kernphysik of the Universität zu Köln. This universal polarimeter can be used to develop an atomic beam polarized ion source (like for the Cologne SAPIS project) or to measure the polarization of atomic beam targets (jet or storage cell targets, e. g. at COSY-Jülich).

This Lamb-shift polarimeter was tested with an unpolarized beam of protons and deuterons at Cologne and, since the beginning of 2001, at the Forschungszentrum (FZ) Jülich with the polarized atomic hydrogen and deuterium beams from the atomic beam source of the polarized gas target at ANKE (Apparatus for Nucleon and Kaon Ejectiles). This polarized internal storage-cell gas target will be used in the storage ring COSY (Cooler Synchrotron) in 2003.

The polarimeter is based on measuring the ratios of Lyman- α transitions intensities after Stark quenching of spinfilter selected Zeeman hyperfine states. The nuclear polarization of the atomic beam is deduced by applying the product of several correction factors calculated from known effects. The total correction amounts to between 1.1 and 1.2 depending on the occupation numbers of the hyperfine states. The nuclear polarization of atomic beams of hydrogen or deuterium is determined with an

accuracy of $\leq 1\%$ within a few seconds for beams of $\sim 3 \times 10^{16}$ atoms/s in one hyperfine state. Its error is dominated by the systematic errors of the various correction factors and will be lowered to $\approx 0.5\%$ using a recently developed new ionizer.

The sensitivity of the polarimeter is such that even for a beam intensity reduced to 10% the polarization could be determined reliably. The new ionizer will lower this sensitivity limit to $\leq 3\%$. With this sensitivity it appears feasible to measure the polarization in the planned storage cell at ANKE by extracting a small fraction of the atoms.

In addition to these studies of the (de)polarization in a storage cell plans are to study the polarization and fraction of recombined molecules H_2 and especially D_2 in such a cell (CELGAS project). At Cologne the LSP will be used to develop the atomic beam source for the SAPIS project (Stored Atoms Pulsed Ion Source). The LSP offers itself as a very good instrument for all polarized gas target installations at storage rings.