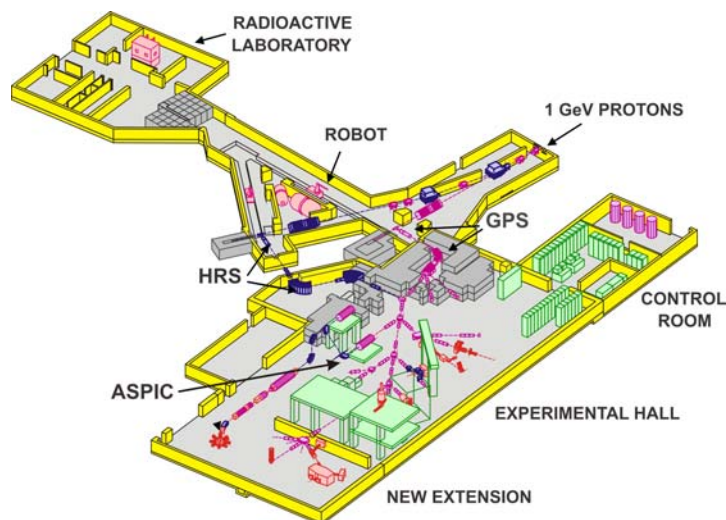


## 4. Standorte der Messapparaturen

In diesem Abschnitt werden die Standorte der Messapparaturen vorgestellt. Im Einzelnen wird kurz auf den Massenseparator ISOLDE, sowie auf das Ionen-Strahl-Labor (ISL-Berlin) eingegangen, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit genutzt wurden.

### 4.1. Der Massenseparator ISOLDE

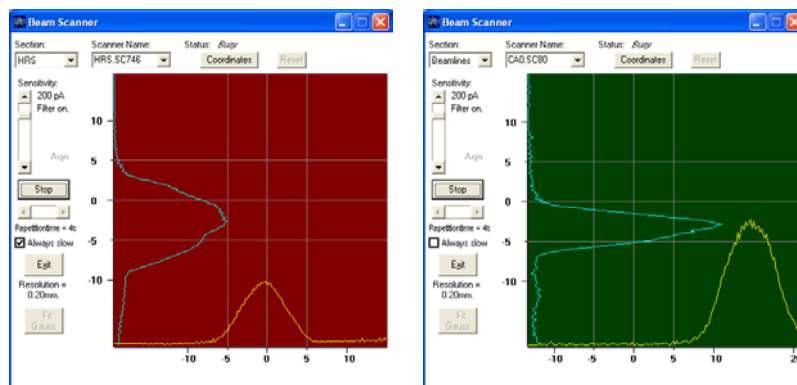
Für die Durchführung von Untersuchungen an Oberflächen im UHV ist neben der Reinheit der Probenoberflächen auch die Reinheit der auf die Oberflächen aufgebrauchten Sondenatome wesentlich. Von einem Massenseparator können radioaktive Sondenatomkerne in hoher Reinheit geliefert werden. Die UHV-Kammer ASPIC befindet sich seit 1994 am Massenseparator ISOLDE des Europäischen Labors für Elementarteilchenphysik CERN in Genf. Sie ist über ein Strahlrohrsystem mit den beiden Separatoren der ISOLDE, dem GPS und HRS, verbunden. Der Massenseparator stellt ein breites Spektrum von radioaktiven Sonden (mehr als 600 Isotope von über 60 Elementen) zur Verfügung, die durch Kernreaktionen erzeugt werden. Durch den kurzen Weg zwischen Produktion und Verwendung der Sonden ist auch die Nutzung kurzlebigerer Isotope wie  $^{111\text{m}}\text{Cd}$  ( $t_{1/2} = 49$  min) möglich. Radioaktive Isotope werden durch Bestrahlung eines auswechselbaren Targets (z.B. Tantal, flüssiges Zinn, Calciumoxid oder Urancarbid) mit einem gepulsten Protonenstrahl der Energie 1 GeV und einem durchschnittlichen Strom von  $2.1 \mu\text{A}$  erzeugt. Sie werden dann bis auf 60 keV beschleunigt und anschließend im Magneten des Massenseparators getrennt.



**Abbildung 4.1:** ASPIC-Messplatz innerhalb der ISOLDE-Experimentierhalle. Zu sehen sind neben dem ASPIC-Targetplatz, die Separatoren, das verzweigte Strahlrohrsystem für diverse Online-Nutzer und der ISOLDE-Kontrollraum [Iso07].

Die Konzeption von ISOLDE mit einem Haupt- und Nebenstrahlrohr am Separatormagneten erlaubt einen parallelen Betrieb verschiedener Experimente, wobei eine Massenabweichung in den Nebenstrahlrohren im Bereich von 15 % gegenüber dem Hauptstrahlrohr liegen muss. Für Offline-Experimente stehen zwei niederenergetische ( $E_{\text{impl}} = 60\text{keV}$ ) Implantationskammern (GLM - **General Low Mass** und GHM - **General High Mass**) und eine Hochenergieplattform ( $E_{\text{impl}} = 250\text{keV}$ ) zur Verfügung.

Die verschiedenen Experimente sind über ein System von Standardstrahlrohren mit einem Basisdruck von  $10^{-6}$  mbar mit dem Separatormagneten verbunden, die Strahlführung erfolgt mit Hilfe von Strahlweichen (Switchyards) und elektrostatischen Quadrupollinsen.



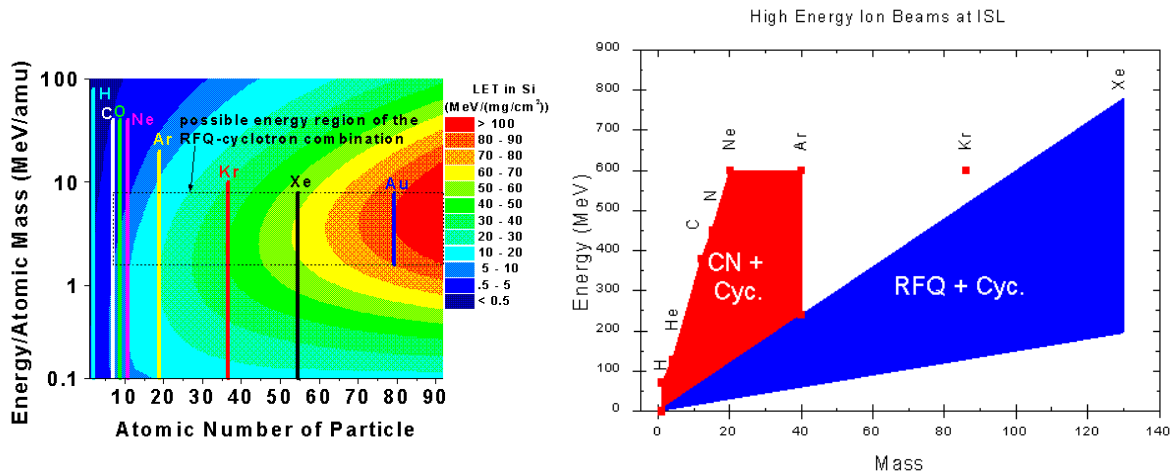
**Abbildung 4.2:** Mit Hilfe von Strahl-Scannern kann man die Strahlqualität (Lage und Profil des Strahls) in verschiedenen Strahlfoki im Strahlrohr beurteilen und gegebenenfalls optimieren.

#### 4.2. ISL-Berlin (Ionen-Strahl-Labor)

Das Ionen-Strahl-Labor (ISL-Berlin) wurde von der Abteilung SF4 am Hahn-Meitner-Institut Berlin sowohl zur Eigennutzung als auch zur Bereitstellung von Ionenstrahlen für externe Nutzer betrieben. Diffusion, Relaxation und Phasenübergänge in kondensierter Materie, basieren grundsätzlich auf den Eigenschaften individueller Atome oder deren Dynamik. Die Abteilung "Struktur und Dynamik" untersucht den Ablauf solcher Phänomene im ungestörten Festkörper u.a. auch durch die Wechselwirkung mit geladenen Teilchen aus dem Beschleunigerstrahl. Die durch Stöße entstehenden Ionen werden neben deren wissenschaftlichen Untersuchung auch für industrielle Anwendungen eingesetzt. Ferner wurden die hochenergetischen Ionen für die Analytik von Festkörpern genutzt.

Die Ionenstrahlung am ISL wurde sowohl für wissenschaftliche Zwecke verschiedenster Forschungsbereiche als auch für Technik und Medizin, wie zum Beispiel in der Analytik und in der Augentumorthherapie eingesetzt.

Am ISL wurden ausgewählte Beschleuniger einzeln und auch miteinander kombiniert eingesetzt. Die dadurch erreichbaren Energien der Ionenstrahlen überstrichen mehrere Größenordnungen (wenige eV bis mehr als 100 MeV).



**Abbildung 4.2:** Linearer Energietransfer (LET) der Ionen in Silizium. Mögliche erreichbare Energien der Ionenstrahlen bei ISL-Berlin [Den07].

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde am Schwerionenbeschleuniger des ISL eine Online-Anlage benutzt. In einer Bestrahlungseinrichtung direkt an einem Targetplatz des Schwerionenbeschleunigers werden radioaktive Mutterisotope der TDPAC-Sondenatome über geeignete Kernreaktion erzeugt und in die zu untersuchenden Festkörpermateriale implantiert.

Nach dem Ausheilen von implantationsbedingten Strahlenschäden wurden die aktivierten Proben in die TDPAC-Apparatur eingebaut und die TDPAC-Messungen bei Raumtemperatur durchgeführt.

Am ISL wurde  $^{149}\text{Gd}/^{149}\text{Eu}$  in Re und in einem ZnO-Kristall implantiert. Durch einen  $^{12}\text{C}$ -Projektilestrahl, der auf ein Target aus natürlichen Cer einfällt, kann die Kernreaktion ( $^{140}\text{Ce}(^{12}\text{C}, 3n) ^{149}\text{Gd}$ ) induziert werden, um radioaktive Isotope zu erhalten. Eine genaue Beschreibung des Experiments wird in Abschnitt 7 gegeben.