

# Institut für Kernphysik

Vorstand: o. Univ.-Prof. Dr. phil. Ludwig Breitenhuber

Das Institut wurde 1970 errichtet und war bis zum Umzug in das neue Physikgebäude provisorisch im Forschungszentrum Graz untergebracht. Die wichtigsten unten angeführten Arbeitsgebiete des Institutes werden sowohl aus experimenteller wie auch aus theoretischer Sicht behandelt, um den physikalischen Problemen möglichst vollständig gerecht zu werden.

**Positronenphysik:** Messung von Positronenlebensdauern im Pikosekundenbereich mit Hilfe einer Kurzzeit-Elektronik, Untersuchung des Verhaltens von Positronen in kondensierter Materie unter Anwendung von Methoden der theoretischen Festkörperphysik.

**Reaktor- und Neutronenphysik:** Theoretische Untersuchungen von speziellen Fragestellungen der Neutronentransporttheorie, Lösung der integrodifferentiellen bzw. integralen Neutronentransportgleichung mit numerischen Methoden, experimentelle Arbeiten, Teilprobleme im Zusammenhang mit der Sicherheit von schnellen Brutreaktoren, Neutronendosismetrie.

**Beta-, Gamma- und Röntgendosismetrie:** Grundlegende als auch anwendungsorientierte Probleme (auch in Zusammenarbeit mit auswärtigen Forschungszentren), wie z.B. Betadosimetrie mit TLD, Patientenbelastungen bei Strahlentherapie.

**Röntgenphysik:** Theoretische und experimentelle Arbeiten zur Streuung und Absorption von Röntgenstrahlen, u.a. Schutzwerte von Baustoffen im Röntgengebiet.

**Physikalischer und technischer Strahlenschutz:** Grundlagenprobleme, Lehr- und Ausbildungstätigkeit, Gutachten und Planung.

Als experimentelles Hauptarbeitsgebiet betreibt das Institut die Strukturuntersuchung der Materie durch Messung der Lebensdauern von Positronen.

Die beim radioaktiven Zerfall von Na-22 auftretenden Positronen werden in Materie abgebremst und treten mit ihrer Umgebung in Wechselwirkung. Bei dieser Gelegenheit kann es zu den verschiedenartigsten Zuständen von Elektronen und Positronen kommen (freie Positronen, gebundene Positronen, getrappte Positronen, Ortho-Positronium, Para-Positronium, ...).

Nach einer für den jeweiligen Positronenzustand signifikanten Zeit zerstrahlen (annihilieren) die Positronen mit ihren Antiteilchen, den Elektronen. Diese Positronen-Lebensdauern, die im Bereich von etwa 100 ps bis zu einigen Nanosekunden liegen, können mit einer verzögerten Koinzidenzschaltung gemessen werden (Bild 1). Die verschiedenen Lebensdauern manifestieren sich im Experiment durch eine Überlagerung von Exponentialfunktionen (oberer Teil von Bild 2). Die untere Kurve in Bild 2 gibt einen qualitativen Eindruck von der mit Co-60 ermittelten hohen Zeitauflösung der Apparatur (Apparatefunktion). Aus dem gemessenen

Spektrum der Lebensdauern (Kanalinhalt des Vielkanalanalysators) werden mit Hilfe von aufwendigen Computerprogrammen unter Berücksichtigung der Apparatefunktion die Lebensdauern und deren Intensitäten herausgerechnet. Die Lebensdauern, gemessen im Temperaturbereich von 78 K bis zum Schmelzpunkt, ermöglichen u.a. Aussagen über die Fehlstellenkonzentrationen und deren Bildungsenergien, sowie z.B. über Strukturänderungen in Festkörpern. Diese Methode wird zur Zeit am Institut auf Metalle und Polymere angewendet: Die Positronenlebensdauer hängt sehr empfindlich von der Defektstruktur des Festkörpers ab. Von Vakanzen in Metallen können thermalisierte Positronen eingefangen werden und mit der Vakanz einen gebundenen Zustand bilden. In diesem Fall tritt im Lebensdauerspektrum eine zusätzliche langlebige Komponente auf.

**Anwendung:** Bestimmung der Bildungsenthalpie von Fehlstellen in Metallen; Untersuchung von plastisch deformierten Metallen und Legierungen; Ermüdungsuntersuchungen an Metallen und Legierungen; Untersuchung von Strahlenschäden an Metallen und Legierungen.

Aufgrund der optimalen Zeitauflösung, verbunden mit einer Multikomponentenanalyse, sind wir in der Lage, diese Methode sehr erfolgreich zum Studium von Polymeren anzuwenden.

Wegen der starken Abhängigkeit der  $\beta^+$ - bzw. Positronium-Annihilation von der Elektronendichteverteilung reagieren die Lebensdauern und deren Intensitäten äußerst empfindlich auf Strukturänderungen. Daraus resultiert eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten: Studium von Phasenübergängen und der intramolekularen Ordnung; Beobachtung von Kristallisationsvorgängen; Untersuchung des freien Volumens sowie des Einflusses ionisierender Strahlung.

Das theoretische Hauptarbeitsgebiet des Institutes im Zusammenhang mit der Positronenvernichtung in Festkörpern umfaßt die Berechnung von Annihilations-Raten. Diese hängen hauptsächlich von der Elektronendichteverteilung in den betrachteten Medien ab, zu deren Beschreibung das ganze Instrumentarium der theoretischen Festkörperphysik zur Verfügung steht. Wichtig sind in diesem Zusammenhang vor allem Polarisierungseffekte, die die Elektronendichte in unmittelbarer Nähe des Positrons um ein Vielfaches — bezogen auf die mittlere Elektronendichte — erhöhen können. Dieser „Enhancement“ genannte Effekt läßt sich besonders klar mittels der Methode der Green'schen Funktionen beschreiben, die deshalb an unserem Institut vorzugsweise angewendet wird.

Im Rahmen des Projektes „Experimentelle Neutronenphysik“ hat das Institut Absolutmessungen des Neutronenflusses mit Spuren von Kernspaltungstrümmern von Uran in Glimmer und Kunststoff durchgeführt, welche zunehmende Bedeutung auch in der Weltraumforschung wegen des geringen Gewichtes der Sonden erlangt haben.

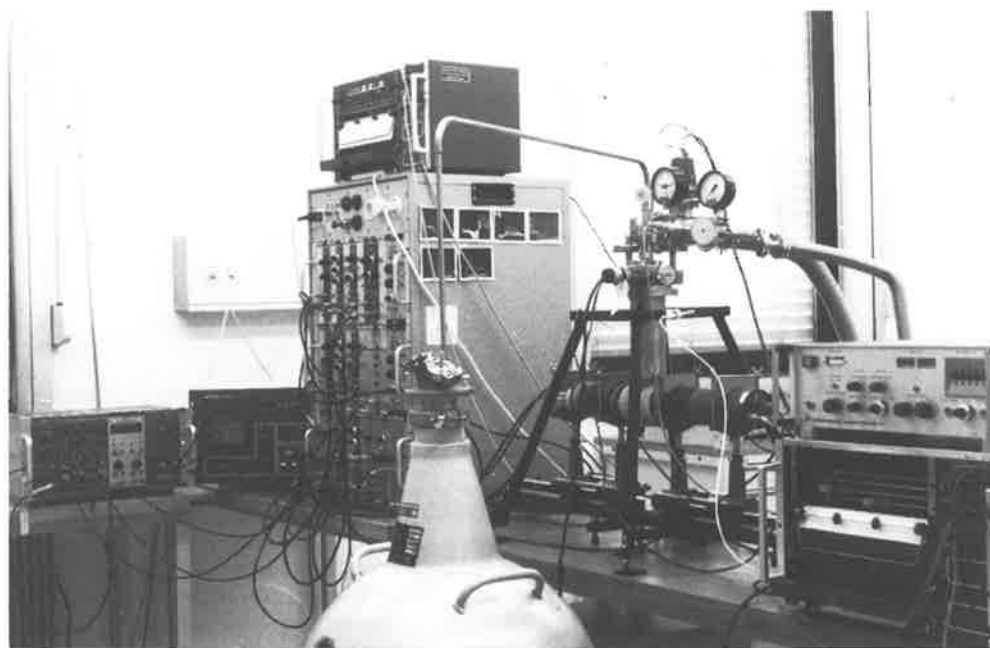


Bild 1. Positronen-Lebensdauer-Apparatur.

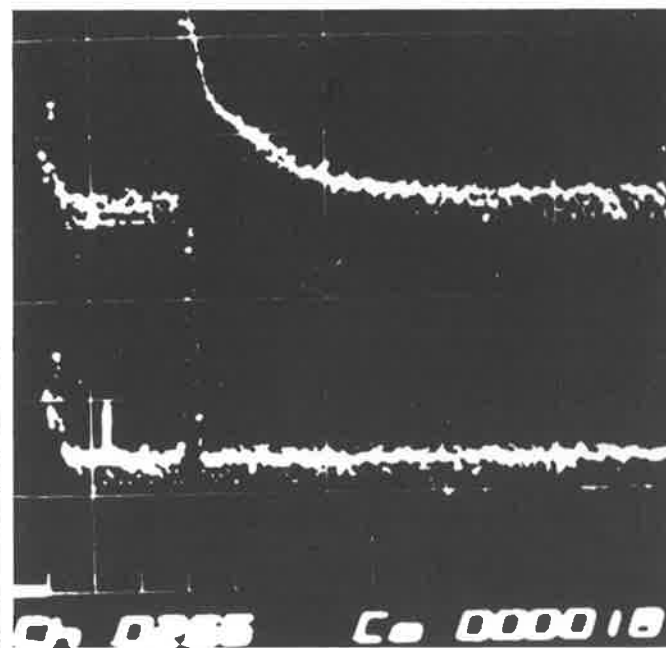


Bild 2. Lebensdauerspektrum/Promptes Spektrum

Auf dem Gebiet der „Betadosimetrie“ konnte mit Hilfe einer vom Institut entwickelten Extrapolationskammer zur Dosismessung nach dem Bragg-Gray-Prinzip eine wichtige Voraussetzung für die Gerätekalibrierung von Routinedosimetern geschaffen werden. Im Zusammenhang mit der Gammadosimetrie wurden auf der Basis von Wasserphantom-Messungen Computerprogramme erstellt, die eine verbesserte Therapieplanung ermöglichen.

In das Gebiet der Röntgendosimetrie fallen auch Messungen der Patientenbelastungen bei der Röntgendiagnostik, sowie Messungen der Schutzfaktoren von verschiedenen Baustoffen, u.a. für die Planung von Strahlenanwendungsräumen. Das Institut hat auch für die Errichtung industrieller Strahlenbunker die wesentlichen Berechnungsunterlagen (u.a. Labyrinth) geliefert.

Neben den eigentlich wissenschaftlichen Problemen arbeitet das Institut laufend auf dem Gebiet des praktischen Strahlenschutzes. Dazu gehören auch Arbeiten über Neutronendosimetrie, da die Neutronen in der industriellen Anwendung vermehrte Bedeutung erlangt haben. Im Dienste einer breiten Ausbildung von Ärzten, Lehrern und anderen mit dem Strahlenschutz befaßten Berufen werden seit vielen Jahren regelmäßig Strahlenschutzkurse abgehalten.

Die Lehrtätigkeit des Institutes ist sehr vielseitig und reicht weit über den Bereich der Atom- und Kernphysik hinaus. Insbesondere hat auf dem fortgeschrittenen Niveau der Diplomarbeiten und Dissertationen das moderne Gebiet der Positronenphysik bei den Studierenden bemerkenswerten Anklang gefunden.

### Fast-Fast-Coincidence System

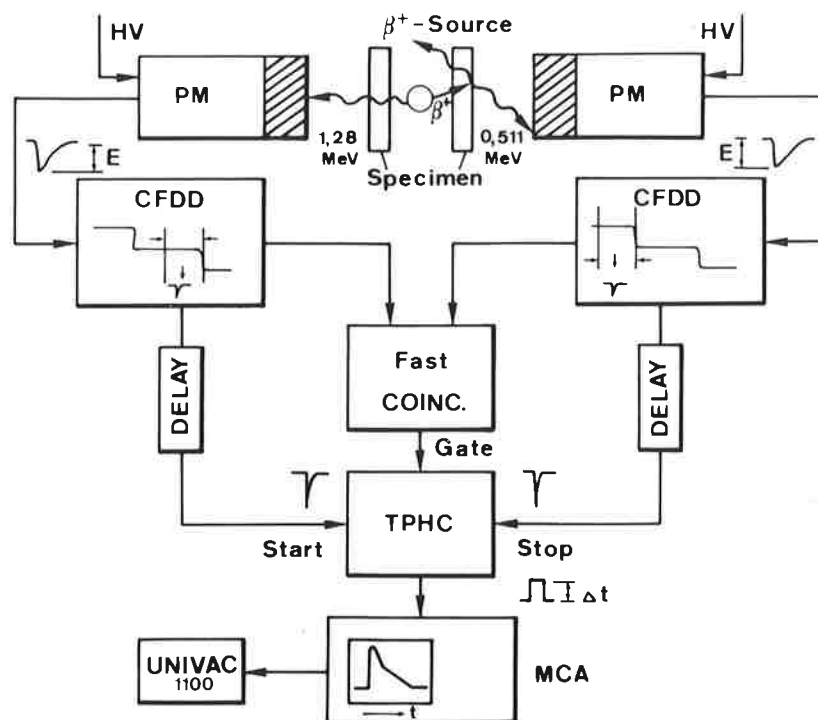


Bild 3. Blockschaltbild des Positronen-Lebensdauer-Meßsystems.