

## Kurzbericht

Zuwendungsempfänger:	<b>Goethe Universität Frankfurt a.M</b>
Projektleitung:	Prof. Dr. Reinhard Dörner
Verbund:	GPHASE-CC:
Thema:	Fertigstellung und Inbetriebnahme der Endstation zur Gasphasen-Spektroskopie bei BESSY. Teilprojekt 1: Ionennachweis und Datenaufnahme

### 1. Ziel und Inhalt des Projektes

Der Wechselwirkungsprozess zwischen Synchrotronstrahlung und Materie, der vielen wissenschaftlichen, technologischen und medizinischen Anwendungen heute zugrunde liegt, lässt sich besonders klar an isolierten Systemen in der Gasphase untersuchen. Solche Experimente an kleinen, von der Umwelt separierten Quantensystemen bilden zudem heute den Benchmark für die wichtigsten Theorien der Photoionisation und Comptonstreuung. Um die Vorteile von solchen Experimenten in der Gasphase voll ausschöpfen zu können und die Theorien in größtmöglicher Tiefe zu testen, sollte bei solchen Experimenten nicht nur eine einzelne Observable beobachtet werden (z.B. ein Absorptionsquerschnitt oder eine Elektronenenergieverteilung), sondern möglichst viele Observablen in Koinzidenz. Nur mit solchen Vielfachkoinzidenzexperimenten lässt sich die Quantendynamik, die in einem Molekül durch ein Photon ausgelöst wird, beobachten. Technisch ist dies jedoch sehr herausfordernd, und bei Bessy steht den Nutzern keine Experimentierinfrastruktur zur Verfügung, die solche Experimente ermöglicht. Die einzelnen Nachweistechiken wie Elektronen-, Ionen und Photonennachweis sind auf viele Einzelapparaturen verteilt.

Ziel des Projektes war es daher, eine universelle Streukammer aufzubauen, in der die wichtigsten heute verfügbaren Nachweistechiken zusammengeführt werden.

Das Gesamtprojekt umfasste zwei Projektphasen, jeweils eine Förderperiode. In der ersten Phase, die auch in die Coronapandemie fiel, wurden die Streukammer, der Gasstrahl und der Elektronennachweis aufgebaut und in Betrieb genommen. Die zweite Förderperiode, über die hier berichtet wird, umfasste im Teilprojekt 1 (Frankfurt) die Implementierung des Ionennachweises sowie die Datenaufnahme mit Datenanalysesoftware.

### 2. Ablauf und Ergebnisse des Vorhabens

Im Rahmen des Projektes wurden zwei Spektrometer simuliert, geplant und gebaut und im Rahmen von Strahlzeiten an der ESRF und bei P04 DESY umfassend getestet. Dabei wurden die neu beschafften Microchannelplatedetektoren sowie die neuen Spektrometerkonzepte für den hochauflösenden Elektronen- und Ionennachweis erfolgreich getestet. In einem der Spektrometer konnten sehr hochenergetische Elektronen und Elektron-Elektron Koinzidenten gemessen werden, im zweiten Spektrometer kam ein besonders hochauflösender Ionennachweis hinzu. Dabei konnte auf der Dreiteilchen Fragmentation von Wasser auf dem Summenimpuls der Rückstoßimpuls des Augerelektrons vermessen werden. In diesem Spektrometer konnte zudem auf felddefinierende Gitter verzichtet werden, was zu einer erhöhten Nachweiseffizienz führt.

Die Datenaufnahme/Auswertung wurde um eine Impulsrekonstruktion mittels Lookup-Tabelle erweitert und erstmals eine eventbasierte Fehlerfortpflanzung implementiert.

### **3. Darstellung der wesentlichen Ergebnisse und deren konkreter Nutzen sowie ggf. die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen**

Im Rahmen der Kommissionierung und der Tests wurden die ersten kinematischen vollständigen Messungen zur Comptonstreuung an inneren Schalen mit nachfolgendem Auger-Zerfall durchgeführt. Dabei konnte gezeigt werden, wie die Elektronen am Coulombpotenzial gestreut werden und welche Rolle eine molekulare Umgebung auf die Winkelverteilungen spielt. In weiteren Experimenten wurde K-Schalenionisation und Anregung von Ameisensäure untersucht. In diesen konnten wir durch eine Kombination von Coulomb-Explosion-Imaging und Photoelektronenbeugung zeigen, dass die Nullpunktsschwingung molekulare Chiralität erzeugt. Des Weiteren ist es uns gelungen durch Auswahl der Polarisationsrichtung die Händigkeit von angeregter Ameisensäure zu steuern. Die wissenschaftlichen Ergebnisse, die im Projektverlauf entstanden sind, wurden in fünf Veröffentlichungen in Physical Review Letters und zwei weiteren Papieren publiziert. Insgesamt entstanden 9 Bachelor- und Masterarbeiten sowie eine Dissertation.

Die Endstation wurde ursprünglich als mobile Endstation für BESSY geplant und gebaut. Sie sollte an open Ports bei BESSY eingesetzt werden. Über die Gesamtprojektlaufzeit von 6 Jahren hat sich die Verfügbarkeit von „open Ports“ bei Bessy verändert. Insbesondere der Undulator U49 stand mehrere Jahre nicht zur Verfügung. Daher wurden die Testmessungen mit der Streukammer an der ESRF gemacht und die Spektrometertests bei PETRA3. Im Jahr 2026 steht bei Bessy mit UE51\_PGM-2 wieder ein Open Port an einer Undulatorbeamline zur Verfügung, und zusätzlich kann U125-NIM genutzt werden.