

Sachbericht

Berichtszeitraum: 01.01.2006 bis 31.12.2006

Projektnummer: VH-VI-104

Virtuelles Institut: Plasma Physics Research Using FEL Radiation

Partner: Arbeitsgruppe Prof. Dr. R. Redmer, Institut für Physik, Universität Rostock (nachfolgend kurz U Rostock)

Arbeitsgruppe Prof. Dr. E. Förster, Institut für Optik und Quantenelektronik, Universität Jena, (nachfolgend kurz U Jena)

Arbeitsgruppe Dr. Th. Tschentscher, HASYLAB, DESY, (nachfolgend kurz DESY)

Allgemeine Arbeiten:

Im Jahr 2006 wurden Experimente zur Plasmaerzeugung und Plasmadiagnostik an der U Rostock (in Zusammenarbeit mit der AG Prof. Meiws-Broer) sowie der U Jena durchgeführt, um die 2007 geplante Messzeit an der FLASH Facility vorzubereiten. Der experimentelle Aufbau (Experimentierkammer) und die dafür notwendigen Messapparaturen wurden festgelegt. Weiter konnte durch intensive Zusammenarbeit mit S.H. Glenzer (LLNL Livermore, Humboldt-Preisträger 2006) sowie T. Laarmann (MBI Berlin) die theoretische Beschreibung des Experiments und die Erzeugung von Wasserstofftröpfchen vorangetrieben werden.

Schwerpunktthemen des Partners *U Rostock*

Im Berichtszeitraum wurden die theoretischen Arbeiten zur Thomson-Streuung und die Planungen für das erste Pump-Probe-Experiment an der FLASH Facility bei DESY weitergeführt. Im Vordergrund standen dabei die Berechnung der dynamischen Stoßfrequenz in der Born-Mermin-Näherung (R. Thiele, Doktorand VI) sowie die Integration dieser Ergebnisse in einen Streucode zum dynamischen Strukturfaktor (Dr. A. Höll, Postdoc VI). Weitere Aktivitäten zur Theorie der Thomson-Streuung betrafen die Berechnung des statischen ionischen Strukturfaktors mittels HNC-Rechnungen (V. Schwarz, Doktorand AG Redmer) und die Abschätzung des Bremsstrahlungshintergrundes (C. Fortmann, Doktorand AG Röpke). Die Ergebnisse dieser detaillierten theoretischen Rechnungen bildeten die Grundlage für den Entwurf des geplanten Pump-Probe-Experiments mittels Thomson-Streuung an FLASH.

Eine zusätzliche Aktivität ergab sich im Berichtsjahr durch die Notwendigkeit Testmessungen verschiedener Probensysteme für die Plasmaerzeugung mittels eines optischen Lasers durchzuführen. Erfahrungen mit solchen kryogenen Teilchenstrahlen lagen in der AG von Prof. Dr. K.-H. Meiws-Broer vor, die für diese Zusammenarbeit gewonnen werden konnte. Es wurden Messungen an fluiden Wasserstoff- und Heliumstrahlen durchgeführt. Durch diese bei der Antragstellung nicht absehbare und daher nicht geplanten experimentellen Aktivitäten sind eine Reihe von Zusatzkosten für die Modifikation der existierenden Quelle, die Abstimmung mit einem Kurzpulslasersystem sowie dafür benötigte Bauteile, die Durchführung der Experimente, sowie den Bau einer Einheit zum Pulsen des Teilchenstrahls entstanden. Nach Abschluss dieser Vorexperimente wurde durch das VI entschieden, diese kryogenen Proben für das Experiment an FLASH zu benutzen. Es wurde daraufhin eine Zusammenarbeit mit Dr. T. Laarmann (MBI Berlin) begonnen, der ein kompaktes Probensystem für zusätzliche Testmessungen und die Experimente an FLASH zur Verfügung stellen konnte.

Schwerpunktthemen des Partners *U Jena*

Die Erprobung von Probensystemen für die FLASH Experimente stellte im Berichtsjahr die Hauptaktivität dar. Es wurden hierzu PMMA Proben mit einem energetischen Kurzpuls laser

(1 kHz–Laser; 3.3 mJ; 50 fs; 800 nm) belichtet. Das erzeugte Ablationsplasma wurde mittels Nomarski-Interferometrie untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass der Dichtegradient im Plasma zu groß ist, um eine hinreichend genau definierte Dichte im Streuvolumen des Experiments an FLASH erzielen zu können. Diese Ergebnisse konnten durch Simulationsrechnungen der Plasmabedingungen mit einem hydrodynamischen Code verifiziert werden. Es wurde daher durch das VI beschlossen, diese Probenysteme (Ablationsplasmen) für die Experimente an FLASH vorerst nicht weiter zu berücksichtigen. Eine weitere Aktivität bildete die Vorbereitung des Spektrometers zur Diagnostik der XUV Strahlung an FLASH. Hierzu wurden Anpassungen am existierenden Spektrometer durchgeführt und dessen Vakuumkonditionen getestet.

Schwerpunktthemen des Partners DESY

Die Vorbereitung der Streukammer für das Experiment an FLASH war die Hauptaktivität im Berichtsjahr. Nach der Festlegung der Streugeometrie sowie des zu untersuchenden Proben-systems wurde die Integration der verschiedenen Komponenten in die Streukammer begonnen. Bedingt durch die Komplexität der Apparatur wurde entschieden doch eine bereits existierende Vakuumapparatur einzusetzen, die bereits mit wesentlichen Einrichtungen für die Diagnostik von Probe, optischem Laser sowie FEL Strahl ausgerüstet war. Die Verwendung eines kryogenen Wasserstoffstrahls als Probe erforderte wegen des großen Gasballasts eine sehr hohe Pumpleistung in die Apparatur zu integrieren. Ferner wurde die Anpassung des XUV Spektrometers aus Jena konzipiert und Teile hierfür wurden angefertigt.

Experimentell war der Partner DESY an einem ersten Thomson-Streuexperiment an FLASH beteiligt, dass im Februar 2006 bei einer Wellenlänge von 32 nm stattgefunden hat. In diesem Experiment wurde die Thomson-Streuung an dichten, gepulsten Gasjets untersucht. Dazu wurde ein flat-field Gitter Spektrometer vom Rutherford Appleton Laboratory bei einem Streuwinkel von 90° in der vertikalen genutzt. Für Wasserstoffgas bei einer Dichte von $\sim 10^{19}$ e⁻/cm³ wurde Selbst-Thomsonstreuung beobachtet. Für verschiedene atomare Gase wurden zudem Plasma-Emissionslinien beobachtet. Ergebnisse dieser Experimente sind unter anderem die Intensität des Thomson-Streusignals bei den Experimenten sowie der geringe Untergrund dieses Signals. Diese Informationen sind in die Auslegung des geplanten Experiments eingeflossen. Die Messzeitplanung für FLASH sieht eine Durchführung des Experiments im März 2007 vor. Bis zu diesem Zeitpunkt werden die wesentlichen Einzelkomponenten getestet um einen möglichst reibungslosen Verlauf des Experiments zu gewährleisten.

Veröffentlichungen

- [1] G. Gregori, S.H. Glenzer, H.-K. Chung, D.H. Froula, R.W. Lee, N.B. Meezan, J.D. Moody, C. Niemann, O.L. Landen, B. Holst, R. Redmer, S.P. Regan, H. Sawada, *Measurement of carbon ionization balance in high-temperature plasma mixtures by temporally resolved x-ray scattering*, *JQSRT* **99**, 225 (2006)
- [2] D. Semkat, R. Redmer, and T. Bornath, *Collisional absorption in aluminum*, *Phys. Rev. E* **73**, 066406 (2006)
- [3] R. Thiele, R. Redmer, H. Reinholtz, and G. Röpke, *Using the Gould-DeWitt scheme to approximate the dynamic collision frequency in a dense electron gas*, *J. Phys. A* **39**, 4365 (2006)
- [4] C. Fortmann, R. Redmer, H. Reinholtz, G. Röpke, W. Rozmus, and A. Wierling, *Bremsstrahlung vs. Thomson scattering in VUV-FEL plasma experiments*, *High Energy Density Physics* **2**, 57 (2006)
- [5] V. Schwarz, Th. Bornath, W.D. Kraeft, S.H. Glenzer, A. Höll, and R. Redmer, *Hypernetted chain calculations for two-component plasmas*, [arXiv:physics/0612157](https://arxiv.org/abs/physics/0612157), to appear in *Contrib. Plasma Phys.*

- [6] A. Höll, Th. Bornath, L. Cao, T. Döppner, S. Düsterer, E. Förster, C. Fortmann, S.H. Glenzer, G. Gregori, T. Laarmann, K.-H. Meiwes-Broer, A. Przystawik, P. Radcliffe, R. Redmer, H. Reinholtz, G. Röpke, R. Thiele, J. Tiggesbäumker, S. Toleikis, N.X. Truong, T. Tschentscher, I. Uschmann, U. Zastrau, *Thomson scattering from near-solid density plasmas using soft x-ray free electron lasers*, [arXiv:physics/0611274](https://arxiv.org/abs/physics/0611274), to appear in "High Energy Density Physics".

Konferenzbeiträge

Mehrere Beiträge des VI wurden auf dem 26. *International Workshop on High Energy Density in Matter* in Hirschegg/Österreich (31.01.-03.02.2006) vorgestellt. Weitere Schwerpunkte waren die Präsenz des VI auf der 12th *International Workshop on the Physics of Non-Ideal Plasmas* Konferenz in Darmstadt (4.-8.09.2006) sowie auf der 12th *International Workshop on Radiative Properties of Hot Dense Matter* in Albufeira/Portugal (11.-15.09.2006).

Andere Veranstaltungen

Im WS 06/07 haben die Mitglieder des VI an der U Jena eine Vorlesung mit dem Thema „Plasmaphysik mit Freie-Elektronen-Lasern“ mit großer Resonanz abgehalten.

VI-Meetings:

23.02.2006 DESY
09.06.2006 U Jena