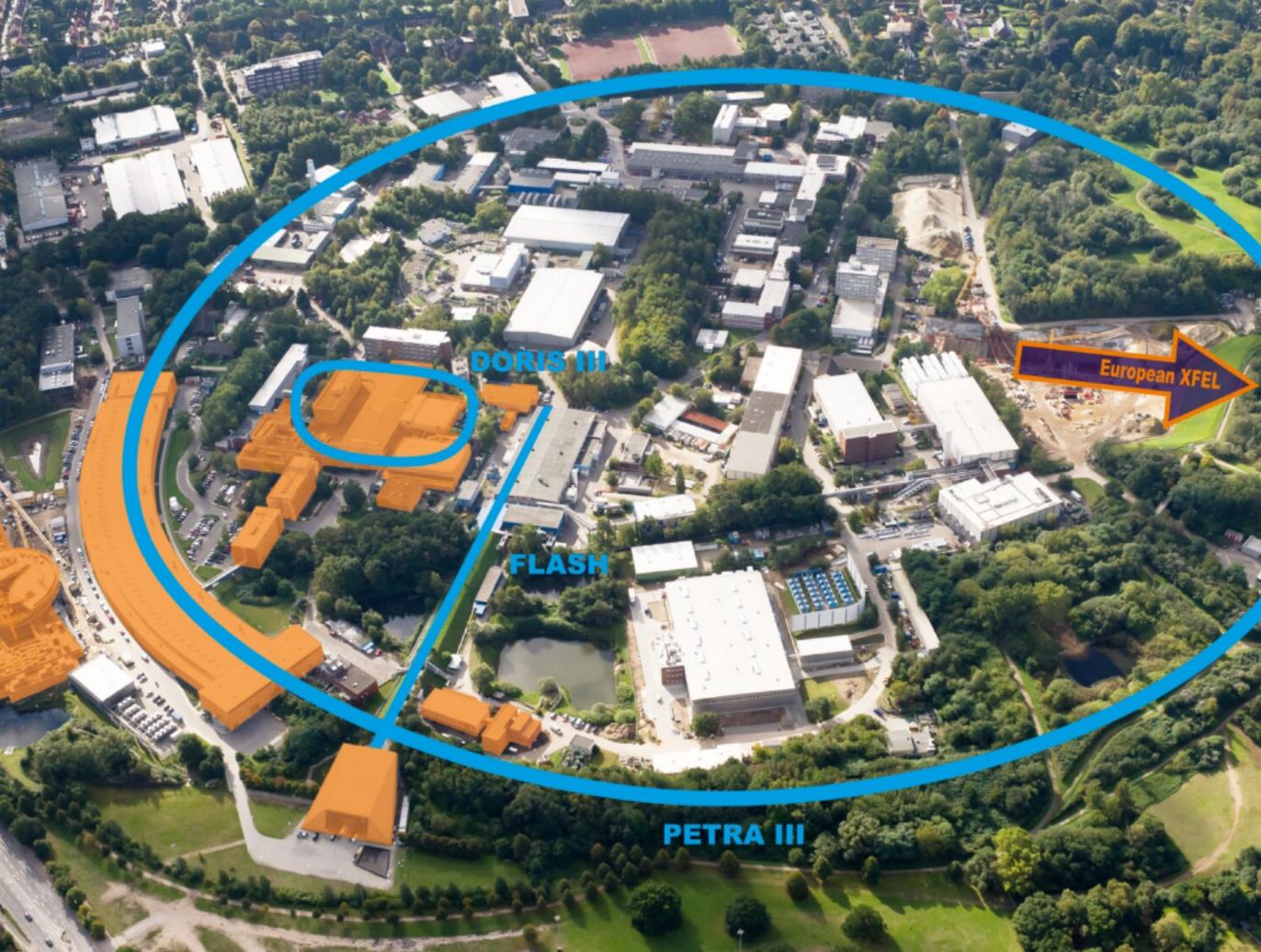


Proseminar

# Röntgenphysik

Michael Martins  
Gerhard Grübel  
Edgar Weckert  
et al.



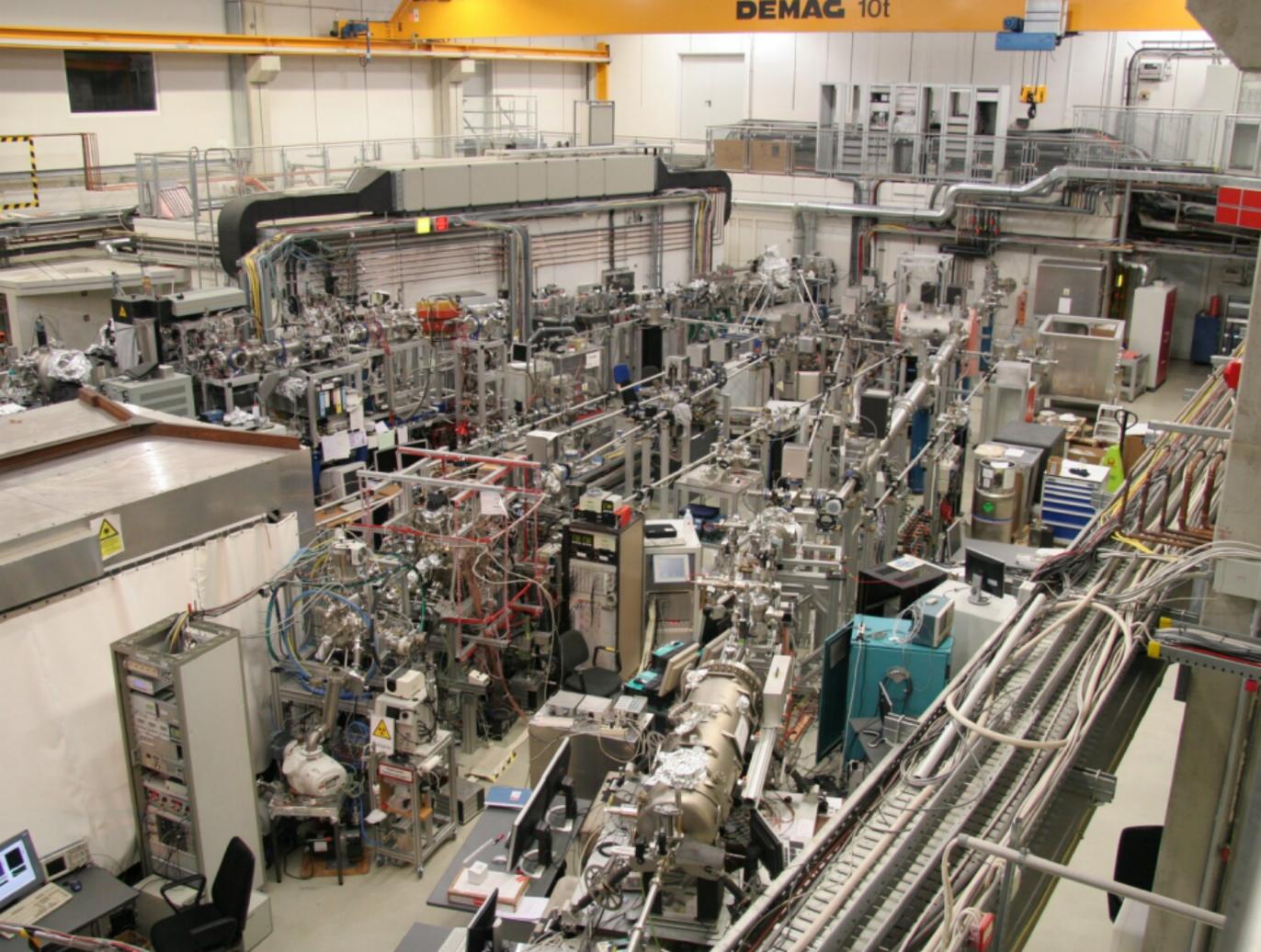
**DORIS III**

**FLASH**

**PETRA III**

**European XFEL**

DEMAG 10t



# Fragestellungen ...

... die hier im Proseminar behandelt werden können:

- Wie kann Röntgenstrahlung effektiv erzeugt werden ?
- Welche Eigenschaften hat Röntgenstrahlung ?
- Wie wechselwirkt Röntgenstrahlung mit Materie ?
- Experimentelle Methoden der Röntgenphysik
- Röntgenstrahlung in der Grundlagenforschung
- Welche Anwendungen gibt es für Röntgenstrahlung ?

Röntgenphysik ist ein interdisziplinäres Forschungsgebiet, so daß neben der Physik auch Themen aus der Chemie, der Biologie, den Materialwissenschaften aber auch der Kunstgeschichte oder Archäologie behandelt werden können.

# Fragestellungen

- Was ist weiche und harte Röntgenstrahlung ?
- Spektroskopie mit Röntgenstrahlung
- Streuung von Röntgenstrahlung
- u.s.w.

# Prozedur

## Vortrag (30 - 35 Minuten)

- Wahl eines Themas
- Kontakt mit dem Betreuer (Treffen und Email)
- Aufbereitung des Themas  
Literatur, Diskussion des Inhalts und der Präsentation
- Verfassen eines Abstrakt (1/2 Seite), der eine Woche vor dem Vortrag fertig sein soll und dann online gestellt wird.
- Vortrag
- Diskussion

# Themen / Topics

Die Vorträge finden zum Semesterende hin in Form von Blockveranstaltungen im Januar/Februar 2014 am DESY statt.

Pro Block erfolgen drei bis vier Präsentationen.

Anschließend an den Vortrag erfolgt eine 10-15 minütige Diskussion. Durch die Beteiligung der **Nichtvortragenden** an der Diskussion kann ein Bonus erworben werden.

## Themenbereiche

- A. Grundlagen und Methodik
- B. Anwendungen von Röntgenstrahlung

## A. Grundlagen und Methodik

- 1 Quellen für hochbrillianten Röntgenstrahlung
- 2 Fokussierung von Röntgenstrahlung: Auf dem Weg zur 1 nm Auflösung
- 3 Winkelaufgelöste Photoelektronenspektroskopie
- 4 Röntgenabsorption
- 5 Fluoreszenzspektroskopie
- 6 Magnetische Röntgenspektroskopie und Streuung
- 7 Diffraction Imaging und Röntgenholographie
- 8 Correlation Spectroscopy
- 9 Near Field Speckle Spectroscopy
- 10 Reaktionsmikroskop

## B. Anwendungen von Röntgenstrahlung

- 1 Ultraschnelle dynamische Prozesse
- 2 Untersuchung von dünnen Schichten mittels Streuung
- 3 Metallische Oberflächen – Vom Atom zum Kontakt
- 4 Reflektivität und Streuung von Grenzflächen
- 5 Kolloidale Suspensionen
- 6 Metallische Gläser
- 7 Röntgenspektroskopie an freien Ionen

## A.1 Sources of synchrotron radiation

BETREUER: N.N.

The use of synchrotron radiation started as parasitic use of the X-rays and VUV radiation from bending magnets. Meanwhile dedicated magnetic structures are inserted into storage rings to deliver “customs made” X-ray beams. The talk should give an overview on the types of sources (bending magnets, wigglers, undulators) and describe the spectral and angular characteristics. Different approaches for the analytic treatment of the problem may be used.

*Optional wäre hier noch ein weiteres Thema die Funktionsweise von FEL's*

## A.2 Focusing X-Rays: Towards 1 nm resolution

BETREUER: M. Sprung

Nanoscience is one of the most dynamic and rapidly developing areas of interdisciplinary research. It addresses the unique physical and chemical properties of nanometer-sized (less than 100 nm) materials and phenomena occurring at the nanoscale. In order to understand, and eventually design, the properties of materials at the nanoscale, many materials synthesis, manipulation, characterization, and modeling/simulation tools need to be developed.

This is a compelling reason to develop x-ray based nanoprobe at new synchrotron sources around the world. It is of utmost importance to develop focusing capabilities down to 10 nm or below for these instruments. Different approaches are currently pursued to reach this challenging goal. The seminar should give an overview of three x-ray focusing techniques and compare them.

## A.3 Winkelaufgelöste Photoelektronenspektroskopie

BETREUER: M. Martins

Winkelaufgelöste Photoelektronenspektroskopie (ARPES) ist eine der wichtigsten Methoden, um die elektronische Struktur von Materie mittels weicher Röntgenstrahlung zu untersuchen. Sie beruht auf dem von Einstein im Jahr 1905 erklärten Photoeffekt.

Im Rahmen des Seminarvortrages sollen sowohl die Technik, die theoretischen Grundlagen der Photoemission als auch einige Beispiele diskutiert werden.

## A.4 Einleitung in Röntgenabsorptionsspektroskopie

BETREUER: W. Caliebe

- Absorptionskanten, Energieniveau-Schema
- Experimenteller Aufbau: Transmission, Fluoreszenz, Detektoren, Probenumgebung
- Nahkantenspektroskopie (XANES), unbesetzte Zustände
- EXAFS, Strukturuntersuchung, Abstände von nächsten Nachbarn
- woher kommt die EXAFS-Gleichung, was bedeuten und bewirken die einzelnen Terme?
- Datenauswertung, FEFF-Programm
- Anwendungen in Physik und anderen Fächern

## A.5 Magnetische Spektroskopie und Streuung

BETREUER: W. Caliebe

- zirkular polarisierte Röntgenstrahlen
- Zirkulardichroismus, Lineardichroismus
- magnetisierte Probe, Drehen Magnetfeld oder Polarisation, elementspezifische Magnetisierung, Differenzmessung
- Summenregeln
- Inelastische Röntgenstreuung
- DAFS, ASAXS (anomale Streuung)
- Anwendung

## A.6 Fluoreszenzspektroskopie

BETREUER: W. Caliebe

- Atomphysik, Orbitalmodell
- Energiedispersiv, Wellenlängendispersiv
- hohe Energieauflösung, Festkörpereffekte, Spinaufspaltung
- Bildgebung, Anwendungen in anderen Fächern

*Hier wäre noch ein weiteres Thema zur Röntgenfluoreszenzanalyse denkbar.*

## A.7 Coherent Diffraction Imaging and X-ray Holography

BETREUER: N.N.

One of the most important aspects of imaging techniques is the spatial resolution available. The highest resolution reported so far for conventional imaging techniques using x-ray lenses is around 30 nm. Coherent diffractive imaging and holography are new lensless imaging techniques which can image objects with diffraction limited resolution that is in principle a resolution on sub- nanometer level. These techniques rely on the coherence properties of X-ray beams at modern synchrotron sources and reconstruct images by computational means. Applications range from imaging of biological cells to nano- patterned magnetic objects. In this seminar the student should explain the techniques of coherent diffractive imaging and x-ray holography. The theoretical background and experimental setups used shall be explained. Examples from current research should illustrate the potential and limitations of the techniques.

## A.8 X-ray Photon Correlation Spectroscopy

BETREUER: N.N.

Correlation spectroscopy uses coherent X-rays and allows investigating dynamic properties of samples in real time. The method measures fluctuations of X-ray intensities and the correlations between the intensities yield information about dynamic and structural properties of the sample. Correlation spectroscopy is today routinely used to study the dynamics of a wide variety of samples ranging from hard condensed matter to soft matter and magnetic materials. The measurement in the time domain allows to study non-equilibrium dynamics at phase transitions and new phenomena as aging in soft matter systems. In this seminar the student should explain the techniques of correlation spectroscopy. The theoretical background and experimental setups used shall be explained. Examples from current research should illustrate the potential and limitations of the techniques.

## A.9 Near Field Speckle: ultra small angle scattering

BETREUER: M. Sprung

Very recently, M. Giglio and coworkers presented an exciting new approach to perform scattering experiments in the ultra small angle x-ray scattering (USAXS) regime. Their experiments show that high quality x-ray speckles are observable by detecting the scattered radiation and the transmitted beam in the near field. Correct analysis of near field speckle (NFS) data retrieves the following information:

- 1 The scattering intensity distribution is obtained in absolute units
- 2 The range of observable Q vectors is extended towards lower Q by an order of magnitude compared with state of the art USAXS instruments such as a Bonse-Hart camera
- 3 Dynamic behavior can be obtained

This seminar should give an overview of this new NFS method and discuss advantages and limitations compared to traditional USAXS methods. It should also discuss beam and detector requirements.

# A.10 Korrelationen und Reaktionsmikroskop

BETREUER: N.N.

Reaktionsmikroskope stellen eine spezielle Methode dar, um kinematisch vollständige Experimente durchzuführen. Damit ist es möglich die korrelierte Bewegung der Atome und Elektronen nach einer Anregung mit Röntgenstrahlung zu studieren.

# B.1 Ultraschnelle dynamische Prozesse und Röntgenstrahlung

BETREUER: M. Martins

In den letzten Jahren ist es gelungen über verschiedene Methoden ultrakurze Lichtpulse im Röntgenbereich, mittels freier Elektronen Laser oder nicht linearer optischer Prozesse, zu generieren. Mit diesen Pulsen im Bereich von fs bis hinunter zu as ( $10^{-18}$ s) können dynamische Prozesse auf dieser Zeitskala zu studieren. Im Rahmen des Vortrages sollen die grundlegenden Prozesse für die Erzeugung dieser Pulse und einige Anwendungen diskutiert werden.

## B.2 Untersuchung von dünnen Schichten mittels Streuung

BETREUER: S. Roth

Hierin sollen die physikalischen Grundlagen der Streuung zur Untersuchung dünner Schichten anhand dreier Beispiele zusammengefasst werden. Dies beinhaltet eine anschauliche Beschreibung der fundamentalen Streuprozesse sowie der Klein- und Weitwinkelstreuung (GISAXS/GIWAXS) in Reflexion. Insbesondere soll auf die Wichtigkeit des Auflösungsvermögens der Röntgenstreuinstrumente und der Totalreflexion, wie man sie aus der Optik her kennt, eingegangen werden und ihre Pendant im Röntgenbereich betrachtet werden. Dies kann auch mit Hilfe von Computersimulationen zur Veranschaulichung erfolgen.

## B.3 Metallische Oberflächen - vom Atom zum Kontakt

BETREUER: S. Roth

Moderne flexible Displays und Solarzellen beinhalten im elektrischen Kontaktbereich immer Polymer-Metall-Grenzflächen. Moderne Röntgenstreuungsmethoden helfen, die grundlegenden physikalischen Prozesse beim Aufbringen und Wachsen der Metallkontakte zu verstehen. In diesem Proseminarvortrag soll ein anschaulicher Überblick über aktuelle Untersuchungen des Schichtwachstums bei der Aufbringung metallischer Schichten gegeben werden.

## B.4 Reflektivität und Streuung an Grenzflächen

BETREUER: O.H. Seeck

X-ray diffuse scattering is sensitive to the lateral structure of surfaces and interfaces. It is used to investigate statistical properties of interfaces such as typical in-plane length scales, the jaggedness of interfaces and auto- and cross-correlation functions. The statistical parameters are usually connected to physical properties of the sample. For example, various models for layer growth exist which make predictions on the autocorrelation function of the surface. Another important example is appearance of liquid surfaces which are slightly rough due to capillary wave effects.

In this seminar, the appearance of rough surfaces and the modelling by auto- and cross-correlation functions should be explained. Examples from semiconductor thin films and/or liquid surfaces should illustrate the use of the diffuse scattering in science.

## B.5 Struktur und Dynamik kolloidaler Suspensionen

BETREUER: G. Grübel

Colloidal systems acting as a model system for condensed matter have been thoroughly studied during the last years. While the observed particle interactions in the case of a hard-sphere system are well explained by theory, this is not the case for indirect particle interactions between charge-stabilized colloids. The status of experimental work as well as our theoretical understanding is discussed.

## B.6 Structure of metallic glasses

BETREUER: J. Bednarcik

Metallic glasses (alloys of metallic compounds with amorphous structure) show some rather interesting mechanical properties: high strength, low ductility, high formability. The talk should give an overview on structural characterisation of typical metallic glass compounds. In particular the virtue of combined evaluation of different characterisation techniques using Reverse Monte-Carlo methods should be highlighted. Also the relation between mechanical load and structural evaluation should be explained using some recent experiments.

## B.7 Röntgenspektroskopie an freien Ionen

BETREUER: S. Klumpp

Materie in ihrer ionischen Form ist im Universum die Dominierende. Seien es hochgeladene Atome (und Moleküle) als Nebel im interstellaren Medium, die uns Auskunft über die Elementverteilung im Universum geben oder in Sternenplasmen, respektive irdischen Reaktoren, in denen Energie erzeugt wird. Auch in biologischen Systemen sind Ionen für den Transport von Energie und Information zuständig, wie z.B. bei dem Übergang zwischen zwei Nervenzellen an den Synapsen.

Röntgenstrahlung ermöglicht nun auf der einen Seite einen Blick in ein unsichtbares Universum sowohl im Mikro- als auch im Makrokosmos. Die Eigenschaften von atomaren Ionen sind zudem von größter Bedeutung für die weitere Entwicklung von Sternmodellen. Experimente mit Röntgenstrahlung an freien Ionen waren lange nicht möglich, da Ionen auf der Erde nur in sehr geringen Dichten hergestellt werden können.