

## **SFB 755 Nanoscale Photonic Imaging**

### **Summary:**

SFB755 Nanoscale Photonic Imaging aims at resolving structures and dynamics in space and time on the nanometer scale and on timescales extending over many orders of magnitude down to the femtosecond range.

The increase in resolution and the combination of nanoscale imaging with spectroscopic information is used to extend our capability to describe nanoscale biomolecular and complex fluid systems, under functionally relevant environmental parameters. Novel photonic imaging tools are developed and applied in order to visualize macromolecular trajectories in aqueous solution and in living cells, to trace inter-molecular interactions as well as forces, stresses and chemical compositions well beyond the conventional resolution limits. The research areas covered include optical microscopy beyond the diffraction limit, multidimensional microscopy, spectroscopy with high spatial and temporal resolution, x-ray optics and x-ray imaging, lensless imaging, time dependent x-ray scattering, data reconstruction and inverse optical problems. In order to reach our goals, an intensive interaction of the experimental projects with mathematical projects is indispensable and will have a strong impact both on the development in optics and on mathematical methods. In addition, computer simulations of biomolecular dynamics are used to connect photon based experimental data to atomistic models.

## **Sonderforschungsbereich 755 Photonische Abbildungen auf der Nanometerskala**

### **Zusammenfassung:**

Der Sonderforschungsbereich zielt auf die quantitative Beschreibung biomolekularer Struktur und Dynamik mit höchster räumlicher und zeitlicher Auflösung, in Systemen mit komplexer Architektur und unter funktional relevanten Umgebungsparametern. Untersuchungsgegenstand des SFB sind komplexe biomolekulare Fluide und biologische Zellen, also Systeme, bei denen für das grundlegende Verständnis die Konformation, Dynamik und Wechselwirkung von Makromolekülen beschrieben werden muss. Komplex werden die Systeme durch eine Vielzahl von interferierenden Längen- und Zeitskalen, die einer vollständigen Charakterisierung durch die klassischen mikroskopischen und spektroskopischen Untersuchungsmethoden weitgehend entgegenstehen.

So erfordert insbesondere die Beobachtung molekularer Trajektorien und Wechselwirkungen bei hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung in fluider Umgebung neue experimentelle Entwicklungen, die in beispielgebenden Experimenten umgesetzt werden sollen. Im Sonderforschungsbereich werden dazu neue, auf Photonen basierende abbildende Untersuchungsmethoden entwickelt. Schwerpunkte bilden die hochauflösende optische Mikroskopie, die Optik kurzer Wellenlängen im Bereich der weichen und harten Röntgenstrahlung, sowie als zentrales Bindeglied für alle Spektralbereiche die mathematische und numerische Behandlung der photonischen Bildgebung.

Project	Summary / Zusammenfassung
A1	<p><b>isoSTED microscopy for live cell imaging</b> (Egner/Hell)</p> <p>The proposed project is to expand isoSTED microscopy to image protein distributions inside living cells. By switching to high NA water immersion lenses and utilizing fluorescent proteins as the label, it will be possible to achieve a resolution of 50-60 nm in all three spatial directions. Due to the lower aperture angle of the water immersion lenses as compared to the currently used oil immersion lenses, we have to explore the possibilities to enhance the microscopes detection efficiency. In addition, we shall incorporate a new scanning scheme which will allow us to scan along arbitrary trajectories to follow sub-cellular dynamics which might be too fast for conventional 3D imaging.</p> <p><b>isoSTED-Mikroskopie für live cell imaging</b></p> <p>Innerhalb dieses Teilprojektes beabsichtigen wir, die isoSTED-Mikroskopie dahingehend zu erweitern, dass es möglich sein wird Proteinverteilungen innerhalb lebender Zellen abzubilden. Unter Verwendung hochnumerischer Wasser-Immersionsobjektive und fluoreszierender Proteine als Marker werden wir eine Auflösung von besser als 50-60 nm in allen drei Raumrichtungen erzielen. Da Wasser-Immersionsobjektive im Vergleich zu Öl-Immersionsobjektiven einen kleineren Öffnungswinkel besitzen, werden wir alle Möglichkeiten ausschöpfen, um die bisherige Detektionseffizienz des Mikroskops deutlich zu erhöhen. Zusätzlich beabsichtigen wir, ein neues Rasterverfahren zu implementieren, welches es erlaubt entlang beliebiger Trajektorien aufzunehmen. Hierdurch werden wir in der Lage sein, sub-zellulären Vorgängen zu folgen, die für konventionelle Rasterverfahren zu schnell ablaufen.</p>
A3	<p><b>High-resolution stress-field mapping in fiber networks and cells</b> (Schmidt/Rehfeldt/Wardetzky)</p> <p>Generation and transmission of forces and stresses is essential in many cellular processes. Cells are structurally highly inhomogeneous. This project aims at measuring locally resolved <i>internal</i> stress fields in cells using self-assembled DNA nanoprobe and FRET. We will complement the measurements with the numerical modeling of increasingly complex and heterogeneous semiflexible polymer assemblies and ultimately cells, relying on novel and highly efficient methods for physically simulating viscoelastic materials made of slender filaments.</p> <p><b>Hochauflösende Messungen der mechanischen Spannungen in Fasernetzwerken und Zellen</b></p> <p>Die Erzeugung und Übertragung von Kräften und Spannungen ist essentiell für viele zelluläre Prozesse. Zellen sind strukturell stark inhomogen. Dieses Projekt zielt darauf, lokal aufgelöst, die internen Spannungsfelder mit DNA-Nanosonden und FRET zu vermessen. Die Experimente werden mit der numerischen Modellierung von komplexen und heterogenen Strukturen semiflexibler Polymere bis hin zu zellulären Netzwerken ergänzt, die sich auf neuartige und hochgradig effiziente Methoden zur Simulation viskoelastischer Materialien aus dünnen Filamenten stützt.</p>
A4	<p><b>Statistical multi-scale analysis for photonic imaging: from modeling to algorithms</b> (Munk/Luke)</p> <p>The goal of this project is to develop statistical multi-scale Poisson statistics for dimensions two and three, which are tailored to the specific needs in fluorescence microscopy with low-count data. Computation of these statistical multi-scale methods for low-count Poisson image deconvolution leads to large-scale optimization problems with non-Euclidean metrics, for which we will develop new parallelizable operator splitting algorithms specifically designed for this class of problems. This will be accompanied by a rigorous mathematical analysis providing a theoretical foundation, including convergence analysis, for these algorithms.</p> <p><b>Statische Multiskalenanalyse für photonische Abbildung: von der Modellentwicklung zum Algorithmus</b></p> <p>Ziel des Projekts ist die Entwicklung von Multi-Skalen-Poisson-Statistiken für die Dimensionen 2 und 3, welche spezifisch auf die Fluoreszenz-Mikroskopie mit geringer Intensität zugeschnitten sind. Die Berechnung dieser Verfahren für die Poisson-Dekonvolution bei niedriger Intensität führt auf sehr große Optimierungsprobleme mit nicht euklidischen Metriken für welche wir spezifische parallelisierbare Operator Splitting Algorithmen entwickeln werden. Zudem wird die theoretische Grundlage dieser Algorithmen, etwa mittels einer rigorosen mathematischen Konvergenzanalyse, bereit gestellt.</p>

Project	Summary / Zusammenfassung
A5	<p><b>Nanoscale dynamics of proteins and their interaction</b> (Enderlein/Grubmüller)</p> <p>We will study the fast conformational and folding dynamics of small soluble proteins through a combination of single molecule FRET/PET spectroscopy, and atomistically resolved simulation. The spectroscopy will be performed on single site-specifically labeled proteins encapsulated in polymerosomes, and the simulations will be based on a combined molecular dynamics/Monte Carlo approach. We will focus on the difference in the unfolding and folding dynamics between alpha helical and beta sheet proteins, in particular the engrailed homeo-domain protein, the WW domain protein, and FG repeat peptides.</p> <p><b>Nanoskalendynamik von Proteinen und deren Wechselwirkung</b></p> <p>Wir werden die schnelle Konformations- und Faltungsdynamik kleiner löslicher Proteine durch Kombination von Einzelmolekül-FRET/PET-Spektroskopie und atomar aufgelösten Simulationsrechnungen untersuchen. Durch die Spektroskopie einzelner, ortsspezifisch markierter und in Polymerosomen enkapsulierter Proteine und die gleichzeitige Molekulardynamik/Monte-Carlo-Simulation werden wir uns auf die Untersuchung der Unterschiede im Faltungs-/Entfaltungsverhalten von alpha-helikalen und beta-Faltblatt-Proteinen konzentrieren. Im besonderen werden wir untersuchen: das Engrailed Homeodomain-Protein, das WW-Domain-Protein, und FG-Repeat-Peptide.</p>
A6	<p><b>Statistical reconstruction methods for time varying nanoscale imaging problems</b> (Munk/Egner)</p> <p>In optical nanoscopy, an increase in resolution beyond the diffraction limit always comes along with an increase in the acquisition time. This therefore substantially increases the sensitivity to slight thermodynamical or even mechanical instabilities of the microscope e.g. drifts of the sample with respect to the objective lens. The aim of the project is to develop a fully data driven statistical calibration method to detect and to correct for these instabilities. We intend to model both, smooth and discontinuous distortions of the image parametrically as well as non-parametrically.</p> <p><b>Statistische Rekonstruktionsverfahren für zeitabhängige Abbildungsprobleme auf der Nanoskala</b></p> <p>In der optischen Nanoskopie, hat eine Erhöhung der Auflösung über die klassische Auflösungsgrenze hinaus immer eine Verlängerung der Aufnahmezeit zur Folge. Hierdurch ist man wesentlich sensibler gegenüber kleinsten thermischen oder mechanischen Instabilitäten des Mikroskops, wie beispielsweise einer Verschiebung der Probe relativ zum Objektiv. Das Ziel dieses Teilprojekts ist es, ein rein auf den aufgenommenen Daten beruhendes statistisches Kalibrierungsverfahren zu entwickeln, welches solche Instabilitäten erkennt und korrigiert. Hierfür sollen kontinuierliche und sprunghafte Verzerrungen des Bildes parametrisch und nicht parametrisch modelliert werden.</p>
B3	<p><b>Ultrafast dynamics of chemical reactions investigated by femtosecond x-ray pulses</b> (Techert)</p> <p>Here, we aim to take the next steps towards the vision of studying the structural dynamics of complex chemical reactions in real time, on a multidimensional reaction landscape with Free Electron Laser (FEL) radiation. By applying ultrafast x-ray techniques our goal is to monitor chemical reactions on the femtosecond time scale with sub-nanometer spatial resolution. In the field of ultrafast x-ray spectroscopy, photochemical reactions like dissociation reactions will be studied. In the field of ultrafast diffraction, the investigation of the real time dynamics of molecular motors is envisioned.</p> <p><b>Die Untersuchung der ultraschnellen Dynamik chemischer Reaktionen mit Femtosekunden-Röntgenpulsen</b></p> <p>In diesem Projekt werden wir die nächsten Schritte unternehmen, um dem Ziel der Untersuchung komplexer chemischer Reaktionen mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung mittels Freier Elektronenlaserstrahlung im Röntgenbereich näher zu kommen. Hierfür werden zwei Methoden weiterentwickelt – ultraschnelle Röntgenspektroskopie und ultraschnelle Beugungsexperimente. Referenzreaktionen werden Photodissoziationsreaktionen in der flüssigen Phase und die Untersuchung der Struktur- und Dynamik von molekularen Motoren (bevorzugt im Festkörper) sein.</p>
B4	<p><b>Simulation of primary electronic dynamics in macromolecules after femtosecond x-ray pulses</b> (Grubmüller/Groenhof)</p> <p>The aim of the project is to develop methods for extracting structural information from single molecule scattering images collected by ultra-short (femtosecond) free electron laser pulses.</p> <p>To reach this goal, we will develop new methods to (a) simulate the primary (few 10 fs) electronic and</p>

Project	Summary / Zusammenfassung
	<p>nuclear dynamics following x-ray absorption, and (b) to extract structural information from diffraction images.</p> <p><b>Simulation der primären Dynamik von Makromolekülen nach Femtosekunden-Röntgenabsorption</b></p> <p>Ziel ist die Entwicklung von Methoden zur Gewinnung von Strukturinformation aus Einzelmolekülstreuungsbildern nach ultrakurzen (Femtosekunden) Freien-Elektronen-Laserblitzen. Dazu werden neue Methoden entwickelt um (a) die primäre (einige 10 fs) Elektron- und Nukleardynamik nach der Röntgenabsorption zu simulieren und (b) Strukturinformation aus den Streuungsbildern zu extrahieren.</p>
B7	<p><b>Dynamics of intermediate filament self-assembly</b> (Köster)</p> <p>Cytoskeletal intermediate filaments are responsible for mechanical properties of eukaryotic cells. The hierarchical assembly from the smallest sub-units to filaments and formation of networks will be investigated by combining imaging and scattering methods that range from nanometers to micrometers and microfluidic techniques. In particular, our aim is to resolve the true assembly kinetics while varying external parameters like protein concentration, addition of mono- and divalent ions and flow conditions.</p> <p><b>Dynamik der Selbst-Assemblierung von Intermediärfilamenten</b></p> <p>Intermediärfilamente im Zytoskelett eukaryotischer Zellen tragen wesentlich zu den mechanischen Eigenschaften der Zelle bei. Der hierarchische Aufbau der Filamente aus Untereinheiten und die Netzbildung werden untersucht. Dazu werden wir Bildgebungs- und Streumethoden, die den Bereich von Nanometern bis Mikrometern abdecken, mit mikrofluidischen Techniken kombinieren. Insbesondere ist unser Ziel, die echte Assemblierungskinetik aufzulösen und dabei externe Parameter wie Proteinkonzentration, Zugabe von mono- und divalenten Ionen und Flussbedingungen zu variieren.</p>
B8	<p><b>Formation of stress fibers in adult stem cells</b> (Rehfeldt/Krivobokova/Huckemann)</p> <p>Differentiation of human mesenchymal stem cells (hMSCs) towards distinct lineages can be directed by carefully selecting the elasticity of the substrate they adhere to. This project aims at elucidating the mechanical interactions of hMSCs with the matrix at early times by analyzing structure and formation of acto-myosin stress fibers. Experiments using state-of-the-art microscopy techniques will be complemented with sophisticated image segmentation algorithms and a novel statistical analysis based on change point models for underlying dynamical point processes, to better understand the complex interplay of mechanical and biochemical processes of <i>mechano-sensing</i> phenomena.</p> <p><b>Entwicklung von Stressfasern in adulten Stammzellen</b></p> <p>Die Differenzierung menschlicher mesenchymaler Stammzellen (hMSCs) in verschiedene Linien kann durch sorgfältige Wahl der Substratelastizität dirigiert werden. Dieses Projekt zielt auf die Aufklärung der mechanischen Wechselwirkungen von hMSCs mit der Matrix durch Analyse von Struktur und Bildung von Acto-Myosin-Stressfasern. Experimente mit state-of-the-art Mikroskopietechniken werden komplementiert mit ausgefeilten Bildsegmentierungsalgorithmen und neuartigen statistischen Analysemethoden basierend auf Change-Point-Modellen für dynamische Punktprozesse, um das komplexe Zusammenspiel von mechanischen und biochemischen Prozessen beim <i>mechano-sensing</i> besser zu verstehen.</p>
B10	<p><b>Structure-dynamics-function in photoswitchable proteins</b> (Jakobs/Techert)</p> <p>We aim at investigating the dynamical structural properties underlying the molecular switching process of reversibly switchable fluorescent proteins (RSFPs) under real time conditions. To this end, we will apply time resolved X-ray diffraction methods as picosecond time resolved Laue crystallography and time resolved small and wide angle X-ray scattering of protein solutions. By investigating various RSFP variants we expect new insights into the molecular factors influencing the switching fatigue of these proteins. Based on these data, novel RSFPs with improved properties will be generated.</p> <p><b>Struktur-Dynamik-Funktion in photoschaltbaren Proteinen</b></p> <p>Die dynamischen Struktureigenschaften von reversibel schaltbaren fluoreszierenden Proteinen (RSFPs) sollen unter Echtzeitbedingungen erforscht werden. Hierzu werden wir zeitaufgelöste</p>

Project	Summary / Zusammenfassung
	<p>Röntgenbeugungsexperimente, u. a. zeitaufgelöste Pikosekunden Laue Kristallographie und Schmal- und Weitwinkelröntgenstreuung an Proteinlösungen durchführen. Durch die Untersuchung verschiedener RSFPs erwarten wir neue Einsichten in die molekularen Faktoren, die das Schaltbleichen dieser Proteine bestimmen. Auf der Basis der Ergebnisse werden neue RSFPs mit verbesserten Eigenschaften hergestellt werden.</p>
B11	<p><b>Nanoscale observations of membrane dynamics</b> (Eggeling/Hell)</p> <p>The lipid composition of biological membranes, along with its spatial organization and temporal dynamics, are acknowledged to be fundamental to cellular and protein functionality. However, techniques for observing membrane heterogeneity are often limited in terms of spatial and temporal resolution or influence on the system under study. Here, we use the superior spatio-temporal resolution of STED microscopy and fast single-molecule tracking to determine how molecular interactions of the membrane may coalesce into signaling platforms.</p> <p><b>Untersuchungen von Membran-Dynamiken auf Nanoskalen</b></p> <p>Viele Funktionalitäten der Zelle und von Proteinen werden durch die Zusammensetzung von Lipiden in der Plasmamembran und deren räumliche Anordnung und zeitliche Dynamiken beeinflusst werden. Allerdings fehlt es oft an Methoden, die solche Membranheterogenitäten mit einer ausreichenden zeitlichen und räumlichen Auflösung beobachten können, ohne dabei das zu untersuchende System zu beeinflussen. In diesem Teilprojekt soll mit Hilfe von hochauflösender Fluoreszenz-Mikroskopie (STED Nanoskopie und Einzelmolekül-Detektion) untersucht werden, inwieweit molekulare Interaktionen in zellulären Membranen zu Signalplattformen konvergieren können.</p>
B12	<p><b>Imaging of surfactant stabilized nanostructures using microfluids</b> (Herminghaus/Baret)</p> <p>Our aim is to study how the microscopic and nanoscopic details of interfaces drive the macroscopic behavior of two-phase fluids. Using x-ray imaging techniques and fluorescence microscopy we want to resolve the dynamics of transient mechanisms such as bilayer formation and rupture, network formation of bilayers, and micellar or surfactant transport. We will use microfluidic systems to control these structures to provide new quantitative insights in the understanding of dynamical processes in multiphase fluids.</p> <p><b>Tensidstabilisierte Nanostrukturen in mikrofluidischen Systeme</b></p> <p>Wir wollen untersuchen, wie mikro- und nanoskopische Grenzflächeneigenschaften das makroskopische Verhalten mehrphasiger komplexer Fluide bestimmen. Mit Methoden der Röntgen- und der Fluoreszenzmikroskopie wollen wir die Dynamik transienter Prozesse, wie etwa Doppelschichtformierung und -kollaps, Netzwerkbildung in Doppelschichtsystemen, sowie mizellaren Stofftransport auflösen. Techniken der Mikrofluidik werden verwendet, um diese Strukturen zu erzeugen, zu kontrollieren und um quantitative Einblicke in deren dynamische Prozesse zu gewinnen.</p>
C1	<p><b>3D density distribution of cells by x-ray holotomography</b> (Salditt)</p> <p>We use x-ray waveguides as highly-confining optical elements for nanoscale imaging of unstained biological cells and biomolecular assemblies, using the geometry of projection in-line x-ray holography.</p> <p>Quantitative density contrast can be obtained by rapidly converging iterative reconstruction algorithms which are capable of suppressing the twin image and other artifacts known for other types of holographic reconstruction. High resolution in three dimensions shall be achieved in combination with tomographic reconstruction.</p> <p><b>Dreidimensionale Elektronendichte biologischer Zellen mittels holographischer Röntgentomographie</b></p> <p>Röntgenwellenleiter werden als quasi Punktquellen zur holographischen Abbildung biologischer Zellen und biomolekularer Komplexe in Projektionsgeometrie genutzt. Die Elektronendichte wird mittels schnell konvertierender iterativer Algorithmen quantitativ rekonstruiert. Das in der Holographie gewöhnlich auftretende Zwillingsbildproblem wird hierbei algorithmisch gelöst. Hohe Auflösung in drei Dimensionen erhält man durch Kombination des Verfahrens mit Tomographie.</p>
C2	<p><b>Inverse scattering problems without phase</b> (Hohage/Luke)</p> <p>The aim of this project is to develop mathematical theory and algorithms for determining the phase of x-rays from low-count and possibly incomplete diffraction data. This is an instance of the well-known</p>

Project	Summary / Zusammenfassung
	<p>phase retrieval problem and leads to nonlinear inverse problems or nonconvex optimization problems. Our aim is to design and analyze operator splitting schemes that combine the efficiency of iterated projections with the stability and flexibility of regularization methods.</p> <p><b>Inverse Streuprobleme ohne Phaseninformationen</b></p> <p>Ziel dieses Projekts ist die Entwicklung von Theorie und Algorithmen zur Bestimmung der Phase von Röntgenstrahlen aus stark verrauschten und möglicherweise unvollständigen Diffraktionsdaten. Solche Phasenrekonstruktionsprobleme führen auf nichtlineare inverse Probleme oder nicht-konvexe Optimierungsaufgaben. Ziel ist die Entwicklung und Analyse von Operator-Splitting Verfahren, die die Effizienz von iterierten Projektionsverfahren mit der Stabilität und Flexibilität von Regularisierungsverfahren kombinieren.</p>
C4	<p><b>Multilayer zone plates and Laue lenses for x-ray microscopy (Krebs/Mann)</b></p> <p>Objective of this proposal is the realization of focal spot sizes of several 10 nm for high-resolution x-ray microscopy. For this purpose multilayer zone plates and multilayer Laue lenses with outermost zone widths below 5 nm shall be fabricated, using a combination of pulsed laser deposition and focused ion beam. For hard x-rays the novel diffractive elements will be tested at synchrotrons, whereas for softer radiation also lab-scale sources shall be employed. Using tightly focused picosecond lasers, the brilliance of a laser plasma source shall be enhanced by a reduction of the emission volume at high repetition rates. The optical elements shall be employed for high resolution microscopy in comparison with other methods studied within the SFB 755.</p> <p><b>Multilayer-Zonenplatten und Laue-Linsen für die Röntgenmikroskopie</b></p> <p>Ziel des Projekts ist die Realisierung von Fokusgrößen im Bereich einiger 10 nm für die hoch-auflösende Röntgenmikroskopie. Zu diesem Zweck sollen mittels gepulster Laser-Deposition (PLD) und fokussiertem Ionenstrahl Multilayer-Zonenplatten und Lauelinsen mit äußersten Zonenbreiten unter 5 nm hergestellt werden. Für harte Röntgenstrahlung sollen die neuartigen diffraktiven Elemente an Synchrotrons getestet werden, während für weichere Strahlung der Einsatz von Labor-Strahlquellen geplant ist. Hierzu soll die Brillanz einer Laser-Plasmaquelle durch Einsatz von Pikosekundenlasern hoher Repetitionsrate gesteigert werden. Die erreichbare Auflösung der optischen Elemente wird mit anderen Verfahren innerhalb des SFB 755 verglichen.</p>
C8	<p><b>Coherent FEL and high-harmonic pulses and their wavefronts (Mann/Ropers)</b></p> <p>In this project, a collaborative effort is undertaken between the Laser-Laboratorium Göttingen and the University of Göttingen to characterize coherent EUV and (soft) x-ray beams from free electron lasers (FEL) and high harmonic generation (HHG) using developments in advanced wavefront characterization. One aim is to combine extended Hartmann sensors and the reversal of iterative coherent diffractive imaging (CDI) algorithms to obtain wavefronts in the focal plane of these sources. Moreover, information gained by such methods and standard Hartmann techniques will be used to characterize conventional HHG sources and further understand and optimize nanostructure-enhanced HHG approaches.</p> <p><b>Kohärente FEL- und Hohe Harmonische-Pulse und ihre Wellenfronten</b></p> <p>In Kooperation des Laser-Laboratoriums Göttingen und der Universität Göttingen werden in diesem Projekt kohärente Quellen von EUV- und weicher Röntgenstrahlung mittels fortgeschrittener Methoden der Wellenfrontcharakterisierung untersucht, insbesondere Freie Elektronen-Laser (FEL) und Hohe Harmonische Quellen. Ein Ziel ist hierbei die Kombination erweiterter Hartmann-Sensoren mit iterativen Algorithmen der kohärenten diffraktiven Abbildung (CDI), um Wellenfronten in der Fokalebene dieser Quellen zu bestimmen. Darüber hinaus werden diese Methoden genutzt, um ein verbessertes Verständnis innovativer Ansätze zur Erzeugung Hoher Harmonischer aus Nanostrukturen zu erlangen.</p>
C9	<p><b>Inverse problems with Poisson data (Hohage)</b></p> <p>On a general level photonic imaging may be described as counting photons which have interacted with some object of interest. We study the problem of recovering the information on the unknown object contained in these photon counts by formulating it as an inverse problem in the form of an operator equation with a Poisson distributed right hand side. The focus will be on the convergence analysis of Newton-type methods and applications to isoSTED microscopy.</p>

Project	Summary / Zusammenfassung
	<p><b>Inverse Probleme mit Poisson Daten</b></p> <p>In photonischen Bildgebungsverfahren werden allgemein gesagt Photonen gezählt, die mit einem zu untersuchenden Objekt interagiert haben. Wir untersuchen das Problem, die Informationen über das unbekannte Objekt, die in diesen Photonenanzahl-Messungen stecken, aus den Daten zu extrahieren, indem wir es als inverses Problem in Form einer Operatorgleichung auffassen, bei der die rechte Seite Poisson-verteilt ist. Schwerpunkte werden die Konvergenzanalyse von Newton-artigen Verfahren und Anwendungen bei isoSTED-Mikroskopie sein.</p>
C10	<p><b>Coherent x-ray imaging of cells with femtosecond x-ray pulses (Salditt/Köster)</b></p> <p>The aim of this project is the label-free imaging of cells at high resolution and high through-put using partly coherent synchrotron radiation and free electron laser (FEL) pulses. We will develop microfluidic flow chambers that will provide defined and controllable sample environments and will deliver the sample to the interaction volume with the x-ray being fully compatible with the setups. Combination with different x-ray contrast methods and suitable data analysis methods will lead to an unprecedented wealth of information about the studied systems.</p> <p><b>Kohärente Röntgenabbildung biologischer Zellen mit einzelnen Freie-Elektronen-Laser Pulsen</b></p> <p>Ziel dieses Projektes ist Label-freie Abbildung von Zellen bei hoher Auflösung und hohem Durchsatz. Dazu werden teilweise-kohärente Synchrotron Strahlung und freie-Elektronen-Laser (FEL) Pulse verwendet. Wir werden Mikrofluidik-Messzellen entwickeln, die eine sehr gut kontrollierbare Probenumgebung garantieren und die Probe in den Röntgenstrahl bringen. In Kombination mit verschiedenen Kontrastmethoden und angepassten Auswertemethoden werden wir so eine Fülle von relevanten Informationen über die untersuchten Systeme erhalten.</p>
C11	<p><b>Fresnel wavelets for coherent diffractive imaging (Plonka-Hoch) - Nachantrag</b></p> <p>Coherent diffractive imaging shows considerable promise to achieve very high spatial resolution. In practice, the most widely applied methods for in-line hologram reconstruction and phase retrieval are iterated projection algorithms. In this project, we aim to construct a new Fresnel wavelet frame that is suitable to represent optimally sparse Fresnel transformed images. We want to apply the new Fresnel wavelet frame for denoising of the measured hologram intensity and to derive new reconstruction schemes for phase retrieval that take the sparsity of the propagated wave field in the Fresnel wavelet frame into account.</p> <p><b>Fresnel-Wavelets in der kohärenten diffraktiven Bildgebung</b></p> <p>Verfahren der kohärenten diffraktiven Bildgebung haben sich als sehr geeignet in der hochauflösenden optischen Mikroskopie erwiesen. In der Praxis kommen vor allem iterative Projektionsalgorithmen zur Rekonstruktion von In-line Hologrammen und zur Phasenrekonstruktion zum Einsatz. In diesem Projekt soll ein neuer Fresnel-Waveletframe konstruiert werden, der eine optimale Darstellung von Fresnel-transformierten Bildern zulässt. Der Fresnel Waveletframe soll zur Entstörung der gemessenen Hologramm-Intensitäten verwendet werden. Darüber hinaus wollen wir neue Phasenrekonstruktionsalgorithmen herleiten, die die Dünnbesetztheit (Sparsity) des Wellenfeldes im Fresnel Waveletframe als Vorinformation im Regularisierungsfunktional ausnutzen.</p>