



Schärfer sehen mit Röntgenlicht

Schärfer sehen mit Röntgenlicht Diese dreidimensionalen Nanostrukturen fokussieren das einfallende Röntgenlicht wesentlich effizienter und ermöglichen die Auflösung auf unter 10 Nanometern zu verbessern. Solche neuartigen Röntgenoptiken sollen zukünftig auch den Nutzern an der Synchrotronquelle BESSY II zur Verfügung stehen. Sie ermöglichen es, Strukturen in biologischen Proben noch präziser als bisher zu untersuchen, sind aber auch für die Forschung an Nanostrukturen wichtig, die zum Beispiel in neuen Batteriesystemen zum Einsatz kommen. In der Mikroskopie begrenzt die Wellenlänge des Lichts die Auflösung. Sichtbares Licht kann Strukturen im Bereich von einem viertel Mikrometer voneinander trennen, während das deutlich kurzwelligere Röntgenlicht im Prinzip Strukturen bis in den Bereich von wenigen Nanometern auflösen kann. Zudem dringt Röntgenlicht auch tiefer in die Proben ein, so dass auch eingebettete, innere Strukturen von dreidimensionalen Proben untersucht werden können. Doch während Licht im sichtbaren Bereich durch Brechungsinsen aus Glas gebündelt werden kann, gelingt dies mit weichem Röntgenlicht nicht. Um Röntgenlicht für Abbildungen zu nutzen, arbeitet man daher mit so genannten Fresnel-Zonenplatten aus konzentrischen Ringen, die aus Metallen wie Nickel oder Gold bestehen. Dabei wird das Röntgenlicht durch die Ringstrukturen gebeugt, wobei sich die Beiträge der verschiedenen Zonen im Fokuspunkt konstruktiv überlagern. So können Fresnel-Zonenplatten als Objektive Röntgenlicht fokussieren oder in Röntgenmikroskopen eingesetzt werden. Hierbei gibt die kleinste herstellbare Ringbreite die erzielbare Auflösung vor, die bislang bei etwa 10 Nanometern liegt. Eine Steigerung der Auflösung auf unter 10 Nanometer wirft fundamentale physikalische wie auch technologische Probleme auf. Einerseits ist es technologisch extrem herausfordernd, quasi periodische Zonenstrukturen mit einer Ringbreite von weniger als 10 Nanometern und einer Strukturhöhe im Bereich einiger 100 Nanometern herzustellen. Andererseits zeigen theoretische Berechnungen, dass solche Optiken mit abnehmender Ringbreite zunehmend ineffizient wären und schlicht zu wenig Licht sammeln würden. Dieses Dilemma kann mit Hilfe der "Volumenbeugung" gelöst werden: Diese erfordert jedoch Zonenstrukturen mit radial wachsenden Kippwinkeln und abnehmenden Zonen-Höhen, d.h. eine dreidimensional strukturierte Röntgenoptik. "Theoretisch könnte so fast 100 Prozent des einfallenden Lichts für die Abbildung genutzt werden", erklärt Dr. Stephan Werner von der Arbeitsgruppe Mikroskopie am HZB-Institut für Weiche Materie und Funktionale Materialien. Um eine dreidimensionale Röntgenoptik zu erzeugen, haben die HZB-Experten nun drei Fresnel-Zonenplatten nahezu perfekt übereinander positioniert. "Wir haben ein Verfahren entwickelt, das es ermöglicht, Schichten aus Fresnel-Zonenplatten mit einer Präzision von weniger als zwei Nanometern übereinander zu positionieren", sagt Dr. Gerd Schneider, der die Arbeitsgruppe Mikroskopie leitet. Die ersten Messungen zeigen, dass schon diese Strukturen deutlich mehr Licht für die Abbildung nutzen als konventionelle Fresnel-Zonenplatten. "Wenn es uns demnächst gelingt, fünf Zonenplatten aufeinander zu positionieren, wird ein Vielfaches des bisher genutzten Röntgenlichts für die Abbildung verwendet", sagt Werner. Im Fachjournal Nano Research berichtet das HZB-Team über die Entwicklung der neuartigen Röntgenoptik. Demnächst können auch die Nutzer an BESSY II von diesem Fortschritt profitieren. Denn die Röntgenmikroskopie ist eine wichtige Methode für ganz unterschiedliche Fragestellungen, zum Beispiel in den Lebenswissenschaften, um Zellorganellen, Viren oder Nanopartikel innerhalb von Zellen zu untersuchen, aber auch in der Material- und Energieforschung, zum Beispiel, um Prozesse in neuartigen elektrochemischen Energiespeichern in situ abzubilden. Sie finden die Arbeit im Fachjournal Nano Research 2014, 7(4): 528-535 DOI 10.1007/s12274-014-0419-x

Pressekontakt

Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB)

14109 Berlin

Firmenkontakt

Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB)

14109 Berlin

Weitere Informationen finden sich auf unserer Homepage