

An-Aus: Zellen schichtweise abbilden

Dreidimensionale Aufnahmen von Zellen, mit Gesamtauflösung unterhalb der Beugungsgrenze: photoschaltbare Fluoreszenzfarbstoffe machen es möglich.

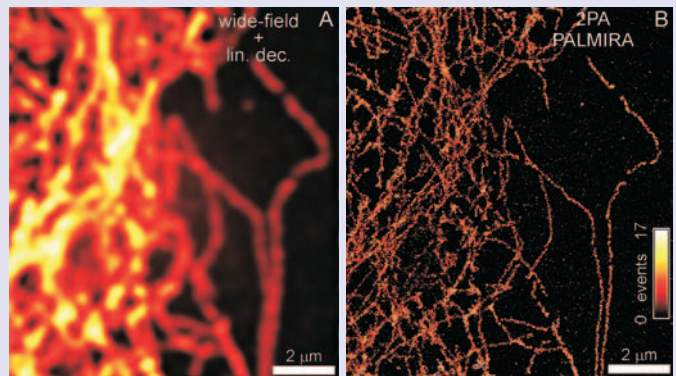
Mit photoschaltbaren Fluoreszenzfarbstoffen lassen sich hochaufgelöste 3D-Bilder transparenter, fluoreszenzmarkierter Objekte, etwa Zellen, aufnehmen. Die Moleküle lassen sich zwischen „fluoreszent“ und „nichtfluoreszent“ gezielt schalten. Bei den Untersuchungen werden vereinzelte isolierte Markermoleküle nach dem Zufallsprinzip gleichzeitig angeschaltet. So sind die fluoreszierenden (angeschalteten) Marker weiter voneinander entfernt als die minimale Distanz, die vom Mikroskop noch aufgelöst werden kann. Ihre Fluoreszenz wird ausgelesen, anschließend verlischt sie automatisch. Als nächstes werden weitere, benachbarte Moleküle zum Leuchten

gebracht und aufgenommen. Dieser Vorgang wird vielfach wiederholt, bis aus den vielen Pünktchen ein Bild entsteht. Eine Substanzklasse, die allen Anforderungen dieser „3D-Fernfeld-Mikroskopie“ entspricht, fanden die Forscher um Prof. Stefan Hell und Dr. Mariano Bossi vom Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie in Göttingen mit den Rhodaminamiden. Herzstück der Moleküle ist ein System aus fünf Ringen. In dieser Form ist die Verbindung farblos und fluoresziert nicht. Lichteinstrahlung erzeugt eine Isomerisierung, bei der einer der Ringe geöffnet wird. In dieser Form ist das Molekül rot und kann mehrfach hintereinander angeregt werden.

Rhodaminamide können entweder durch ein UV-Photon oder durch zwei Photonen im roten Bereich angeregt werden. Diese 2-Photonen-Anregung kann auf eine dünne Ebene fokussiert werden. Eine biologische Probe lässt sich so Ebene für Ebene aufnehmen, und die einzelnen Aufnahmen lassen sich zu einem Schichtbild rekonstruieren, wobei in der

Fokalebene Auflösungen weit unterhalb der Beugungsgrenze (10-30 nm) erreicht werden. [Fölling et al., *Photochromic Rhodamines Provide Nanoscopy with Optical Sectioning*, *Angewandte Chemie* 2007, 119, No. 33, 6382-6386]

www.gdch.de
www.mpibpc.mpg.de/groups/hell



Tubulin-Netz in einer PtK2-Zelle, gefärbt mit einem photochromischen Rhodaminamid (5-NHSS). Links Fernfeld-Aufnahme, rechts 2-Photonen-Bild bei 747 nm Anregungswellenlänge

Mit komprimiertem Laserblitz in die Attowelt

Durch einen besonders intensiven und kurzen Laserpuls lassen sich Gasatome zum Aussenden eines attosekundenkurzen Röntgenblitzes anregen.

Mit Laserpulsen lassen sich beispielsweise Elektronen kurzzeitig vom Atomkern entfernen. Beim Rekombinieren sendet das Atom z.B. einen Röntgenpuls aus. In einem konventionellen Laserpuls, der aus vielen Schwingungen besteht, tritt dieser Prozess der Rekombination und Emission mehrerer Male auf, einmal während jedes halben Wellenzyklus. Forschern an der Ludwig-Maximilians-

Universität München und am Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching unter der Leitung von Prof. Ferenc Krausz gelang es, Laserblitze zu erzeugen, bei denen mehr als die Hälfte der Energie in einem einzigen Schwingungszyklus steckt. Der hochintensive und extrem kurze Laserpuls erlaubt nur eine einzige hochenergetische Rekombination, bei der ein Lichtpuls mit breitem Spektrum im Bereich des weichen Röntgenlichts erzeugt wird.

Wird der hyperkurze Laserpuls auf einen Gasstrahl geschickt, setzt er dort den Vorgang der Freisetzung und Rekombination von Elektronen bei einer großen Zahl von Atomen im Gleichakt in Gang. Durch die kollektive Anregung

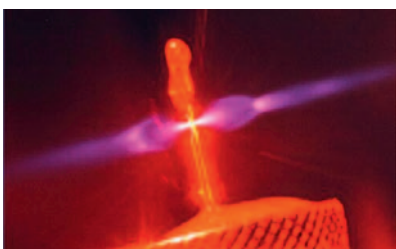
wird die Emission der Photonen gekoppelt, wodurch die einzelnen Atome alle zur gleichen Zeit und auf gleiche Weise einen ultrakurzen Röntgen-Blitz aussenden. So wird die räumliche und zeitliche Kohärenz des Laserstrahls vollständig auf den „Harmonischenstrahl“ übertragen und der leistungsstarke Röntgenpuls entspricht einem stark gebündelten laserartigen Strahl. Durch die Filterung des zentralen Spektralbereichs des Anregungslasers kann so ein Röntgenpuls mit nur 170 as Dauer erzeugt werden. Gegenwärtig werden Spiegel

entwickelt, die Röntgenstrahlen dieses Frequenzbereichs reflektieren und fokussieren können. Mit solchen Spiegeln wird sich voraussichtlich die erste Lichtquelle der Welt verwirklichen lassen, die leistungsstarke laserartige Röntgen-Blitze mit einer Dauer von weniger als 100 as erzeugen kann.

www.attoworld.de



Eine Vielschichtspiegel-Anordnung komprimiert Breitband-Laserpulse auf 1,5 Schwingungszyklen (Bild: T Naeser, MPQ)



Gas-Anregung: Das Gas strömt aus kleinen Öffnungen des Trägerröhrchens entlang des Laserstrahls