

Zuschauen bei der chemischen Reaktion

Detektivarbeit mit kurzen Laserpulsen

Viele chemische Prozesse geschehen unmerklich für den menschlichen Betrachter, weil sie entweder zu schnell oder zu langsam ablaufen. Der Mensch ist in der Lage, einen Zeitverlauf von Sekundenbruchteilen bis zu mehreren Tagen zu verfolgen. Sind Vorgänge jedoch wesentlich schneller oder langsamer, so entziehen sie sich unsere direkten Beobachtung. Die Zeitskala chemischer Veränderungen umfasst etliche Größenordnungen; in den extremen Bereichen versagt die menschliche Wahrnehmung. So ist etwa der Diamant, ein Symbol für Beständigkeit, in Wirklichkeit instabil: er verwandelt sich ganz langsam in Graphit. Das Ausmaß dieser Umwandlung ist in einer menschlichen Lebensspanne allerdings unbedeutend. Am anderen Ende des zeitlichen Kontinuums finden sich sehr schnelle chemische Prozesse. In außerordentlich rascher Abfolge erfahren einzelne Atome, Moleküle oder Molekülverbände chemische Veränderungen: Stöße mit Nachbarmolekülen und Wechselwirkungen mit der unmittelbaren Umgebung führen zu Energieaustausch, Drehung um Bindungsachsen, Vibrieren des gesamten Molekülgerüsts oder zur Bewegung einzelner Baugruppen und letztlich auch zum Ausbilden neuer chemischer Verbindungen.

Um **schnelle chemische Vorgänge** "in Echtzeit" zu verfolgen, wenden wir die laserinduzierte Fluoreszenzspektroskopie - kurz: LIF - mit Laserpulsen im Pikosekundenbereich an. Eine Pikosekunde ist der billionste Teil einer Sekunde ($1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$). Jeder Laserpuls entspricht dabei der Verschlusszeit bei der Fotografie, und so erhält man mit diesem Verfahren Momentaufnahmen des Reaktionsablaufs. Da nur "passendes" Licht von einem bestimmten Molekül aufgenommen ("absorbiert") wird, und es danach wiederum nur Licht charakteristischer Frequenzen (die Fluoreszenz) abstrahlt, kann man verschiedene Moleküle auch in sehr komplexen Reaktionssystemen unterscheiden.

Die Laser-Spektroskopie mit Pikosekunden-Pulsen ist besonders interessant für den Nachweis von Umlagerungen in biochemisch wichtigen Molekülen, wie DNA, Peptiden oder Proteinen. Mit spektroskopischen Methoden lässt sich feststellen, ob **Biomoleküle** an einer spezifischen Stelle miteinander wechselwirken, und ob räumliche Veränderungen in der Gegend dieser "aktiven" Zentren zu einem veränderten Reaktionsverhalten führen. Ein Beispiel ist die Wechselwirkung eines Wirkstoffes (oder ggf. Medikaments) mit einem Zielprotein. Nur dann, wenn sich beide Stoffe an der richtigen Stelle auf Abstände einiger Nanometer nahe kommen, kann die entsprechende Wechselwirkung stattfinden. Mit Fluoreszenzfarbstoffen markierte Bestandteile des Biomoleküls dienen dabei als molekulare Sonden für die Laseranalyse. Die untersuchten Fragestellungen reichen vom Studium der Reaktion pflanzlicher Proteine auf Stressfaktoren bis zur Identifizierung embryonaler Zellen im Blutplasma schwangerer Frauen zur Früherkennung möglicher Krankheitsrisiken.

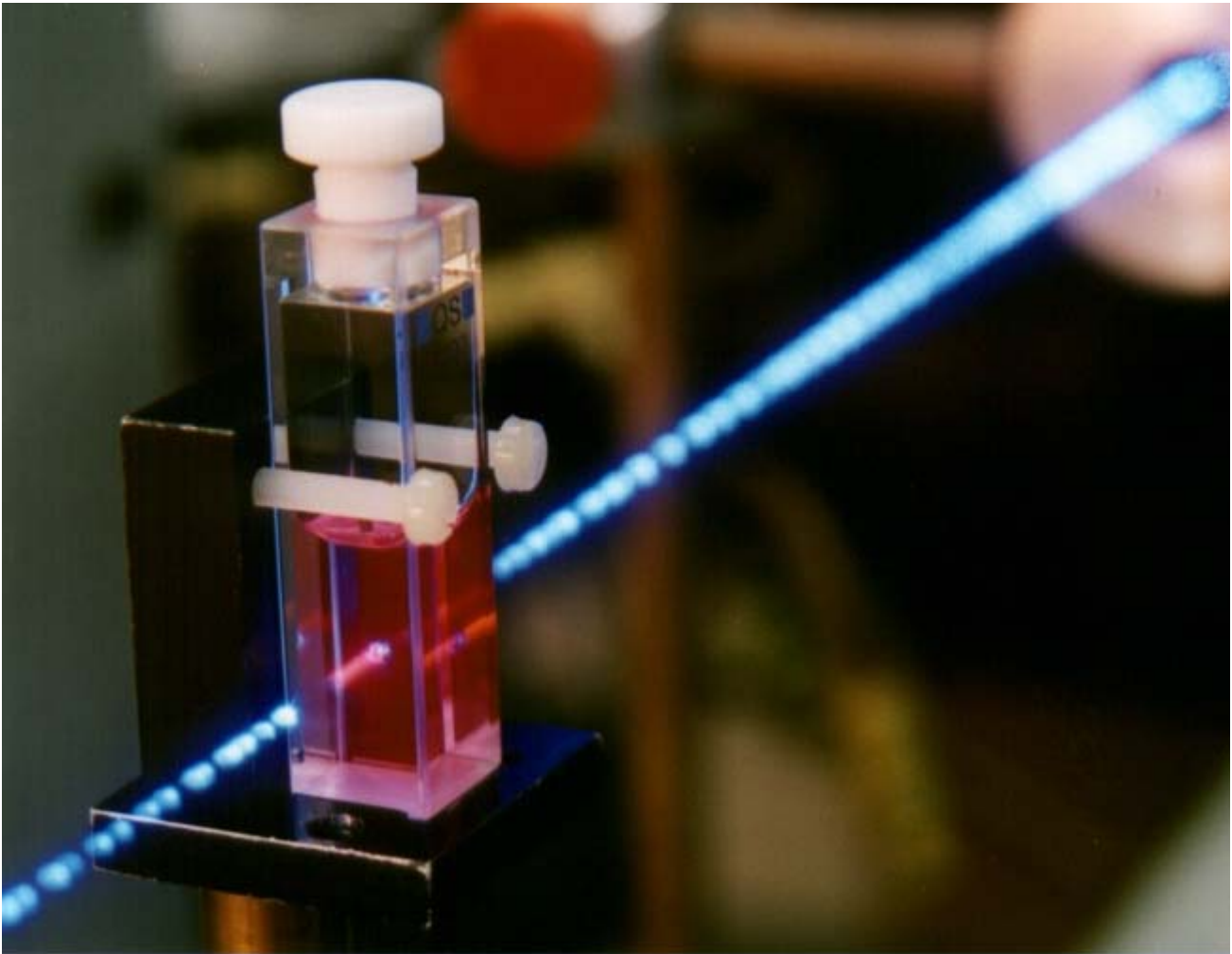


Bild 1: Mit Farbstoffen markierte Proteine werden mit kurzen Laserpulsen analysiert – die Lichtemission enthält charakteristische Information über die Proteinumgebung. Der Laserstrahl ist als Kette blauer Lichtpunkte zu erkennen (Autoren: Andreas Brockhinke und Regina Plessow).

Komplexe Reaktionssysteme finden sich jedoch nicht nur in der Biochemie. In unserem Fall sind das z.B. auch **Verbrennungsprozesse**, bei denen wir kurzlebige Zwischenprodukte nachweisen, die für die Schadstoffbildung interessant sind. Nicht nur das erwähnte LIF-Verfahren und weitere Lasertechniken kommen hierbei zum Einsatz, sondern auch verschiedene Arten der Massenspektrometrie. In Kombination erlauben diese Analysemethoden, sich detaillierte Einblicke in die sehr verschlungenen Reaktionswege vom Brennstoff-Luft-Gemisch bis hin zu hochmolekularen Rußvorläufern zu verschaffen und so die Grundlage für Strategien zur Schadstoffminderung zu schaffen und zu erweitern.

Andere Reaktionssysteme, in denen der Nachweis einzelner Zwischenprodukte Auskunft über den Reaktionsablauf geben kann, sind solche zur **Materialabscheidung aus der Gasphase**. Mit sogenannten CVD-Verfahren (CVD= Chemical Vapour Deposition) werden in einer geeigneten Reaktionsumgebung auf vorbehandelte Unterlagen ("Substrate") dünne Schichten abgeschieden, die besondere Eigenschaften haben, also z.B. besonders verschleißfest oder extrem leitfähig sind. Anwendungen reichen von der Herstellung höchstintegrierter Bauelemente über effiziente Katalysatoren und kostengünstige Solarzellen bis zu hochtemperaturfesten Turbinenschaufeln für zukünftige Kraftwerke.

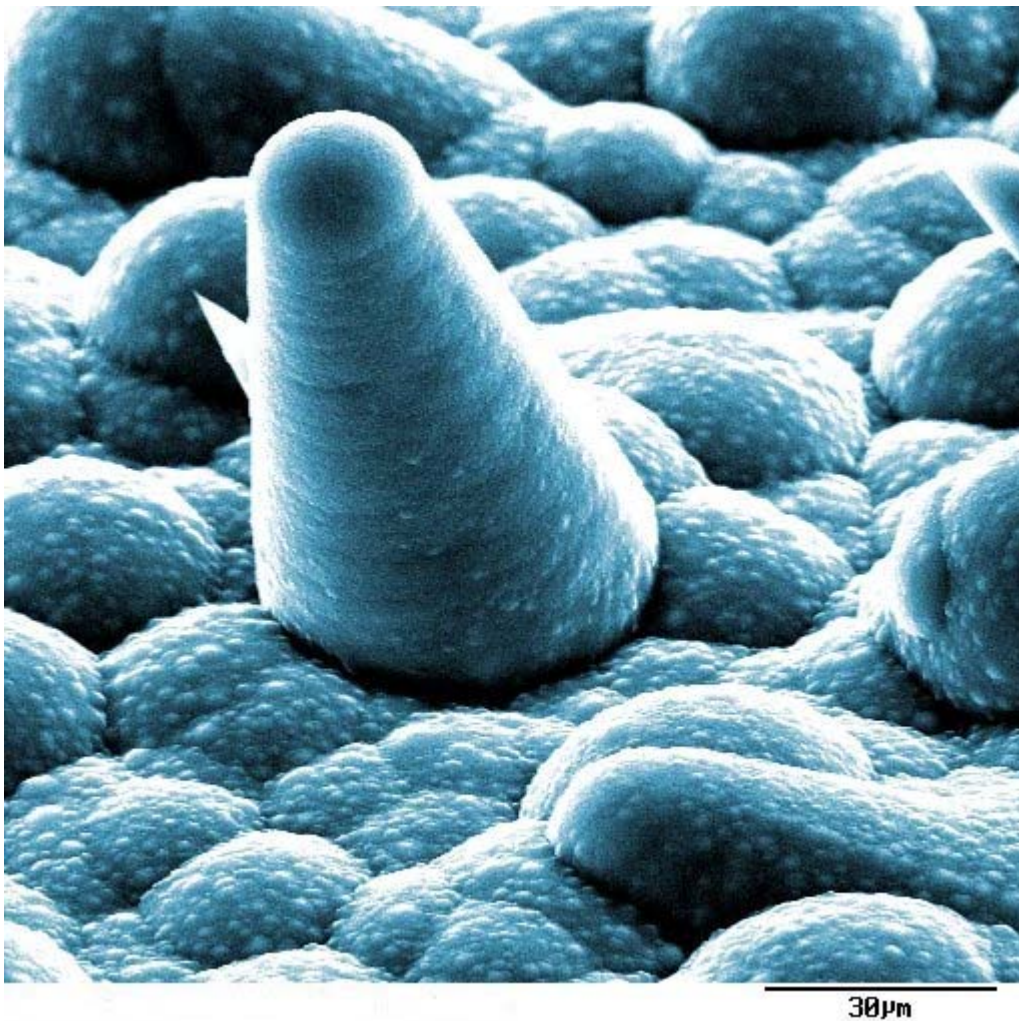


Bild 2: Turm aus Silizium. Solche kegelförmigen Strukturen entstehen bei der chemischen Abscheidung von Silizium aus der Gasphase an bestimmten Fehlstellen im Trägermaterial (farbig unterlegte elektronenmikroskopische Aufnahme, Autoren: Michael Hofstätter und Iolanda Hattesoehl).

- Möchten Sie mehr über unsere Forschung und die Arbeit in unserer Gruppe wissen?
- Interessiert es Sie, wer diese Forschung macht und warum?
- Wüssten Sie gern, was man mit einer solchen Ausbildung später anfängt?

Unter <http://pc1.uni-bielefeld.de/bunsen/> finden Sie in allgemein verständlicher Form Informationen über unsere Forschungsprojekte und deren Ergebnisse, Bilder von Versuchsanlagen und Erfahrungsberichte aus dem physikalisch-chemischen Alltag - in Bielefeld und bei Messkampagnen im In- und Ausland.

Verantwortlich/Kontakt:

Prof. Dr. Katharina Kohse-Höinghaus
kkh@pc1.uni-bielefeld.de
und Dr. Andreas Brockhinke
brockhinke@pc1.uni-bielefeld.de
Lehrstuhl für Physikalische Chemie I,
Universität Bielefeld
Universitätsstr. 25
33615 Bielefeld