

Neues System für die Hochdruckforschung

Licht ins Dunkel des Ultrahochdrucks

Ein Forscherteam des Lehrstuhls für Maschinen- und Apparatekunde des TUM-Wissenschaftszentrums Weihenstephan (Prof. Karl Sommer) hat ein System entwickelt, mit dessen Hilfe mikroskopisch kleine Strukturen im Druckbereich bis 3000 bar in situ beobachtet werden können. Das System eröffnet der Hochdruckforschung neue, ungeahnte Möglichkeiten.

Über hundert Jahre liegen die ersten Versuchen zurück, Produkte mittels Hochdruck zu konservieren. Seitdem ist bekannt, dass hoher hydrostatischer Druck Einfluss auf biologische Zellen ausübt. Die heutigen Hochdruckanwendungen gehen weit über die Konservierung von Lebensmitteln hinaus: Reaktionen werden verlangsamt oder beschleunigt, Produkte modifiziert, Phasenübergänge verschoben. Die Anwendungsmöglichkeiten sind mannigfaltig und disziplinübergreifend, und fortwährend kommen neue hinzu. Abgesehen von verschiedenen etablierten In-situ-Messverfahren beschränkten sich die mikroskopischen Untersuchungen in der Hochdruckforschung größtenteils auf Ex-situ-Analysen. Dabei werden die Proben jeweils vor und nach der Druckapplikation unter dem Mikroskop untersucht. Besonders wichtig sind jedoch die Vorgänge, die während einer Druckapplikation ablaufen. Qualitativ hochwertige mikroskopische Bilder mit hoher Auflösung (unter $1 \mu\text{m}$) bei hohem Druck zu erlangen, war jedoch bisher nicht möglich. Deshalb schien es dringend nötig, ein mikroskopisches In-situ-Verfahren zu entwickeln.

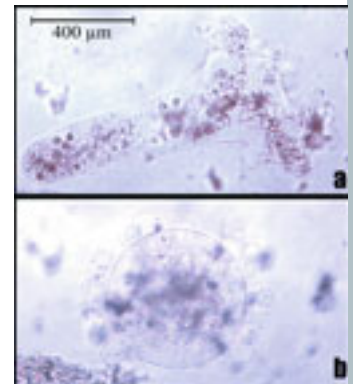


Die an ein Fluoreszenzmikroskop adaptierte Hochdruckzelle.

Foto: Markus Hartmann

Dem Hochdruckteam des TUM-Lehrstuhls ist es gelungen eine Hochdrucksichtzelle zu konstruieren und anzufertigen, die qualitativ hochwertige Bilder bis zu einem Druck von 300 Mega-Pascal (Mpa) zulässt. Bevor die Wissenschaftler an die Konstruktion der Zelle gehen konnten, mussten sie die optischen Aspekte genau analysieren; die Ergebnisse dienten als Voraussetzung für das Design. Die so genannte Hartmann-Pfeifer-Dornheim-Sommer-(HPDS)-Hochdruckzelle, das Herzstück des Systems, ist ein Produkt der Zusammenarbeit des TUM-Lehrstuhls mit einem innovativen Maschinenbauunternehmen aus Thüringen. Das gesamte System besteht aus der HPDS-Hochdruckzelle, einem Druckerzeuger und einem Umkehrmikroskop mit angeschlossener Bildanalyse. Ein beson-

deres Merkmal der Zelle ist die Art der Abdichtung: Bis zu einem Druck von etwa 50 MPa dichtet ein herkömmlicher O-Ring das System ab, bei höherem Druck beginnt ein progressiv arbeitendes Dichtsystem zu wirken. Die erforderliche Dichtigkeit kommt dadurch zustande, dass ein Überdruck im Probenraum metallische Wandflächen aufeinander presst. In Deckel und Unterteil ist jeweils ein konisch exakt geschliffenes Saphirfenster eingepasst. Im unteren Teil ist dessen Fassung so konstruiert, dass sich die mikroskopischen Objektive im benötigten Arbeitsabstand betreiben lassen.



Amöbe unter Hochdruck;
a: Zu Beginn der Untersuchung bei atmosphärischem Druck,
b: dieselbe Zelle bei 1000 bar.
Foto: Markus Kreuz

Die Überprüfung der maximalen optischen Auflösung des Systems ergab, dass sich zwei Punkte im Abstand von $0,56 \mu\text{m}$ noch voneinander unterscheiden lassen (optische Auflösungsgrenze); die aufgenommenen Bilder sind von sehr guter Qualität. Abgesehen von Durchlicht und Auflicht im Hellfeld kann ebenso mit Phasenkontrast gearbeitet werden. Mit Hilfe des

neuartigen Messsystems konnten bereits hochdruckbedingte Veränderungen an Zwiebelepithelzellen, Stärkekörnern, Süßwasseralgen und Amöben beobachtet werden. Für Versuche in Zusammenarbeit mit dem WZW-Lehrstuhl für Energie- und Umwelttechnik der Lebensmittelindustrie (Prof. Roland Meyer-Pittroff) und der Medizinischen Klinik III der Universität Erlangen wurde das System mit Erfolg an ein Fluoreszenzmikroskop adaptiert. Dadurch lassen sich mit verschiedenen Fluoreszenzfarbstoffen Veränderungen an humanen und auch nicht-humanen Zellen erzielen.

Die Ergebnisse der Versuche lassen absehen, dass das neuartige Messsystem der Hochdruckforschung neue, noch ungeahnte Dienste leisten kann. Begeistert von dem erreichten Etappenziel, befasst sich der Lehrstuhl bereits mit einer Möglichkeit, in noch höhere Druckbereiche vorzustoßen, ohne an optischer Qualität einzubüßen. Durchgeführt werden konnte das Projekt dank Mitteln der Leonhard-Lorenz-Stiftung und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung.

Markus Hartmann

Dipl.-Ing. Markus Hartmann
Lehrstuhl für Maschinen- und Apparatekunde
Tel.: 08161/71-4231, m.hartmann@bl.tum.de