



Sprengstoff explodiert in Zeitlupe

Der Sprengstoff TNT explodiert auf molekularer Ebene viel langsamer als bisher angenommen. Zu diesem überraschenden Ergebnis kamen Wissenschaftler um Prof. Paul Scheier vom Institut für Ionenphysik und Angewandte Physik der Universität Innsbruck. Mit einem neuen Verfahren konnten sie den chemischen Prozess in Zeitlupe beobachten.

Die Innsbrucker Forschungen liefern unter anderem für die praktische Arbeit von Entminungsdiensten die wissenschaftliche Grundlage. Bereits bisher werden Minen und Bomben abgekühlt, bevor mit der Entschärfung begonnen wird. TNT (Trinitrotoluol) ist einer der meist verwendeten, synthetisch gefertigten Sprengstoffe und zählt zu den wichtigsten militärischen Explosivstoffen. Wird dem Sprengstoff Energie zugeführt, zerfällt die instabile Substanz in energieärmere Verbindungen und setzt dabei enorme Mengen an Energie frei. Weil Sauerstoff als Brennstoff für die Explosion bereits in das Molekül eingebaut ist, kann sich die Detonation von TNT mit einer gewaltigen Geschwindigkeit von mehreren tausend Metern pro Sekunde ausbreiten. Wie Wissenschaftler um Prof. Paul Scheier nun aber zeigen konnten, dauert das eigentliche Zünden des Sprengstoffs, der chemische Zerfallsprozess des Moleküls, sehr viel länger als bisher vermutet. „Nach unseren Beobachtungen handelt es sich dabei um einen für molekulare Verhältnisse sehr langsamen Prozess“, sagt Scheier. „Von der Anlagerung eines Elektrons bis zum Zerfall des Moleküls vergehen mehrere Mikrosekunden. Auf molekularer Ebene ist das eine halbe Ewigkeit.“

Zeitlupenstudie

Um den Zerfall von TNT zu studieren, hat Paul Scheier mit seinem Team den Explosionsprozess des Sprengstoffs quasi eingefroren. Dazu brachten die Forscher die explosiven Moleküle in ultrakalte Heliumtröpfchen ein und kühlten sie damit extrem stark ab. Dann beschossen sie das TNT mit langsamen Elektronen und analysierten die Zerfallsprozesse in einem Massenspektrometer. „Die Hülle aus Heliumatomen friert die – durch das Elektron ausgelöste – Explosion ein, und wir beobachten in unserem Massenspektrometer keine Zerfallsprodukte“, erklärt Scheier. Dieses Phänomen überraschte die Wissenschaftler, weil ein früheres Experiment ohne die Heliumtröpfchen einen sehr raschen Zerfall des Sprengstoffs zeigte. „Ohne Helium strukturiert sich das Molekül nach der

Anlagerung des Elektrons langsam um und einzelne Stücke brechen nach und nach ab. So entstehen neutrale Teilchen mit sehr hoher Bindungsenergie. Die überschüssige Energie wird an die Umwelt abgegeben und hält die Reaktion in Gang“, erläutert Scheier. „Weil diese Energie in unserem Experiment vom Helium aufgenommen wird, können wir den Explosionsvorgang dramatisch verlangsamen und schrittweise genau beobachten.“ Diese Ergebnisse haben die Innsbrucker Forscher nun in der Fachzeitschrift „Physical Chemistry Chemical Physics“ veröffentlicht. Unterstützt wurden sie bei Ihren Forschungen vom Österreichischen Wissenschaftsfonds (FWF), der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) und der Europäischen Kommission.

Der an der Universität Innsbruck entwickelte Apparat zur Analyse von Molekülen in ultrakalten Heliumtröpfchen ist weltweit einzigartig. Als nächste Substanz will Scheier das hochbrisante Royal Demolition Explosive (RDX) analysieren. Neben der Untersuchung von Sprengstoffen kann das Instrument zur Erforschung sämtlicher Arten molekularer Prozesse bei instabilen Substanzen eingesetzt werden. „Wir können hier sehr elegant die einzelnen Zerfallsprozesse studieren“, freut sich der Physiker. Die Innsbrucker Gruppe hat bisher unter anderem im Auftrag des britischen Verteidigungsministeriums die Eigenschaften von Sprengstoffen erforscht und auch international beachtete Beiträge zur Detektierung gefährlicher Explosivstoffe geleistet. Die Ergebnisse all dieser Grundlagenforschungen fließen in die tägliche Praxis von Entminungsdiensten, aber auch in die Verwendung von Sprengstoffen im Bergbau sowie im Straßenbau ein.

Bilder unter: <http://www.uibk.ac.at/ionen-angewandte-physik/media/photos.html>

Publikation: Electron Q1 attachment to trinitrotoluene (TNT) embedded in He droplets: complete freezing of dissociation intermediates in an extended range of electron energies. Mauracher A, Schöbel H, Ferreira da Silva F, Edtbauer A, Mitterdorfer C, Denifl S, Märk TD, Illenberger E, Scheier P. Physical Chemistry Chemical Physics 2009.

<http://dx.doi.org/10.1039/b908192e>

Kontakt:

Univ.-Prof. Dr. Paul Scheier

Institut für Ionenphysik und Angewandte Physik

Technikerstrasse 25, A-6020 Innsbruck

Telefon: +43(0)512/507 6243

Mail: paul.scheier@uibk.ac.at

Web: <http://www.uibk.ac.at/ionen-angewandte-physik>