

Raman-Spektroskopie: ein Schlüssel zur Lösung vieler physikalisch-chemischer und biophysikalischer Fragestellungen

Den überwiegenden Teil unserer heutigen Kenntnisse über die Struktur der Atome oder Moleküle verdanken wir laserspektroskopischen Untersuchungen. Eine laserspektroskopische Methode, die es erlaubt, detaillierte Informationen direkt auf molekularer Ebene zu gewinnen, ist die Raman-Spektroskopie. Derartig spezifische Informationen, wie sie die Raman-Spektroskopie liefern kann, kann man mittels anderer laserspektroskopischer Methoden nur bedingt erhalten. So liefert die Raman-Spektroskopie nicht nur detaillierte Informationen über den strukturellen Aufbau von organischen, anorganischen und biologischen Molekülen, sondern sie gewann speziell in den letzten Jahren zur Untersuchung biologisch-medizinischer Fragestellungen auf molekularer Ebene zunehmend an Bedeutung.



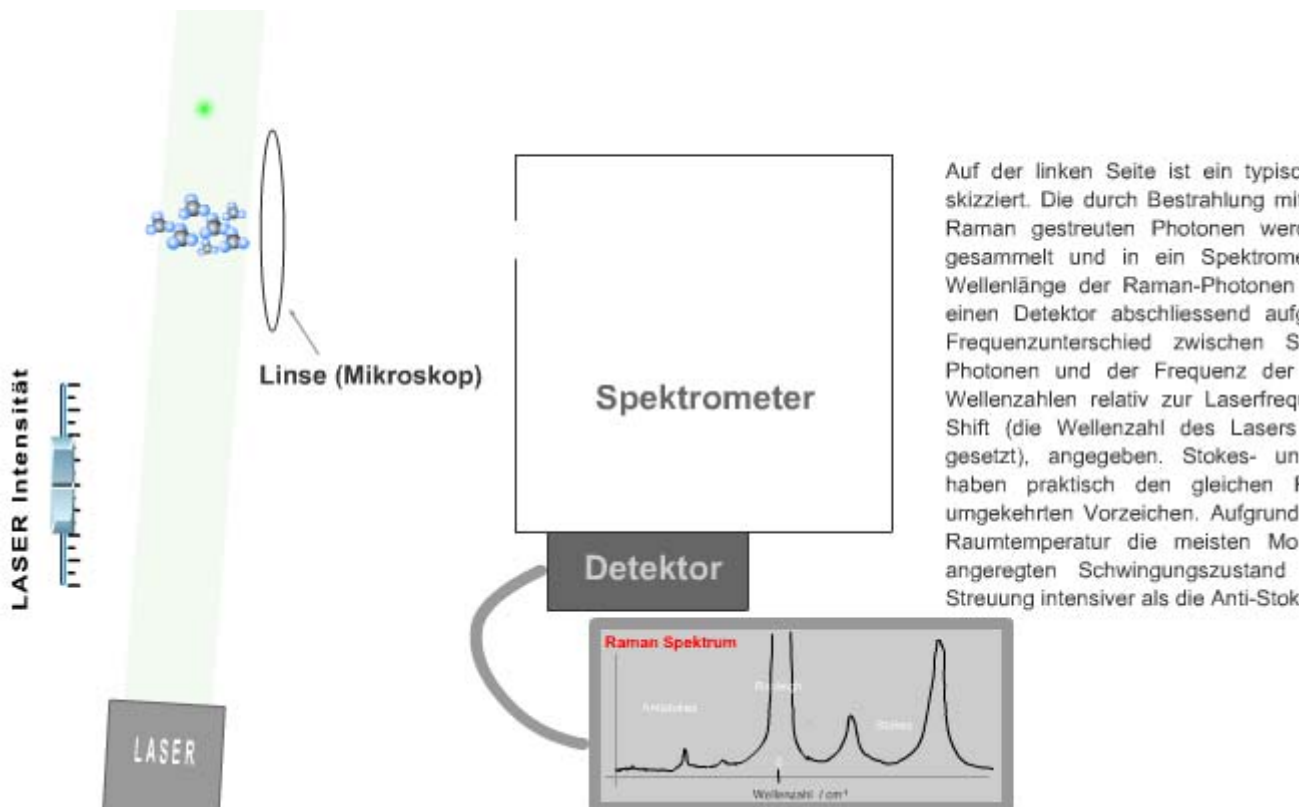
Die nachfolgenden Seiten sollen einen kurzen Einblick in das Leistungsvermögen der Raman-Spektroskopie gewähren. So sollen die physikalischen Grundlagen dieser Technik erläutert werden, um anschließend die verschiedenen Anwendungsbereiche der Raman-Spektroskopie aufzuzeigen.

Was ist Raman-Spektroskopie?

The diagram illustrates the Raman effect. A laser at 493 nm excites a molecule from the ground state S_0 to the excited state S_1 . The ground state S_0 has vibrational levels v_0 , v_1 , and v_2 . The excited state S_1 has vibrational levels v_0 and v_1 . Transitions are shown from S_0 to S_1 and back. The diagram also shows a molecule and a laser source.

Der Raman-Effekt wurde im Jahre 1928 von Raman (s. Krishnan in Indien an Flüssigkeiten und fast gleichzeitig an Festkörpern entdeckt, nachdem ihn Smoluchowski vorhergesagt hatte. In den ersten Jahren nach der Entdeckung dieses Effektes wurde er vorwiegend zur Strukturaufklärung anorganischen Substanzen in flüssiger Phase eingesetzt. Die Erfindung der Laser im Jahre 1960 hat die Raman-Spektroskopie eine neue Blütezeit beschert. Die Raman-Spektroskopie liefert detaillierte Informationen über die Rotationszustände von Molekülen. Der Raman-Effekt ist die Wechselwirkung von elektromagnetischer Strahlung mit den Schwingungen der Moleküle. Zur Anregung wird die Probe mit einem intensiven Laser bestrahlt. Während der größte Teil (99,99 %) des Lichts durchstrahlt, wird ein kleiner Anteil an den Molekülen gestreut. Diese sog. elastische Lichtstreuung der Lichtquanten an Molekülen bezeichnet man als Rayleigh Streuung. Sie hat die gleiche Farbe wie die des Laserlichtes. Ein noch viel geringerer Anteil des Laserlichts wird inelastisch an den Molekülen gestreut, d.h. durch die Wechselwirkung eine andere Frequenz (Farbe) als das einfallende Laserlicht. Diese inelastische Streuung bezeichnet man als Raman-Streuung. Die Tatsache, dass sich die Elektronenhülle eines Moleküls durch die Schwingungen der Kerne des Moleküls gegeneinander schwingen, führt zu einer Wechselwirkung zwischen den inelastisch gestreuten Lichtquanten und den Molekülen. Lichtquanten enthält somit Informationen über die Schwingungszustände der Moleküle. In den folgenden werden der elastische Streuprozess (Rayleigh-Streuung) und die verschiedenen inelastischen Streuprozesse (Stokes- und Anti-Stokes-Streuung) sowie ein mit der Raman-Streuung konkurrierender Prozess (Compton-Effekt) erläutert.

Wie kann man ein Raman-Experiment durchführen?



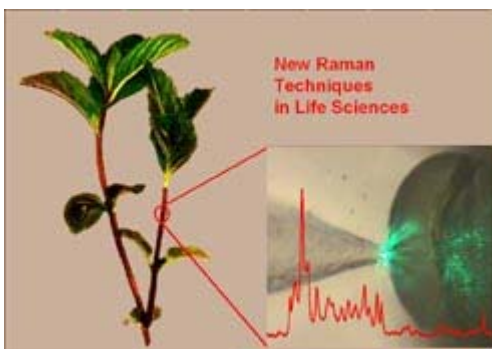
Kombiniert man ein derartiges Raman-Spektrometer mit einem konventionellen (Mikro-Raman-Spektroskopie), ist eine axiale und laterale Auflösung bis in den μm realisierbar. Mit einem solchen Aufbau lassen sich durch systematisches Abrastern oder dreidimensionale Raman-Bilder von einzelnen Zellen, Zellorganellen etc. aufz Anwendungsgebiete der Raman-Spektroskopie).

Wo findet die Raman-Spektroskopie ihre Anwendung?

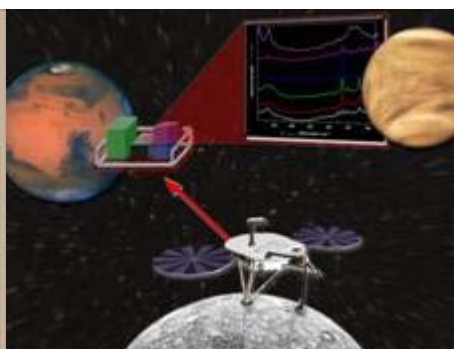
Molekül- und Strukturanalyse mit der Raman-Spektroskopie

(ausgewählte Beispiele; weitere Beispiele und Informationen finden Sie auf den Homepages der beiden Lehrstühle)

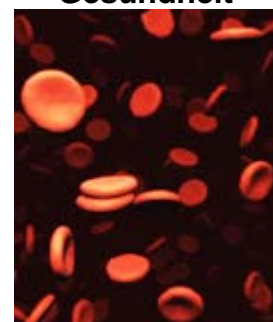
Biologie und Medizin



Mineralogie und Planetologie



Umwelt und Gesundheit



©PhotoDisc

(Flash-Animationen: Copyright © 2003, Nicolae Tarcea)