

Kurzdarstellung der Diplomarbeit

„Multiple Scattering of Intense Laser Light in a Cloud of Cold Atoms“

von Tobias Binniger

betreut von Prof. Dr. Andreas Buchleitner

in Zusammenarbeit mit PD Dr. Thomas Wellens & Dr. Vyacheslav Shatokhin

Innerhalb periodisch geordneter Medien können sich Wellenfelder prinzipiell beliebig weit ausbreiten. Ein Beispiel hierfür sind die unendlich ausgedehnten elektronischen Blochwellen in Festkörperkristallen. Dieses Bild ändert sich in drastischer Weise im Fall ungeordneter Medien. Die Unordnung in der Anordnung der Streuzentren führt zur Behinderung der kohärenten Wellenausbreitung. Dies geschieht durch die verstärkte Rückstreuung der Wellen in die Richtung entgegengesetzt zur Ausbreitungsrichtung. Diese kohärente Rückstreuung in ungeordneten Medien ist im Falle linearer Streuung gut verstanden mit dem Ergebnis, dass die gemittelte Intensität des Streulichtes in Rückstreurichtung doppelt so groß ist wie in alle anderen Richtungen. Diese Tatsache gilt nicht mehr, wenn der Einfluss von Nichtlinearitäten auf den kohärenten Wellentransport berücksichtigt wird. Jüngste Experimente zur kohärenten Rückstreuung intensiven Laserlichtes von einer Wolke kalter Atome ergaben eine Verringerung des Rückstreueffektes im Vergleich zum Fall linearer Streuung bei niedriger Laserintensität. Da bei hoher Laserintensität die atomaren Übergänge von der einfallenden resonanten Strahlung gesättigt sind, streuen die Atome das Laserlicht nichtlinear und inelastisch. Bisher fehlte hier ein quantitatives theoretisches Verständnis des beobachteten Streusignals, da insbesondere die Frequenzveränderung aufgrund der inelastischen Streuung eine enorme Komplikation darstellt.

In der vorliegenden Diplomarbeit wurde ein semiklassisches Modell zur Beschreibung der nichtlinearen und inelastischen Vielfachstreuung von Laserlicht in einem ungeordneten Medium aus gesättigten Atomen entworfen. Hierfür wurde die Theorie für klassische nichtlineare Vielfachstreuung mit dem „Pump-Probe“ Ansatz verbunden. In einer vollständig quantenmechanischen Behandlung wechselwirken die Atome durch Photonen-austausch. Innerhalb des „Pump-Probe“ Ansatzes werden diese quantenmechanischen Wechselwirkungen jedoch durch klassische elektromagnetische Streufelder ersetzt – ein Vorgehen, welches für das Zweifachstreusignal nachweislich zu den richtigen Ergebnissen führt.

Die Eigenschaften der gestreuten Felder innerhalb der Atomwolke, insbesondere die ortsabhängige spektrale Intensitätsverteilung, wurden mit Hilfe der polychromatischen sto-

chastischen optischen Blochgleichungen berechnet. Diese Gleichungen beschreiben die zeitliche Entwicklung eines einzelnen Zwei-Niveau-Atoms, welches sowohl vom Laserfeld getrieben wird als auch von den Sekundärfeldern, die von allen anderen Atomen abgestrahlt werden. Da sich die spektrale Intensitätsverteilung dieser Sekundärfelder wiederum aus der Lösung der optischen Blochgleichungen aller anderen Atome ergibt, entsteht ein komplexes System gekoppelter Integral- und Differentialgleichungen. Diese Gleichungen müssen mit dem Ziel gelöst werden, selbstkonsistente Feldintensitäts- und Spektralverteilungen innerhalb des Mediums zu finden. Dieses Ziel wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit mit Hilfe eines neu entwickelten numerischen Algorithmus erreicht. Dieser Algorithmus löst das System von Integralgleichungen iterativ, wobei innerhalb jeder Iteration sämtliche stochastischen optischen Blochgleichungen in einem Monte Carlo Runge-Kutta Verfahren gelöst werden.

Die in dieser Diplomarbeit berechneten Feldeigenschaften innerhalb der Atomwolke ermöglichen als nächsten Schritt die Berechnung des Streufeldes an einem Detektor außerhalb der Atomwolke und damit die Berechnung des kohärenten Rückstreuereffektes bei nichtlinearer und inelastischer Streuung.