

Versuch Nr. 17

Mößbauerereffekt

Ort: Physik-Department E15, Raum 2352

Betreuer: F. E. Wagner

Unter Resonanzabsorption von Gammastrahlung versteht man einen Prozess, bei dem von einem Atomkern emittierte Gammastrahlung von einem anderen Atomkern derselben Art absorbiert wird, wobei dieser vom Grundzustand in einen angeregten Zustand übergeht. Solche Absorptionsprozesse werden allerdings dadurch behindert, dass bei der Emission und Absorption kinetische Rückstoßenergie an die Kerne übertragen wird. Daher reicht die Gammaenergie im Allgemeinen nicht mehr zur Anregung anderer Kerne aus. Im Jahr 1958 hat R. L. Mößbauer entdeckt, dass in Festkörper eingebaute Kerne ohne Rückstoßenergieverlust Gammaquanten emittieren und absorbieren können; für diese Entdeckung erhielt er 1961 den Nobelpreis.

Mößbauers Entdeckung ermöglicht es, die enorme Energieschärfe der Gammaresonanz zur Untersuchung von Hyperfeinwechselwirkungen zu benutzen, also von magnetischen und elektrostatischen Wechselwirkungen zwischen den Atomkernen und der Elektronenhülle. Man benutzt dafür eine radioaktive Quelle, die nach einem Betazerfall die entsprechende Gammastrahlung aussendet, und beobachtet die Absorption dieser Strahlung in einem Absorber. Im Absorber werden die Kernniveaus durch die Hyperfeinwechselwirkungen aufgespalten, so dass statt einer Resonanz mehrere entstehen. Diese Hyperfeinstruktur der Kernzustände kann man abtasten, indem man die Gammaenergie der Quelle durch Dopplereffekt geringfügig verändert. Dazu genügen meist bereits Bewegungsgeschwindigkeiten von einigen Millimetern pro Sekunde. Diese spektroskopische Methode wird als Mößbauerspektroskopie bezeichnet und ist zu einer Standardmethode zur Untersuchung von Hyperfeinwechselwirkungen in Festkörpern geworden. Die Hyperfeinwechselwirkungen geben Aufschluss über magnetische, strukturelle und chemische Eigenschaften der untersuchten Substanzen. Die direkt beobachteten Größen sind dabei das magnetische Hyperfeinfeld, der Gradient des elektrischen Feldes und die Elektronendichte am Ort des Mößbauerkerns.

Der Praktikumsversuch wird mit dem Mößbauerisotop ^{57}Fe durchgeführt, das einerseits eine sehr gute Energieauflösung liefert und andererseits wegen der großen Häufigkeit und der technischen Bedeutung von Eisen zu den vielfältigsten Anwendungen in der Festkörperphysik, der Chemie und den Geowissenschaften geführt hat. Wegen der guten Eignung der Mößbauerspektroskopie zur Untersuchung von Mineralen fliegt auf jeder der drei Raumsonden, die gegenwärtig zum Mars unterwegs sind, ein Mößbauerspektrometer mit.

Nach einer Einführung in die Messtechnik und der Eichung der Dopplergeschwindigkeit mit einem Interferometer werden Mößbauerspektren von eisenhaltigen Substanzen gemessen. Es ist vorgesehen, Eisenoxid (Hämatit, Fe_2O_3) bei verschiedenen Temperaturen zu untersuchen. Aus den Messergebnissen kann man Rückschlüsse auf Änderungen der Spinstruktur bei einem magnetischen Phasenübergang (Morinübergang) im Hämatit bei etwa 250 K ziehen. Die Praktikumssteilnehmer können aber auch selbst vorschlagen, welches oder welche eisenhaltigen Materialien sie untersuchen wollen oder selbst Proben zur Untersuchung mitbringen. Die Auswahl ist groß, da viele Materialien hinreichend viel Eisen enthalten.