



## V8 – Elektronenspinresonanz (ESR)

Ort: F-Praktikum C60.007

Betreuer: K. Hered

Die Elektronenspinresonanz (ESR) ist ein Verfahren zur Untersuchung von Stoffen mit permanenten magnetischen Momenten, wobei Mikrowellen zur Anregung in äußeren Magnetfeldern verwendet werden. Mit dieser Resonanzmethode sind Aussagen zum Elektronenspin, dem damit verknüpften magnetischen Moment, den gequantelten Einstellmöglichkeiten in einem äußeren Magnetfeld und den damit verbundenen Energieniveaus möglich. Einige Anwendungsbeispiele sind z.B. der Nachweis von Störstellen in Festkörpern, Untersuchung von Bindungsverhältnissen oder Messung von Spindichten. Innerhalb des durchzuführenden Versuches wird der Landé–Faktor für den Spin des freien Elektrons  $g_S$  bestimmt. Dabei wird eine DPPH-Probe verwendet, wobei die verwendeten Moleküle ein freies Radikal besitzen, welches bewirkt, dass man von reinem Spinmagnetismus als Ursache für die magnetischen Eigenschaften ausgeht.

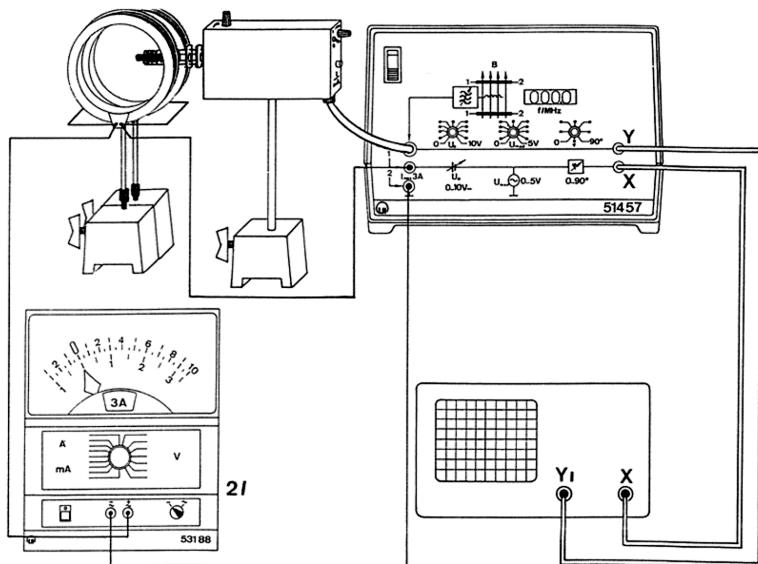
1. Erfassen der  $B(I)$ -Kennlinie.
  2. Bestimmen des Landé-Faktors über die für die verschiedenen ESR-Resonanzen charakteristischen Werte der Frequenz  $f$  und des zugehörigen Spulenstroms  $I_R$ .
    - Zeitskalierung des Oszilloskops: 5 ms
    - Frequenzbereich 20 MHz . . . 120 MHz
  3. Bestimmung der Halbwertsbreite.
    - Oszilloskop in XY-Darstellung betreiben und Resonanzbedingung für jeweilige Frequenz erneut einstellen (x-Ablenkung: 0.2 V/cm).
    - Durch Variation von  $U_{\text{mod}}$  das Resonanzsignal über die gesamte Schirmbreite ausdehnen.
    - Auf Wechselstromanzeige umschalten und die zugehörige effektive Stromstärke  $I_{\text{mod}}$  messen.
    - Halbwertsbreite  $\delta U$  auf dem Oszilloskop ablesen.
- 
1. Grafische Darstellung der Zusammenhänge  $B(I)$ ,  $I_R(f)$ ,  $B_R(f)$ . Vergleich von gemessenen Magnetfeldwerten mit nach dem Biot-Savartschen Gesetz berechneten Werten.
  2. Ermittlung des Landé-Faktors  $g_S$  aus der:
    - 2.1 Resonanzbedingung  $g_S \mu_B B = hf$
    - 2.2  $I_R(f)$ -Kurve unter Verwendung des Biot-Savartschen Gesetzes
    - 2.3  $B_R(f)$ -Kurve unter Verwendung der Resonanzbedingung mit Fehlerrechnung.
  3. Bestimmung der Halbwertsbreite  $\delta B_R$  aus  $\delta U$ . Abschätzen einer oberen Schranke  $T$  für die Lebensdauer des Spinniveaus für verschiedene Frequenzen.



Magnetismus: Arten und ihre Ursachen (Diamagnetismus und Paramagnetismus), magnetisches Moment (Spin- und Bahndrehimpuls, LS-Kopplung), Bohrsches Magneton, Landé–Faktor, Larmorpräzession, Zeeman–Effekt, Elektronenspinresonanz: grundlegende physikalische Beziehungen, Aussagen und Anwendungen, Heisenbergsche Unschärferelation, Helmholtz-Spulenpaar, DPPH

1. Haken, H., Wolf, H. C.: Atom- und Quantenphysik, Springer-Verlag, Berlin, **Kap. 12, 13** (Literaturmappe)
2. Magnetismus 1: Vorlesungen von 22.05.2025: elements of quantum mechanics (Folie 23-36, part 1) und spin-orbit coupling, Lande factor etc. (Folie 9-22, 32-35, part 1), ggf. auch mit zugehörigen Videos (in englisch); Links (Anmeldung über URZ-Login):  
[https://www.tu-chemnitz.de/physik/MAGFUN/skripte/25/magnetismus/Magnetismus1\\_Video\\_20250522\\_Elements\\_of\\_quantum\\_mechanics/video.html](https://www.tu-chemnitz.de/physik/MAGFUN/skripte/25/magnetismus/Magnetismus1_Video_20250522_Elements_of_quantum_mechanics/video.html)  
[https://www.tu-chemnitz.de/physik/MAGFUN/skripte/25/magnetismus/Magnetismus1\\_Video\\_20250522\\_Spin-orbit\\_coupling,\\_Lande\\_factor\\_etc/video.html](https://www.tu-chemnitz.de/physik/MAGFUN/skripte/25/magnetismus/Magnetismus1_Video_20250522_Spin-orbit_coupling,_Lande_factor_etc/video.html)
3. Elektronenspinresonanz an DPPH, Datenblatt Leybold (Literaturmappe)
4. Weißmantel, Ch., Hamann, C.: Grundlagen der Festkörperphysik, Barth-Verlag, Leipzig, 1995, **Kap. 10 (Vertiefung)**, Literaturmappe

Quellen 1 und 2 eignen sich gut um die zugrundeliegende Physik insbesondere von magnetischen Momenten und der Methode der ESR zu recherchieren. Quelle 3 beschreibt den Versuch mit Anleitung, Durchführung und Aufbau. Quelle 4 ist zur Vertiefung mit angegeben.



- ESR–Betriebsgerät und –Grundgerät (Probenkopf), drei HF-Steckspulen
- Helmholtz – Spulenpaar
- Oszilloskop HM 1508-2
- Multimeter VC840
- Magnetometer mit Hallsonde