

# ESR - Elektronenspin-Resonanz-Spektroskopie

Protokoll zum Versuch des PC 2 Praktikums von  
**Vincent Kümmerle & Elvis Gnaglo & Julian Brügger**

Universität Stuttgart

Autoren: Vincent Kümmerle, 3712667  
st187541@stud.uni-stuttgart.de

Elvis Gnaglo, 3710504  
st189318@stud.uni-stuttgart.de

Julian Brügger,  
st190010@stud.uni-stuttgart.de

Gruppennummer: A05

Versuchsdatum: 15.12.2025

Betreuer: Valentin Bayer

Erstabgabedatum: 18. Dezember 2025

**Abstract:**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Theorie</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Versuchsdurchführung</b>	<b>1</b>
2.1	DPPH . . . . .	1
2.3	Organische Radikale . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>2</b>
3.1	DPPH . . . . .	2
3.4	Organische Radikale . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Fehlerrechnung</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>6</b>

# 1 Theorie

## 2 Versuchsdurchführung

Es wurden verschiedene Proben im ESR-Spektrometer untersucht, wobei jede Probe in den Resonator eingeführt wurde und nach Abgleichung der Mikrowellenbrücke und Einstellung der Parameter gemessen wurde. Der Aufbau des Spektrometers ist in Abbildung 1 dargestellt.

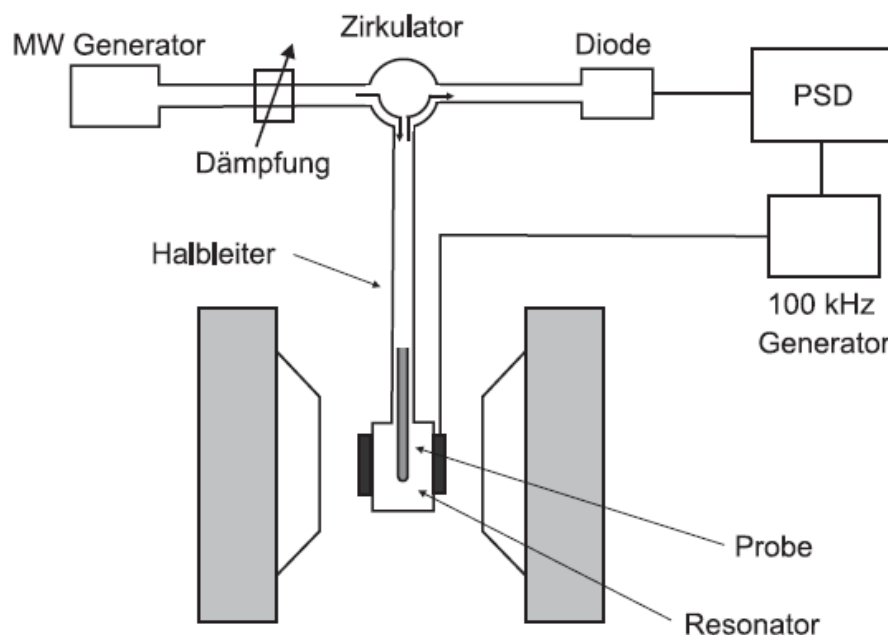


Abb. 1: Schema des Versuchsaufbaus mit Mikrowellen-Generator, Zirkulator, Resonator und Diode.<sup>[1]</sup>

### 2.1 DPPH

Von der Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH)-Probe wurde zuerst ein ESR-Spektrum bei der Standardeinstellung des Geräts mit folgenden Parametern aufgenommen:  $B_0$ : 338 mT, *Sweep*: 5,0 mT, *Sweep time*: 60 s, *Modulation*: 0,01 mT, *MWattenuation*: 20,0 dB, *Gain*:  $5 \cdot 10^0$ , *Smooth*: 0,1 s. Dann wurden die Parameter  $B_0$  – *Field*, *Sweep* und *Gain* so lange verändert, bis das Spektrum zentriert, die Bildschirmbreite gut genutzt und die Spektrenhöhe optimiert war. Dies war bei den Parametern  $B_0$ : 337.91 mT, *Sweep*: 1.3 mT, *Gain*:  $3 \cdot 10^1$  der Fall. Dann wurde zuerst die Mikrowellenleistung mit jeder Messung durch Abschwächung der Mikrowellenstrahlung (MW attenuation) um 3 dB verdoppelt und anschließend die Modulationsamplitude von 0,01 auf 0,64 mT durch Verdopplung von Messung zu Messung variiert. Die Parameter dieser Messungen sind mit den Parametern der restlichen Versuchsteile in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Experimentelle Parameter der ESR Messungen verschiedener Proben.

Probe	$B_0$ -Field / mT	Sweep / mT	Modulation / mT	MW attenuation / dB	Gain -
DPPH - start	338	5	0,01	20	$5 \cdot 10^0$
DPPH - optimal	337,91	1,3	0,01	20	$3 \cdot 10^1$
DPPH - power var.	337,91	1,3	0,01	20 - 5	$3 \cdot 10^1$
DPPH - modul. var.	337,91	1,3	0,01 - 0,64	30	$3 \cdot 10^1$
Cu(AcAc) <sub>2</sub> + DPPH	320	60	0,4	20	$5 \cdot 10^1$
VO(AcAc) <sub>2</sub> + DPPH	340	100	0,2	30	$5 \cdot 10^1$
Galvinoxyl	337	5	0,1	10	$5 \cdot 10^1$
Galvinoxyl deox	337	5	0,03	10	$5 \cdot 10^1$

## 2.2

## 2.3 Organische Radikale

## 3 Auswertung

Für die Auswertung ist zu beachten, dass der Wert des  $B_0$ -Felds aufgrund der näheren Position der Hallsonde zum Magneten als der Position der Probe 1,258 mT höher ist als der reale Wert für  $B_0$ . Somit ergeben sich für die  $B_0$ -Werte aus Tabelle 1 folgende reale  $B_0$ -Werte:

Tabelle 2: Reale  $B_0$ -Werte für die verschiedenen Messungen.

Probe	$B_0$ -Field
DPPH - start	336,742
DPPH - optimal	336,652
DPPH - power var.	336,652
DPPH - modul. var.	336,652
Cu(AcAc) <sub>2</sub> + DPPH	3
VO(AcAc) <sub>2</sub> + DPPH	3
Galvinoxyl	33
Galvinoxyl deox	

### 3.1 DPPH

Abbildung 2 zeigt die aufgenommenen ESR-Spektren der DPPH-Probe mit den Startparametern und optimalen Parametern aus Tabelle 1.

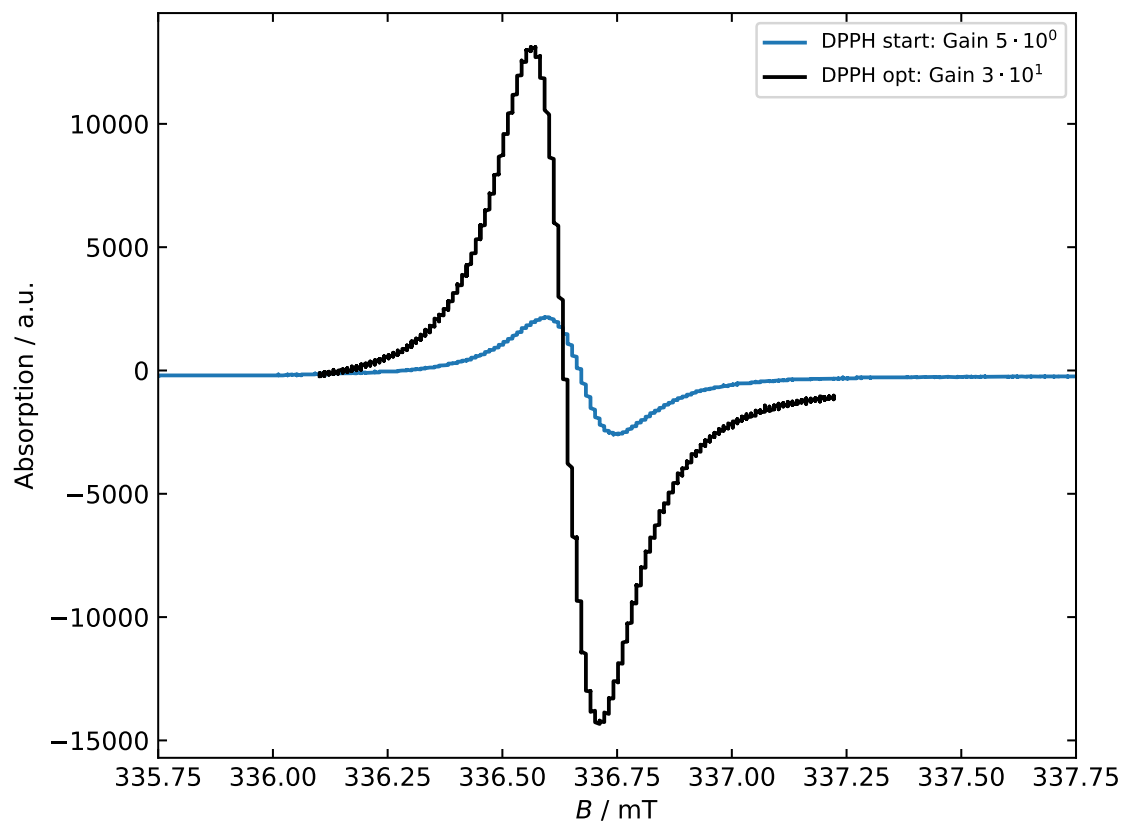


Abb. 2: ESR-Spektrum der DPPH-Probe mit Standardparametern und optimalen Parametern.

Dabei wurde der Wert für *Gain* versechsfacht, um die Spektrenhöhe zu vergrößern,  $B_0$ -Field leicht verringert für die Zentrierung des Spektrums und *Sweep* auf 1,3 mT herabgesetzt, um nur den relevanten Bereich des ESR-Spektrums zu messen.

Abbildung 3 zeigt die aufgenommenen ESR-Spektren der DPPH-Probe mit Werten der MW attenuation zwischen 20 dB und 5 dB. Dabei verdoppelt sich die Mikrowellenleistung von Messung zu Messung in 3 dB Schritten.

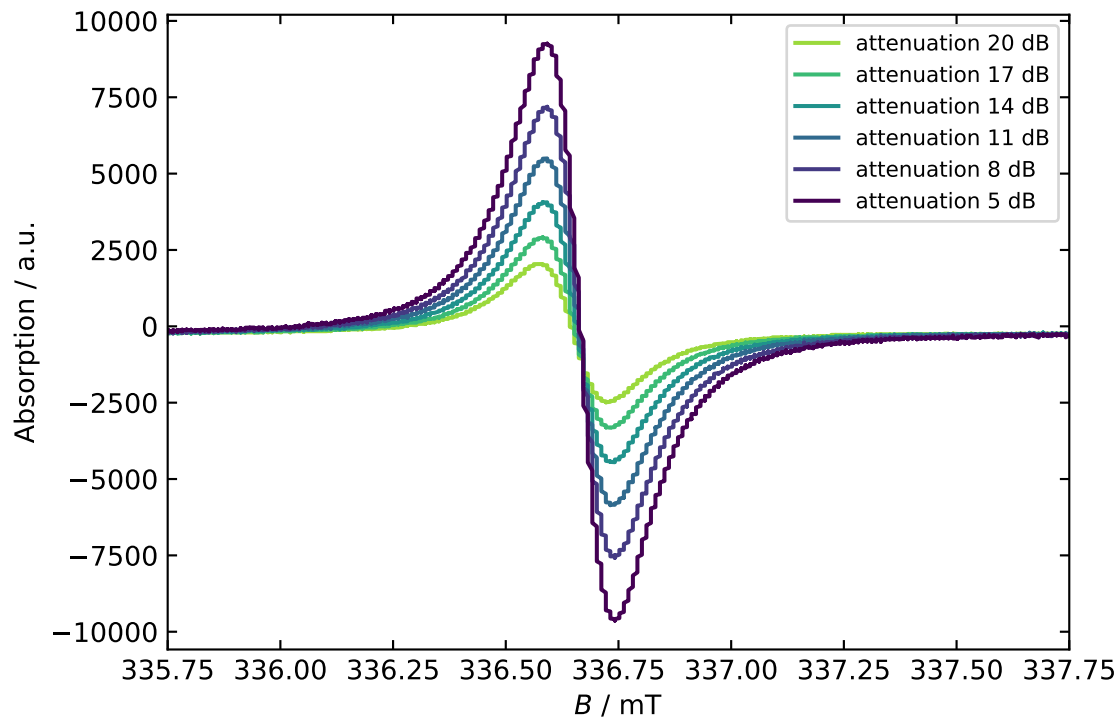


Abb. 3: ESR-Spektren der DPPH-Probe mit variierender MW attenuation zwischen 20 dB und 5 dB.

Aus Abbildung 3 geht hervor, dass die Spektrenhöhe mit höherer Mikrowellenleistung ansteigt, da das ESR-Spektrum bei geringeren Werten der MW attenuation durch eine geringere Abschwächung der Mikrowellen- Strahlung eine höhere Signalintensität aufweist. Zudem lässt sich beobachten, dass auch die Spektrenbreite mit zunehmender Mikrowellenleistung zunimmt.

Abbildung 4 zeigt die aufgenommenen ESR-Spektren der DPPH-Probe mit Werten der Modulationsamplitude zwischen 0,01 mT und 0,064 mT mit Verdopplung von Messung zu Messung. Zur Bestimmung des g-Faktors von DPPH werden die Lagen aller Spektrenzentren der Messungen mit variierender MW Abschwächung und Modulationsamplitude in Tabelle 2 aufgeführt und der Mittelwert berechnet.

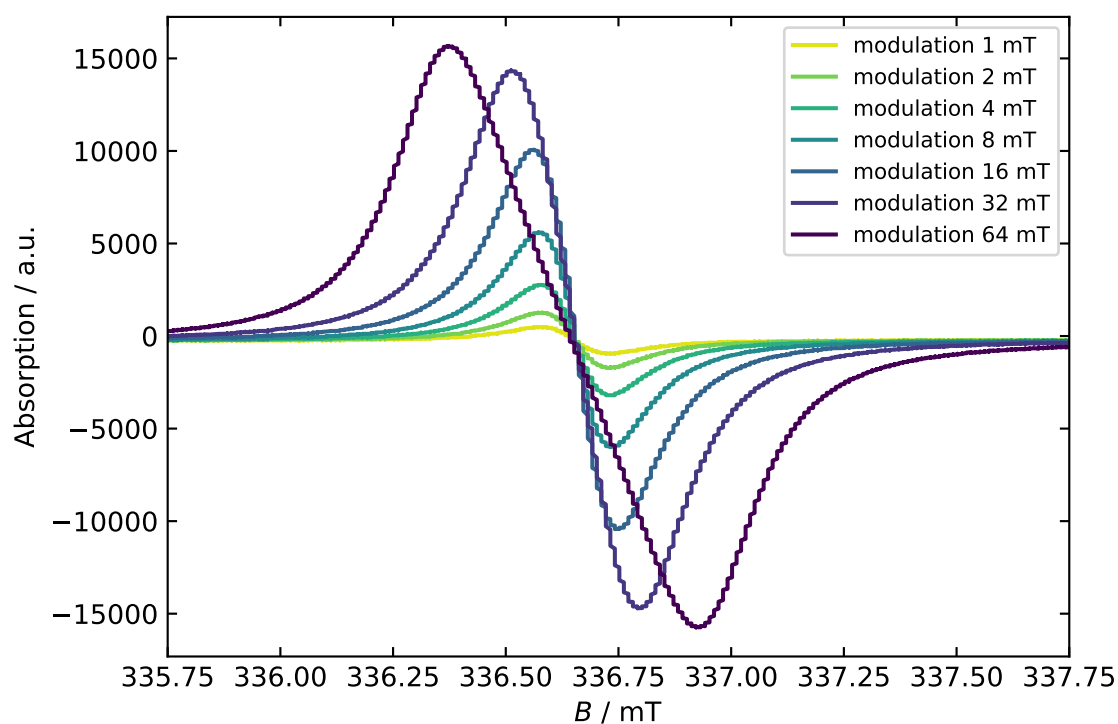


Abb. 4: ESR-Spektren der DPPH-Probe mit variierender Modulationsamplitude zwischen 0,01 mT und 0,064 mT.

Tabelle 3: Lage der Spektrenzentren mit den zugehörigen Parametern.

Modulation / mT	MW attenuation / dB	Spektrenzentrum / mT
0.01	20	336.647
0.01	17	336.657
0.01	14	336.662
0.01	11	336.662
0.01	8	336.667
0.01	5	336.667
0.01	30	336.647
0.02	30	336.652
0.04	30	336.662
0.08	30	336.652
0.16	30	336.652
0.32	30	336.652
0.64	30	336.647

## 3.2

## 3.3

## 3.4 Organische Radikale

## 4 Fehlerrechnung

## 5 Zusammenfassung

## 6 Literatur

[1] H. Dilger, *2025-pc2-script-en*, **2025**.