

Versuch 49

Gepulste NMR

Jonah Nitschke
lejonah@web.de

Sebastian Pape
sepa@gmx.de

Durchführung: 12.11.2018
Abgabe: 16. November 2018

1 Auswertung

In der folgenden Auswertung werden zuerst die beiden Relaxationszeiten T_1 sowie T_2 bestimmt. Mithilfe von kann dann die Diffusionskonstante D sowie der Molekülradius bestimmt werden. Der Molekülradius wird am Ende zudem mit den Radien verglichen, die sich aus dem Molekulargewicht und dem Van-der-Waals-Kovolumen ergeben.

1.1 Bestimmung der longitudinalen Relaxationszeit T_1

Die aufgenommenen Daten für die Bestimmung von T_1 sind Tabelle 1 eingetragen sowie in Abbildung 1 grafisch dargestellt.

Tabelle 1: Messdaten für die Spannungamplituden des ersten Echos bei verschiedenen Pulsabständen.

τ/ms	U/mV	τ/ms	U/mV
1	-785	100	-633
2	-780	200	-565
3	-765	500	-395
5	-745	1000	-195
8	-745	1500	35
9	-735	2000	118
13	-730	4000	612
20	-715	7000	643
50	-665	9000	700
75	-648		

Um T_1 zu bestimmen werden die experimentellen Daten an eine Exponentialfunktion der folgenden Form gefittet:

$$M(t) = M_0(1 - 2 \exp(-\frac{t}{T_1})) + M_1. \quad (1)$$

Für die verschiedenen Parameter ergeben sich damit folgende Werte:

$$M_0 = (0.73 \pm 0.02) \text{ V} \quad (2)$$

$$M_1 = (0.04 \pm 0.03) \text{ V} \quad (3)$$

$$T_1 = (1.54 \pm 0.12) \text{ s} \quad (4)$$

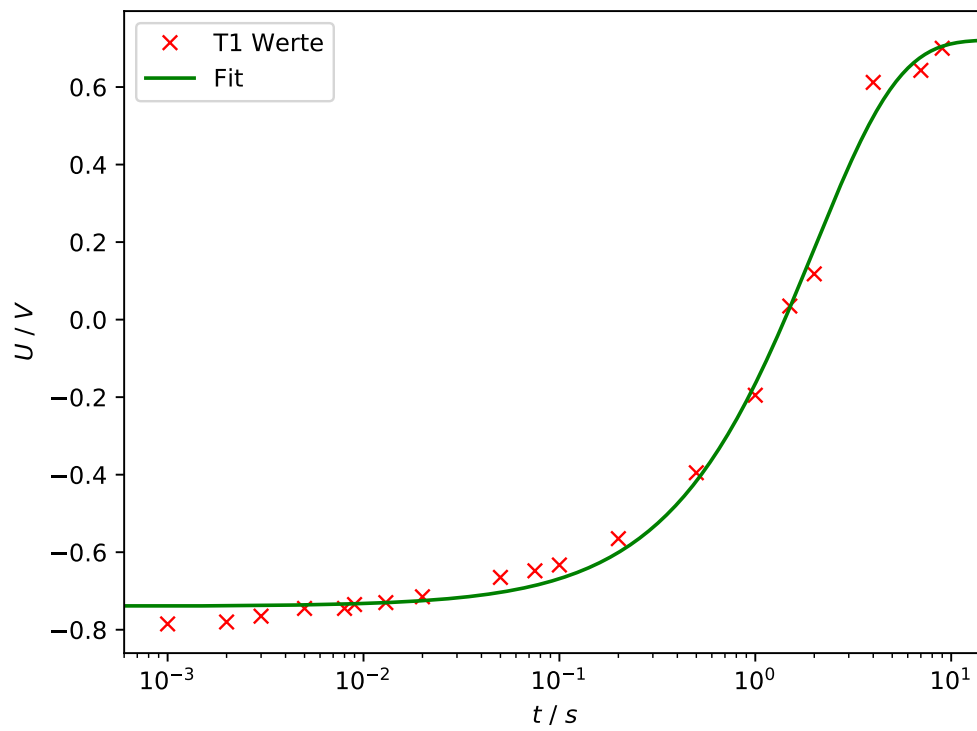


Abbildung 1: Gemessene Signalhöhe des Echos gegen den zeitlichen Abstand der beiden Pulse.

1.2 Bestimmung der transversalen Relaxationszeit T_2

Um die transversale Relaxationszeit T_2 zu bestimmen wird das Meiboom-Gill Verfahren verwendet. Zudem ist in Abbildung 2 einmal die Burstsequenz mit dem Carr-Purcell-Verfahren dargestellt. In Abbildung 3 ist die Burstsequenz mit der Meiboom-Gill Methode

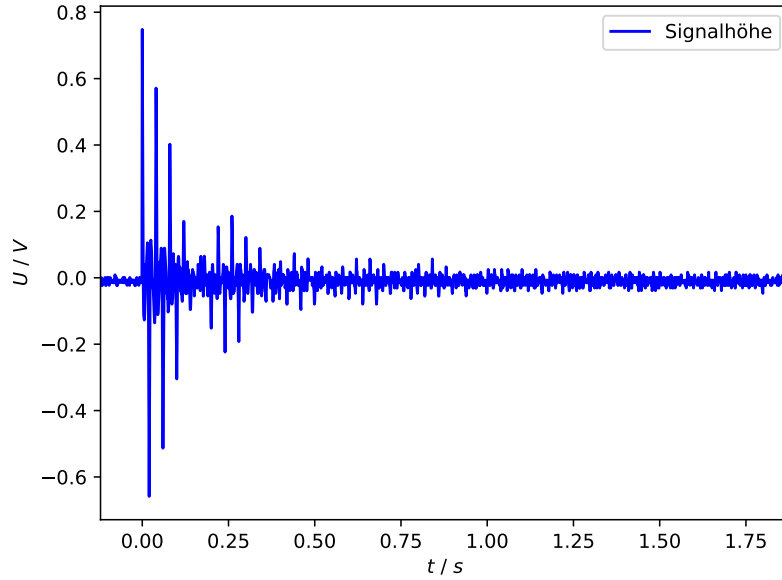


Abbildung 2: Signale der transversalen Magnetisierung mit der Carr-Purcell-Methode bei einem Pulsabstand von $\tau = 2$ ms.

dargestellt. Um T_2 zu bestimmen, werden alle Spannungsamplituden bei ganzzahligen Vielfachen von 2τ verwendet. Die verwendeten Peaks sind als rot gefärbte Datenpunkte markiert. Mit den in Tabelle 2 eingetragenen extrahierten Daten wird ein Fit der Form

$$M(t) = M_0 \cdot \exp\left(-\frac{t}{T_2}\right) + M_1 \quad (5)$$

durchgeführt. Für die verschiedenen Parameter ergeben sich dabei folgende Werte:

$$M_0 = (0.59 \pm 0.02) \text{ V} \quad (6)$$

$$M_1 = (0.04 \pm 0.03) \text{ V} \quad (7)$$

$$T_2 = (1.54 \pm 0.12) \text{ s.} \quad (8)$$

Die extrahierten Messwerte sowie der Fit sind noch einmal in Abbildung 4 mit logarithmierter Y-Achse dargestellt.

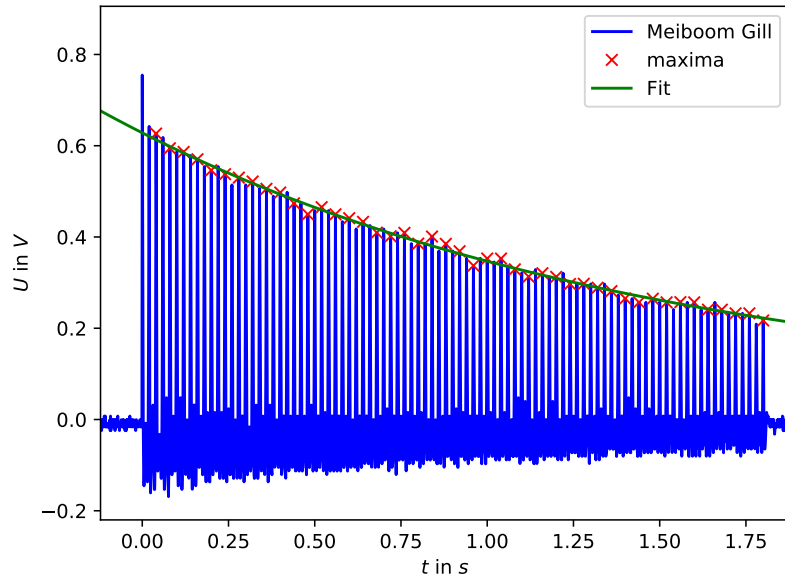


Abbildung 3: Die aufgenommenen Spannungsamplituden unter Verwendung der Meiboom-Gill-Methode bei einem Pulsabstand von $\tau = 2$ ms.

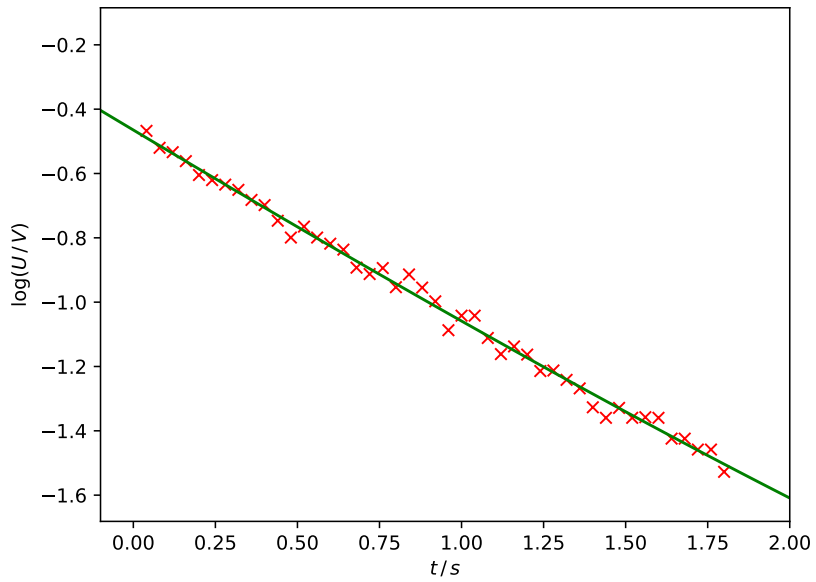


Abbildung 4: Darstellung der extrahierten Punkte mit logarithmierter Y-Achse.

Tabelle 2: Extrahierte Messdaten für die Spannungamplituden bei Verwendung der Meiboom-Gill-Methode

τ/ms	U/mV	τ/ms	U/mV	τ/ms	U/mV
0,00	0,754	0,63	0,418	1,22	0,321
0,02	0,642	0,64	0,433	1,24	0,297
0,04	0,627	0,66	0,425	1,26	0,297
0,05	0,618	0,68	0,410	1,28	0,297
0,08	0,594	0,70	0,418	1,30	0,297
0,10	0,586	0,72	0,401	1,32	0,289
0,12	0,586	0,74	0,409	1,34	0,297
0,14	0,578	0,76	0,409	1,36	0,281
0,16	0,570	0,78	0,385	1,38	0,273
0,18	0,554	0,80	0,385	1,40	0,265
0,20	0,546	0,82	0,385	1,42	0,265
0,22	0,554	0,84	0,401	1,44	0,257
0,24	0,538	0,86	0,369	1,46	0,257
0,26	0,514	0,88	0,385	1,48	0,265
0,28	0,530	0,90	0,369	1,50	0,257
0,30	0,514	0,92	0,369	1,52	0,257
0,32	0,522	0,94	0,353	1,54	0,241
0,34	0,506	0,96	0,337	1,56	0,257
0,36	0,505	0,98	0,353	1,58	0,257
0,38	0,489	1,00	0,353	1,60	0,257
0,40	0,497	1,02	0,345	1,62	0,241
0,42	0,498	1,04	0,353	1,64	0,241
0,44	0,474	1,06	0,337	1,66	0,257
0,46	0,473	1,08	0,329	1,68	0,241
0,48	0,450	1,10	0,321	1,70	0,233
0,50	0,458	1,12	0,313	1,72	0,233
0,52	0,465	1,14	0,329	1,74	0,233
0,54	0,458	1,16	0,321	1,76	0,233
0,56	0,450	1,18	0,313	1,78	0,209
0,58	0,434	1,20	0,313	1,80	0,217
0,60	0,441				

1.3 Bestimmung der Diffusionskonstante

Bevor die Diffusionskonstante bestimmt werden kann, muss vorher der Feldgradient bestimmt werden. Dafür wurden bei der Messung der Echos für die Bestimmung der Diffusionskonstante ebenfalls die Halbwertsbreiten bestimmt. Die verwendeten Daten sind in Tabelle ?? eingetragen. Für die gemittelte Halbwertsbreite ergibt sich dabei $t_{1/2} = (0.9 \pm 0.3) \text{ ms}$. Die Gravitationskonstante lässt sich anschließend gemäß der folgenden Formel bestimmen:

$$G = \frac{8.8}{d_P \gamma t_{1/2}}. \quad (9)$$

Dabei handelt es sich bei $d_P = 4,4 \text{ mm}$ um den Probendurchmesser und bei $\gamma = 2,68 \cdot 10^8 \frac{\text{rad}}{\text{sT}}$ um das gyromagnetische Verhältnis von Protonen [1].

Literatur

- [1] The NIST Reference on Constants, Units, and Uncertainty. *proton gyromagnetic ratio*. 14. Mai 2018. URL: https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?gamma_p.