

Anfängerpraktikum

## V500 Käsekuchenmuffins

Dr. Oetker  
Chefkoch

Dr. Oetker@tu-dortmund.de, Chefkoch@tu-dortmund.de  
Durchführung: 30. Februar 2087, Abgabe: 24. Dezember 2106

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zielsetzung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Aufbau und Durchführung</b>	<b>5</b>
3.1	Aufbau der Messapparatur . . . . .	5
3.2	Vorbereitung . . . . .	5
3.3	Messung der Resonanzstellen . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Auswertung</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>7</b>

# 1 Zielsetzung

Hier könnte Ihre Werbung stehen.

## 2 Theorie

Ein Atom hat diskrete Energieniveaus, auf denen sich die Hüllenelektronen befinden. Die Verteilung der Elektronen erfolgt bei den äußeren Hüllenelektronen statistisch nach Boltzmann. Die Besetzungszahlen  $N_1, N_2$  zweier Niveaus mit der statistischen Gewichtung  $g_1, g_2$  liegen in folgendem Zusammenhang:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{g_2 \exp\left(-\frac{W_2}{k_B}\right)}{g_1 \exp\left(-\frac{W_1}{k_B}\right)}.$$

Das Prinzip des optischen Pumpens besetzt die Niveaus entgegen dieser thermischen Verteilung.

Der Landé-Faktor  $g$  ist eine Materialeigenschaft, die zur Stoff- und Isotopenbestimmung benutzt werden kann. Das Bohr'sche Magneton ist der Betrag des magnetischen Momentes  $\vec{\mu}$  eines Elektrons mit Bahndrehimpuls  $L = 1$ . Der Landé-Faktor ist ein Verhältnisfaktor für die magnetischen Momente des Spins  $\vec{S}$ , des Bahndrehimpulses  $\vec{L}$ , des Gesamtdrehimpulses  $\vec{J}$ , etc. zum Bohr'schen Magneton  $\mu_B$ : Das magnetische Moment zu dem Spin  $\vec{S}$  sieht wie folgt aus:

$$\vec{\mu}_S = -g_S \mu_B \vec{S}.$$

Entsprechend ist das magnetische Moment des Bahndrehimpuls  $\vec{L}$

$$\vec{\mu}_L = -\mu_B \vec{L}.$$

- Herleitung: Winkelbeziehungen etc

$$g_J = \frac{(\mu_S + 1) J(J + 1) + (\mu_S - 1) (S(S + 1) - L(L - 1))}{2J(J + 1)} \quad (1)$$

Zeeman-Effekt

- Aufspaltung der Hyperfeinstruktur durch ein äußeres Magnetfeld
- Aufspaltung proportional zum Landé-Faktor

Kernspin

- Eigendrehimpuls des Atomkerns
- neuer Landé-Faktor

$$g_F = g_J \frac{F(F + 1) + J(J + 1) - I(I - 1)}{2\sqrt{F(F + 1)}} \quad (2)$$

Idee des optischen Pumpens

- Übergänge der Elektronen auf den Energieniveaus durch Anregung

- um bestimmte Übergänge zu produzieren, bestimmtes Spektrallicht einstrahlen ( $D_1$ -Licht)
- Anregung/Quantensprünge  $E_2 - E_1 = h\nu$
- um GANZ bestimmte Übergänge zu produzieren, bestimmtes polarisiertes Licht einstrahlen ( $\sigma^+$ -Licht)
- Auswahlregeln
- angeregte Zustände fallen in alle Grundzustände zurück
- $\sigma^+$  pumpt (über die genannten Umwege) die Elektronen aus dem niedrigerem Grundzustand in den höheren Grundzustand

#### Optisches Pumpen + Aufbau

- zunächst sind alle Anregungen möglich, da die Elektronen noch auf allen Niveaus vorhanden sind
- das Licht wird also vollständig absorbiert
- mit der Zeit werden die Elektronen in einem Energieniveau gesammelt
- es sind keine Absorptionen möglich
- das Gas wird zunehmend transparent

#### Emission

- spontane Emission: Elektron fällt von alleine zurück (statistisch)
- Wahrscheinlich bei hohen Frequenzen des RF-Felds
- induzierte Emission: Elektron fällt zurück entlang der Energie der eingestrahlten Photonen (RF-Quanten)
- Wahrscheinlich bei niedrigen Frequenzen des RF-Felds
- induzierte Emission bei 'Resonanzstelle' (passendes RF-Feld mit der richtigen Energie für induzierte Emission)

$$h\nu = g_J \mu_B \Delta M_J B_m \Leftrightarrow B_m = \frac{4\pi m_0}{e_0 g_J} \nu \quad (3)$$

#### Optisches Pumpen + Kernspin

- Energie der Spektrallinie überdeckt alle Hyperfeinstrukturen und Zeemaneffekt
- $\sigma^+$ -Licht lässt nur  $\Delta M_F = +1$  zu, also sammeln sich die Elektronen bei  $^2S_{1/2}, F = 2, M_F = +2$

#### Quadratischer Zeemaneffekt/Breit-Rabi-Formel

- große B-Felder
- Wechselwirkung Spin-Bahn-Kopplung
- Wechselwirkung magnetische Momente

$$U_{\text{HF}} = g_F \mu_B B + g_F^2 \mu_B^2 B^2 \frac{(1 - 2M_F)}{\Delta E_{\text{HF}}} \quad (4)$$

## 3 Aufbau und Durchführung

### 3.1 Aufbau der Messapparatur

- Spektrallampe
- Sammellinse/Kollimator
- $D_1$ -Interferenzfilter
- Polarisationsfilter +  $\lambda/4$ -Platte
- Dampfzelle
  - Heizer
- Helmholtzspulenpaare
  - Vertikalfeld
  - Horizontalfeld
  - Sweepfeld
  - RF-Feld mit Frequenzgenerator (Sinusspannung)
- Kollimator
- Photodiode
- Verstärker
- Oszilloskop

### 3.2 Vorbereitung

- Intensitätsmaximum der optischen Elemente auf die Photodiode bringen
- Ausrichten des Tisches mit der Messapparatur
- Vertikalfeld erhöhen bis der Peak auf dem Oszilloskop möglichst schmal ist

### 3.3 Messung der Resonanzstellen

- RF-Frequenz setzen ( $\nu = 100 - 1000 \text{ kHz}$ )
- B-Feld der Sweep-Spule erhöhen, um Resonanzstelle des B-Felds zu finden
- B-Feld proportional zu den Umdrehungen des verwendeten Potentiometers, Strom durch Potentiometerumdrehungen ablesen
- Horizontalfeld ebenfalls erhöhen um Resonanzstellen ins Bild des Oszilloskop zu bringen
- Frequenz, Umdrehung Sweep-Spule für beide Isotope, Umdrehung Horizontalfeldspule für beide Isotope notieren

## **4 Auswertung**

Hier könnte ihre Werbung stehen.

## 5 Diskussion

Hier könnte Ihre Werbung stehen.