

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
1 Theorie	9
1.1 Wechselwirkung zwischen Atom und Licht	9
1.1.1 Optische Blochgleichungen	9
1.1.2 Das Fluoreszenzspektrum	13
1.1.3 Verallgemeinerung auf Mehr-Niveau-Atome	17
1.2 Fluoreszenzspektrum beim Auftreten spontaner Dunkelzeiten	17
1.2.1 Spontane Dunkelzeiten im Drei-Niveau-Atom	18
1.2.2 Fluoreszenzspektrum	20
1.3 $F = 1 \leftrightarrow F = 0$ -Übergang — ein Modell für $^{171}\text{Yb}^+$	21
1.3.1 Das Modell	21
1.3.2 Die Gleichgewichtslösung	24
1.4 $J = 1/2 \leftrightarrow J = 1/2$ -Übergang — ein Modell für $^{172}\text{Yb}^+$	26
1.4.1 Das Modell	26
1.4.2 Die Gleichgewichtslösung	28
1.4.3 Das Fluoreszenzspektrum	29
1.5 Speichern geladener Teilchen	30
1.5.1 Bewegung im elektrischen Wechselfeld	30
1.5.2 Bewegung im Pseudopotenzial	32
1.6 Die Lichtkraft auf ein Atom	33
1.6.1 Optische Kühlung	34
1.6.2 Einfluss der Bewegung auf das Fluoreszenzspektrum	38
1.7 Optischer Heterodynnachweis	41
1.7.1 Das Nachweis-Prinzip	41
1.7.2 Das Signal-zu-Rausch-Verhältnis	42
2 Das Experiment	45
2.1 Das Ytterbium-Ion	45
2.1.1 $^{171}\text{Yb}^+$	46
2.1.2 $^{172}\text{Yb}^+$	48
2.2 Die Lichtquellen	49
2.2.1 Lasersystem bei 369 nm	49
2.2.2 Lasersysteme für 935 nm und 638 nm	50
2.3 Aufbau zur Speicherung einzelner Ionen	50
2.3.1 Die Paulfalle	50
2.3.2 Aufbau zur optischen Anregung eines Ions	52

2.3.3	Präparation eines einzelnen Ions	53
2.4	Aufbau für den optischen Heterodynnachweis	54
2.4.1	Optischer Aufbau	55
2.4.2	Signalverarbeitung	57
2.4.3	Signaloptimierung und resultierende Fluoreszenzspektren . .	58
3	Quantensprung-Komponente im Fluoreszenzspektrum von $^{171}\text{Yb}^+$	61
3.1	Messung der mittleren Hell- und Dunkelzeitlängen	61
3.1.1	Ergebnisse	62
3.2	Das Fluoreszenzspektrum	66
3.2.1	Die Messung	66
3.2.2	Ergebnisse	67
3.3	Diskussion	69
4	Seitenbänder der Säkularbewegung im Fluoreszenzspektrum von $^{172}\text{Yb}^+$	71
4.1	Externe Anregung der Säkularbewegung	72
4.1.1	Die Messung	73
4.1.2	Linienbreite der angetriebenen Bewegungsresonanz	74
4.2	Thermische Restbewegung bei kontinuierlicher optischer Kühlung .	75
4.2.1	Die Messung	75
4.2.2	Ergebnisse	76
4.2.3	Diskussion	80
	Zusammenfassung	83
	Anhang	86
A		87
A.1	Gleichgewichtslösungen für einen $F=1 \leftrightarrow F=0$ -Übergang	87
A.1.1	Allgemeine Lösung	87
A.1.2	Lösung für $\omega_z = \Omega/2$, α beliebig	88
A.1.3	Lösung für $\omega_z = \Omega/2$, $\alpha=45^\circ$	89
A.2	Gleichgewichtslösungen für einen $J = 1/2 \leftrightarrow J = 1/2$ -Übergang . .	90
A.2.1	Lösung für $\alpha=0^\circ$ (π -Polarisation)	90
A.2.2	Lösung für $\alpha=90^\circ$ (σ -Polarisation)	91
A.2.3	Lösung für $\omega_B=0$	92
B		93
B.1	Schaltung zur Frequenzkonversion des Heterodynsignals	93
B.1.1	Schmalbandige Version	93
B.1.2	Breitbandige Version	95
	Literaturverzeichnis	95