

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Spektroskopie an Ca-Atomen</b>	<b>17</b>
2.1	Das Ca-Atom . . . . .	17
2.2	Magnetooptische Falle . . . . .	19
2.2.1	Vakuumkammer . . . . .	21
2.2.2	Magnetfelder . . . . .	22
2.2.3	Kühlasersystem . . . . .	26
2.2.4	Einfang und Doppler-Kühlung der Atome . . . . .	29
2.3	Eigenschaften der doppler-gekühlten Ca-Atome . . . . .	29
2.4	Laserspektrometer . . . . .	32
2.5	Quenclaser . . . . .	35
2.6	Experimentsteuerung und Datenaufnahme . . . . .	35
<b>3</b>	<b>Atominterferometrie</b>	<b>37</b>
3.1	Wechselwirkung von Atomen mit einem Laserpuls . . . . .	38
3.2	Asymmetrisches 4-Puls Atominterferometer . . . . .	40
3.3	Symmetrisches 3 Puls Atominterferometer . . . . .	45
<b>4</b>	<b>Stabilität des Ca-Frequenznormal</b>	<b>47</b>
4.1	Anbindung an das Ca-Atom . . . . .	47
4.2	Potenzial des Ca-Frequenznormal . . . . .	50
4.3	Die Allan-Varianz . . . . .	52
4.4	Optimierung der Stabilität . . . . .	53
<b>5</b>	<b>Systematische Beiträge zur Unsicherheit</b>	<b>55</b>
5.1	Methode der alternierenden Stabilisierung . . . . .	55
5.2	Einfluss externer Felder . . . . .	56
5.2.1	Quadratischer Zeeman-Effekt . . . . .	56
5.2.2	Quadratischer Stark-Effekt . . . . .	59
5.2.3	AC-Stark-Effekt monochromatischer Strahlung . . . . .	60
5.2.4	Schwarzkörperstrahlung . . . . .	63
5.3	Kalte Stöße . . . . .	66
5.4	Geschwindigkeitsabhängige Einflüsse . . . . .	71
5.4.1	Linearer Doppler-Effekt in Atominterferometern . . . . .	71
5.4.2	Korrektur der wellenfrontabhängigen Frequenzverschiebungen . . . . .	76
5.4.3	Relativistischer Doppler-Effekt . . . . .	79

5.4.4	Überlagerung der Rückstoßkomponenten . . . . .	80
5.5	Technische Einflüsse . . . . .	81
5.5.1	Frequenzabhängigkeit der Spektroskopiepulssintensitäten . . . . .	81
5.5.2	Zählratenabhängigkeit des Fehlersignals . . . . .	83
5.5.3	Anbindung an den Referenzresonator . . . . .	84
5.5.4	Änderung der Resonatordrift . . . . .	85
5.6	Unsicherheit mit kalten Ca-Atomen . . . . .	87
<b>6</b>	<b>Messung der Übergangsfrequenz</b>	<b>91</b>
6.1	Anbindung an das Cs-Primärnormal . . . . .	92
6.2	Kontrollmessungen . . . . .	95
6.3	Ergebnisse . . . . .	97
<b>7</b>	<b>Spektroskopie an ultrakalten Ca-Atomen</b>	<b>105</b>
7.1	Quenchkühlung . . . . .	105
7.2	Anregung mit einem Laserpuls . . . . .	108
7.3	Atomares Shearing-Interferometer mit zwei Pulsen . . . . .	110
7.4	Frequenzabhängiges Atominterferometer mit vier Pulsen . . . . .	112
7.4.1	Atominterferometrisches Spektrum . . . . .	112
7.4.2	Kontrast und Anregungswahrscheinlichkeit . . . . .	113
7.4.3	Stabilität . . . . .	115
7.5	Zustandsselektives Detektionsverfahren . . . . .	117
7.6	Reduzierung des linearen Doppler-Effektes . . . . .	120
7.7	Perspektiven mit ultrakalten Atomen . . . . .	122
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>125</b>