

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Bose-Einstein-Kondensate im optischen Gitter	15
2.1	Erzeugung des Bose-Einstein-Kondensats	16
2.2	Optische Gitter	17
2.2.1	Dipolkraft	18
2.2.2	Hexagonales Gitter	20
2.2.3	1D-Gitter	31
2.2.4	Bose-Hubbard-Modell	37
2.3	Detektions- und Präparationsmöglichkeiten	42
2.3.1	Absorptionsabbildungen	42
2.3.2	Spektroskopiemethoden	46
3	Radiofrequenz-Infrastruktur	59
3.1	Referenzuhren	60
3.2	Experimenteller Taktgeber SAD01	63
3.3	Digitale Frequenzquelle dAOM	71
3.3.1	Hardware- und Software-Architektur	71
3.3.2	Rauscheigenschaften	74
3.3.3	Ausgangs- und Verstärkerstufe	78
3.3.4	Kalibration der Software-Einstellungen	81
3.4	Radiofrequenzquellen	83
3.4.1	Technologien zur Frequenzerzeugung	84
3.4.2	Frequenz- und Phasenstabilität	86
3.4.3	Lebensdauer des Superfluids im optischen Gitter	93
3.5	Zusammenfassung	97

4	Optische Phasenstabilisierung	99
4.1	Phasendetektor SRF02	100
4.1.1	Schematische Schaltungsanordnung	101
4.1.2	Spannungsversorgung und Platinenlayout	105
4.1.3	Frequenzangeigenschaften	107
4.1.4	Rauscheigenschaften und AM/ Φ M-Kopplung	110
4.2	Phasenregelung im THz-Bereich	115
4.2.1	Aufbau und mathematische Grundlagen der Phasenregelschleife	116
4.2.2	Statische Phasenstabilisierung	126
4.2.3	Dynamische Phasenstabilisierung	139
4.2.4	Weiterführende Überlegungen	149
4.3	Zusammenfassung	152
5	Intensitätsstabilisierung	155
5.1	Optischer Aufbau	156
5.2	Spannungsgesteuerter rf-Abschwächer SRF01	162
5.2.1	Schematischer Schaltungsaufbau	162
5.2.2	Charakterisierungsergebnisse	166
5.2.3	Mögliche Weiterentwicklungen	172
5.3	Photodiodenbuffer SAA01	173
5.3.1	Schematischer Schaltungsaufbau	173
5.3.2	Charakterisierungsergebnisse	178
5.3.3	Mögliche Weiterentwicklungen	184
5.4	Intensitätsregelschleife	187
5.5	Zusammenfassung	195
6	Magnetfeldsensor	197
6.1	Bedeutung von Magnetfeldern im Experiment	198
6.2	Magnetoresistive Sensoren	200
6.2.1	Sensitivität	201
6.2.2	Nullpunktverschiebung	203
6.2.3	Nullpunktwiederherstellung	206
6.3	Detaillierte Schaltungsentwicklung	206
6.3.1	Spannungsversorgung	208
6.3.2	Temperaturkompensation Sensitivität	209
6.3.3	Temperaturkompensation Nullpunkt	211
6.3.4	Nullpunktwiederherstellung	215
6.4	Set/Reset-Stabilität	217
6.5	Rauscheigenschaften	220

6.6	Temperaturabhängigkeit der Sensitivität	226
6.7	Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes	229
6.8	Zusammenfassung	233
7	Populationstransfer in höhere Bänder	235
7.1	Einführung in die Präparationstechniken	237
7.1.1	Diabatische Potentialänderung durch Rotation der Quantisierungsachse	237
7.1.2	Manipulation interner Zustände mittels magnetischer Dipolübergänge	248
7.1.3	Amplitudenmodulation des optischen Gitters	252
7.1.4	Kopplung an externe Freiheitsgrade: Impulsändernde Übergänge	255
7.2	Populationstransfer als instantaner Quench	265
7.2.1	Theoretische Modellentwicklung	265
7.2.2	Theoretische Erwartungen	268
7.2.3	Experimentelle Resultate	278
7.3	Landau-Zener-Theorie der Anregung	289
7.3.1	Theoretische Modellentwicklung	289
7.3.2	Verifikation und Erweiterung des Landau-Zener-Modells	292
7.3.3	Theoretische Erwartung	302
7.4	Weitere Einflüsse auf den Transfer in höhere Bänder	308
7.4.1	Initialer Zustand und initiale Temperatur	309
7.4.2	Wechselwirkung und Dimensionalität des Gitters	310
7.5	Zusammenfassung	314
8	Bose-Einstein-Kondensation in höheren Bändern	317
8.1	Unkonventionelle Superfluide in höheren Bändern	319
8.1.1	Quadratisches Gitter	321
8.1.2	Hexagonales Gitter	322
8.1.3	Dynamik des Quantenphasenübergangs	323
8.1.4	Quantenphasen höherer Bänder	324
8.2	Wechselwirkungsgetriebene Rekondensation	326
8.2.1	Relaxation der Atome – Phänomenologie	327
8.2.2	Thermodynamik des Rekondensationsprozesses	330
8.2.3	Experimentelle Realisierungen von Superfluiden in höheren Bändern	340

8.3	Dynamik der Rekondensation zum kohärenten Superfluid	344
8.3.1	Unkonventionelles Superfluid im zweiten Band	345
8.3.2	Heuristisches Modell der Dynamik des Quantenphasenübergangs	348
8.3.3	Superfluid im vierten Band	353
8.4	Metastabilität des Superfluids	357
8.4.1	Kohärenzverlust durch thermisches Bad?	358
8.4.2	Stabilität der Bandbevölkerung	362
8.4.3	Endliche Lebensdauer des Superfluids	370
8.5	Quantenphasen und Zustandsanalyse	377
8.5.1	Bloch-Zustände und mögliche Zustände des Superfluids	378
8.5.2	Wechselwirkungsbedingte, kohärente Superposition	382
8.5.3	Experimentelle Untersuchungsmethoden	391
8.5.4	Potts-Nematisches Superfluid im hexagonalen Gitter (?)	397
8.6	Zusammenfassung	402
9	Ausblick	407
9.1	Technische Weiterentwicklungen	408
9.2	Unkonventionelle Superfluide	413
9.3	Spinorkondensate in höheren Bändern	416
9.4	2D-Spin-Bahn-Kopplung	419
A	Verteilungsfunktion für periodischen und zufälligen Jitter	425
B	daOM-Softwareausschnitte	431
C	Schaltpläne	435
D	Atomare Dichteverteilungen	451
E	Ratenmodell der Rekondensation	459
F	Geräteverzeichnis	469
	Literaturverzeichnis	473