

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Physikalische Grundlagen	5
2.1. Atomphysikalische Grundlagen	5
2.1.1. Atome im externen Magnetfeld	5
2.1.2. Optische Übergänge	7
2.1.3. Absorptionslinienbreiten	10
2.2. Kern-Magnetische-Resonanz (NMR)	13
2.2.1. BLOCHsche Gleichungen - Kernresonanz	14
2.2.2. Ortskodierung (MRI) und k -Raum-Formalismus	15
2.2.3. Chemische Verschiebung und Magnet-Resonanz-Spektroskopie (MRS)	18
2.3. SQUIDs zur Messung des magnetischen Flusses	19
2.3.1. JOSEPHSON-Kontakt	19
2.3.2. dc-SQUIDs	20
3. Optisches Pumpen von Edelgasen	23
3.1. Hyperpolarisierung durch optisches Spinaustausch-Pumpen	23
3.1.1. Optisches Pumpen von Alkalimetall-Atomen	24
3.1.2. Spinaustausch-Stöße	26
3.1.3. Wand-Depolarisation	28
3.1.4. Ein einfaches Ratenmodell	29
3.1.5. Bestimmung der Alkalimetall-Teilchendichte	31
3.1.6. Ausfrieren von hyperpolarisiertem ^{129}Xe Gas zur Akkumulation	32
3.2. Hyperpolarisierung durch optisches Pumpen des metastabilen Zustandes	33
4. Experimentelle Realisierung des optischen Pumpens	37
4.1. Die Photonenquelle	37
4.1.1. Titan-Saphir-Laser	38
4.1.2. Hochleistungs-Halbleiterlaser	40
4.1.3. Polarisations-Einheiten für das Pumplicht	44
4.2. Bestimmung der Rubidium-Elektronen-Polarisation	46
4.2.1. Messungen mittels Kleinsignal-Absorption	47
4.2.2. Vorversuche an einem FARADAY-Polarimeter	48
4.3. <i>On-line</i> NMR zur Kontrolle der ^{129}Xe -Polarisation	50

4.3.1.	Aufbau des gepulsten <i>on-line</i> NMR-Experimentes	50
4.3.2.	Messungen mittels <i>on-line</i> NMR	52
4.4.	Apparatur zum zyklischen Pumpen	56
4.4.1.	Untersuchungen zur Akkumulation des hyperpolarisierten Xenons	58
4.4.2.	Vergleichsmessungen zum optischen Pumpen mittels Ti:Sa-Lasers und Hochleistungs-Halbleiterlaser	59
4.5.	Durchfluss-Apparatur	62
4.5.1.	Die Fluss- und Druckregelung	64
4.5.2.	Die Akkumulationseinheit	65
4.6.	Testmessungen zum optischen Pumpen einer Xe-Entladung	67
4.6.1.	Erzeugung einer HF-Entladung	67
4.6.2.	Spektroskopische Untersuchungen am $6s [3/2]_2 - 6p [5/2]_3$ -Übergang	69
4.6.3.	Mögliche Weiterführung	72
5.	Messungen am 3-T Tomographen	73
5.1.	MR-Spulen für ^{129}Xe MRI / MRS	73
5.1.1.	Kleine, doppelt-resonante Oberflächenspule	73
5.1.2.	Große Oberflächenspulen und Differentialübertrager	73
5.1.3.	Flexible Draht-Spule	76
5.2.	Messungen an Phantomen gefüllt mit hyperpolarisiertem ^{129}Xe	77
5.2.1.	Flipwinkel-Kalibration	77
5.2.2.	Bestimmung der absoluten ^{129}Xe -Polarisation	78
5.2.3.	Relaxation der ^{129}Xe -Polarisation in Phantomen	79
5.2.4.	MR-Bildgebung von Phantomen	80
5.2.5.	Spektroskopie an Phantomen	82
5.3.	<i>In vivo</i> NMR-Messungen unter Verwendung von hyperpolarisiertem ^{129}Xe	83
5.3.1.	Lungenbildgebung	83
5.3.2.	Spektroskopie am Brustkorb	87
5.3.3.	Spektroskopie am Kopf	88
6.	Messungen in niedrigen (nT) Feldstärken mit SQUIDs	93
6.1.	Messung der freien Spin-Präzession	93
6.1.1.	Abschätzung des zu erwartenden Signals	94
6.1.2.	Erzeugung von freier Spinpräzession durch nicht-adiabatische Prozesse	94
6.2.	Relaxation der freien Spinpräzession von ^{129}Xe	96
6.2.1.	Spinrelaxation durch begrenzte Diffusion in Gradientenfeldern	97
6.2.2.	Messungen der Druckabhängigkeit der T_2 -Relaxationsrate	99
6.2.3.	Abschätzung der Magnetfeld-Gradienten aus Messungen mit zwei Kugeln	100
6.3.	Messungen mit dem 37-Kanal SQUID-Magnetometer	101
6.4.	<i>In vivo</i> Messungen und deren Interpretation	102
7.	Zusammenfassung und Ausblick	105

Anhänge	109
A. Atomdaten	109
A.1. Fein- und Hyperfeinstruktur im Magnetfeld	109
A.1.1. Feinstruktur-Aufspaltung	109
A.1.2. ZEEMAN-Aufspaltung / LANDEScher g_J	109
A.1.3. Hyperfeinaufspaltung	109
A.1.4. ZEEMAN-Aufspaltung der Hyperfeinstruktur / g_F -Faktor	110
A.2. Alkalimetall-Daten	112
A.3. ^{129}Xe , ^3He und Protonen Daten	113
A.4. Spinzerstörungs- und Spinaustausch-Raten	114
B. Programm zur Steuerung der Durchfluss-Apparatur und der <i>on-line</i> NMR	115
Tabellenverzeichnis	119
Abbildungsverzeichnis	121
Literaturverzeichnis	125

