

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Polarisierte Hadronenstrahlen	3
2.1	Experimente mit unpolarisierten Teilchenstrahlen	3
2.2	Messung von Polarisationsobservablen	4
2.2.1	Polarisation eines Teilchenensembles	4
2.2.2	Observablen im Polarisationsexperiment	5
3	Strahldynamik in Ringbeschleunigern	9
3.1	Teilchenbewegung	9
3.1.1	Geladene Teilchen im elektromagnetischen Feld	9
3.1.2	Hamilton-Formalismus	11
3.1.3	Lineare Strahldynamik und optische Funktionen	12
3.1.4	Nichtlineare Strahldynamik und optische Resonanzen	15
3.2	Kollektive Effekte	16
3.2.1	Raumladung und Strahlrohrimpedanzen	16
3.2.2	Im Strahlpotential akkumulierte Ionen	20
3.3	Streuprozesse der Strahlteilchen	22
3.3.1	Strahl-Target Wechselwirkung	22
3.3.2	Strahl-Strahl Wechselwirkung	24
3.3.3	Streuung innerhalb des Strahls (IBS)	26
3.4	Strahlkühlung	28
3.4.1	Elektronenkühlung	28
3.4.2	Stochastische Kühlung	29
3.5	Luminosität	31
3.5.1	Internes und externes Target	32
3.5.2	Kollidierende Strahlen	33
4	Spindynamik in Ringbeschleunigern	35
4.1	Spinbewegung	35
4.1.1	Thomas-BMT Gleichung	35
4.1.2	Mitbewegtes Koordinatensystem	36
4.1.3	Spinorgleichung für Spin-1/2 Teilchen	37
4.2	Spinresonanzen	38
4.2.1	Resonanzstärke von Spinresonanzen	38
4.2.2	Invariante Spinachse und invariantes Spinfeld	40
4.2.3	Spinbewegung in Nähe einer isolierten Spinresonanz	41
4.2.4	Nichtlineare Querung von Spinresonanzen	43
4.2.5	Analytischer Matrixformalismus für Spinresonanzquerung	46

4.3	Spinmanipulation in Speicherringen	47
4.3.1	Sibirische Schlange	47
4.3.2	Polarisationsumkehr mit lokalem hochfrequentem Magnetfeld . .	50
4.3.3	Resonanzstärke bei Polarisationsumkehr	51
4.3.4	Polarisationsaufbau in Speicherringen	53
5	Methoden zur Strahloptimierung und Polarisationserhaltung	55
5.1	Kühlersynchrotron COSY	55
5.1.1	Strahlqualität und Luminosität	57
5.1.2	Polarisierter Protonenstrahl	64
5.1.3	Optimierung des polarisierten Protonenstrahls	69
5.1.4	Spinresonanzen höherer Ordnung	71
5.1.5	Polarisierter Deuteronenstrahl	72
5.2	AGS/RHIC Beschleunigeranlage	74
5.2.1	Polarisierter Protonenstrahl und Sibirische Schlangen	75
5.2.2	Spinresonanzen in AGS	77
5.2.3	Polarisationsoptimierung in AGS	80
5.2.4	Spinresonanzen und Polarisationsoptimierung in RHIC	82
5.2.5	Invariantes Spinfeld	83
6	Experimente zur Spinmanipulation	91
6.1	Untersuchung der Polarisationsumkehr	91
6.1.1	Magnetkonfigurationen für hochfrequente Magnetfelder	92
6.1.2	Polarisationsumkehr von Spin-1/2 Teilchen	93
6.1.3	Polarisationsumkehr von Spin-1 Teilchen	94
6.1.4	Resonanzstärke bei Polarisationsumkehr	97
6.1.5	Absolute Energiekalibrierung des COSY Strahls	108
6.1.6	Verlauf der Polarisation bei Resonanzübergang	109
6.2	Vorversuche zum Polarisationsaufbau in Speicherringen	113
6.2.1	Experimente an COSY	113
6.2.2	Planung weiterer Experimente	117
7	Strahlsimulation und Beschleunigerauslegung	119
7.1	Hochenergie-Speicherring (HESR)	119
7.1.1	FAIR Beschleunigeranlage	119
7.1.2	Auslegung und experimentelle Strahlanforderungen	120
7.1.3	Strahldynamische Berechnungen	123
7.1.4	Kollektive Effekte	127
7.1.5	Strahlrohrimpedanzen	127
7.1.6	Strahlgleichgewichte mit Strahlkühlung	130
7.1.7	Strahlverluste und Luminositätsabschätzung	132
7.2	Doppelring für polarisierte Protonen und Antiprotonen	136
7.2.1	Antiprotonen Polarisierer-Ring (APR)	137
7.2.2	Optimierung der polarisierten Teilchenstrahlen	139
7.2.3	Luminositätsabschätzung	143
8	Zusammenfassung und Ausblick	147