

# Inhaltsverzeichnis

<b>Teil I. Von Mikrotrons und Polytrons</b>	<b>1</b>
<b>1 Das Harmonische Doppelseitige Mikrotron (HDSM)</b>	<b>3</b>
1.1 Das Mainzer Mikrotron (MAMI) . . . . .	3
1.1.1 Rezirkulierende HF-Linearbeschleuniger für relativistische Teilchen	4
1.1.2 Die MAMI-B-Kaskade seit 1990 . . . . .	8
1.1.3 Erweiterung der Kaskade zu MAMI-C . . . . .	8
1.1.4 Das Harmonische doppelseitige Mikrotron (HDSM) . . . . .	10
1.2 Das Mikrotron-Prinzip . . . . .	13
1.2.1 Kohärenzbedingungen bei relativistischen Energien . . . . .	13
1.2.2 Höhere Energien mit MAMI-C . . . . .	14
1.3 Das Ablensystem und seine Eigenschaften . . . . .	15
1.3.1 Fokussierung des Strahls . . . . .	17
1.3.2 Longitudinale Fokussierung . . . . .	20
1.4 Periodische Systeme: Grundlagen der Longitudinaldynamik . . . . .	21
1.4.1 Beschreibung durch die lineare Strahldynamik . . . . .	21
1.4.2 Matrix-Formalismus der Strahldynamik . . . . .	22
1.4.3 Stabilität, Eigenellipse und Resonanzphänomene . . . . .	24
1.4.4 Einfluss des Magnetfeld-Gradienten auf die Longitudinaldynamik .	28
1.4.5 Longitudinale Stabilität des DSM . . . . .	29
1.5 Das Harmonische Doppelseitige Mikrotron als Spezialfall für MAMI-C .	29
1.5.1 Subharmonischer Einschuss . . . . .	31
1.5.2 Longitudinale Stabilität des HDSM . . . . .	32
1.5.3 Konsequenz der Sollphasenänderung im HDSM . . . . .	32
1.5.4 Folgen im Betrieb und für strahldynamische Untersuchungen . . .	34
1.5.5 Verkopplung zwischen den Phasenräumen . . . . .	35
<b>Teil II. Strahldiagnose und andere Systeme an MAMI</b>	<b>37</b>
<b>2 Strahldiagnose und andere Systeme an MAMI</b>	<b>39</b>
2.1 Invasive Monitorsysteme . . . . .	41
2.1.1 Leuchtschirme . . . . .	41

2.2	Nicht-invasive Monitorsysteme . . . . .	43
2.2.1	Synchrotronstrahlungsmonitore . . . . .	43
2.3	Diverse Diagnosesysteme . . . . .	43
2.3.1	Förstersonde zur Strommessung . . . . .	44
2.3.2	Ionisationssonden überwachen Strahlverluste . . . . .	44
2.4	Hochfrequenzsystem . . . . .	45
2.4.1	Beschleunigungsspannung . . . . .	45
2.4.2	Phasenschieber . . . . .	47
2.4.3	Autodyn-Phasenmessungen . . . . .	51
2.5	Magnetfeld-Messungen . . . . .	52
2.6	Hochfrequenz-Monitore . . . . .	53
2.6.1	Grundlagen . . . . .	53
2.6.2	Verschiedene Funktionen der HF-Monitore . . . . .	54
2.6.3	Analoge Signalverarbeitung . . . . .	55
2.6.4	HF-Monitore im rezirkulierenden Beschleuniger . . . . .	56
2.6.5	Datenerfassung . . . . .	58
2.7	Datenverarbeitung . . . . .	62
2.7.1	Interpretation und Analyse der Signale . . . . .	62
2.7.2	Archivierung der ADC-Rohdaten . . . . .	63
2.7.3	Performance der Datenerfassung . . . . .	64

## **Teil III. Elementare Prozesse und Methoden 67**

<b>3</b>	<b>Elementare Prozesse und Methoden</b>	<b>69</b>
3.1	Phasenmessungen mit HF-Monitoren im Mikrotron . . . . .	70
3.1.1	Phasenmonitore in den RTMs . . . . .	70
3.1.2	Phasenmonitore im HDSM . . . . .	71
3.2	Elementare Methoden zur Phasenmessungen im HDSM . . . . .	72
3.2.1	Präzise Phasenmessung mit Hohlleiterphasenschiebern . . . . .	73
3.2.2	Bestimmung der Einschussphasen . . . . .	73
3.3	Kalibration der Phasenmonitore . . . . .	75
3.3.1	Anforderungen an eine automatische Messroutine . . . . .	76
3.3.2	Verbesserte Analyse mit Phasen- und Intensitätssignal (simultan) . . . . .	76
3.3.3	Verbesserte Signalanalyse der ADC-Rohdaten . . . . .	78
3.3.4	Schnelle Phasenmessungen mit einzelnen Diagnosepulsen . . . . .	81
3.4	Untersuchung der Linacs . . . . .	81
3.4.1	Messmethoden . . . . .	84
3.4.2	Ergebnisse . . . . .	88
3.5	Kalibration der Lagemonitore des HDSM . . . . .	91

3.6	Flexible Messmethoden . . . . .	94
3.6.1	Untersuchung der Phasenmessung in den RTMs . . . . .	94
3.6.2	Bestimmung der Phase in den Matching- und Verniersektionen von MAMI-B . . . . .	94
3.6.3	Einsatz bei der Strahlpositionsregelung vor dem A4-Experiment . .	94
3.7	Resultate der Untersuchungen . . . . .	94

## **Teil IV. Strahldynamik 97**

### **4 Strahldynamik 99**

4.1	Untersuchung der Longitudinaldynamik des HDSM . . . . .	99
4.2	Longitudinaldynamik im HDSM . . . . .	101
4.2.1	Modell der Longitudinaldynamik . . . . .	103
4.2.2	Implementierung des Modells der longitudinalen Strahldynamik . .	104
4.2.3	Anpassung des Modells . . . . .	106
4.3	Phasenraumtomographie als Basis für weitere Untersuchungen . . . . .	109
4.3.1	Akzeptanzmessungen als Phasenraumtomogramme . . . . .	110
4.3.2	Phasenmessungen während der Akzeptanzmessung . . . . .	112
4.3.3	Optimierung der Simulationsparameter (Fit) . . . . .	115
4.4	Resultate des Modells . . . . .	121
4.4.1	Simulation der Ausschussenergie . . . . .	122
4.4.2	Stabilität des Spinwinkels . . . . .	124
4.5	Analyse der Synchrotronschwingungen . . . . .	125
4.5.1	Der Verlauf des Arbeitspunkts im HDSM . . . . .	126
4.5.2	Bestimmung der Synchrotronschwingung aus dem Phasenverlauf .	129
4.5.3	Auswertung der Synchrotronschwingung . . . . .	131
4.5.4	Akzeptanzmessungen und Synchrotronschwingungen . . . . .	133
4.5.5	Stabilität der Longitudinaldynamik . . . . .	133
4.6	Optimierungen des Beschleunigers im Strahlbetrieb . . . . .	134
4.6.1	Optimierung mit Phasenraumtomogrammen . . . . .	136
4.6.2	Phasenoptimierung mithilfe der Synchrotronschwingung . . . . .	136
4.7	Resultate der strahldynamischen Untersuchungen . . . . .	138

## **Teil V. Zusammenfassung und Ausblick 141**

### **5 Zusammenfassung und Ausblick 143**

5.1	Zusammenfassung . . . . .	143
5.2	Ausblick . . . . .	145

<b>Teil VI. Anhang</b>	<b>147</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>149</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>151</b>
<b>Index</b>	<b>153</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>155</b>
<b>Veröffentlichungen</b>	<b>163</b>
<b>Danksagung</b>	<b>165</b>