

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Grundlagen der Laser-Plasma-Physik.....	3
2.1	Ultrakurze Lichtpulse mit hohen Intensitäten.....	3
2.2	Wechselwirkung ultrakurzer, hochintensiver Laserpulse mit Materie .....	4
2.2.1	Überblick zur Plasma-Erzeugung.....	4
2.2.2	Vorpuls und Vorplasma.....	5
2.2.3	Vorgänge im Plasma zeitlichen zwischen dem Vor- und Hauptpuls .....	7
2.2.4	Vorgänge im Plasma während des Laser-Hauptpulses .....	8
2.2.5	Effekte zur Erzeugung von Elektronen mit sehr großen Energien .....	9
2.2.6	Erzeugung von schweren, geladenen Teilchen und Bremsstrahlung.....	11
2.3	Verteilungsfunktionen für Elektronen im Plasma.....	12
3	Zielsetzung für die Messung der Strahlungs-Emission aus laserinduzierten Plasmen und Folgerungen für die Messmethode .....	17
4	Aufbau und Funktionsweise des Wenig-Kanal-Spektrometers.....	19
4.1	Thermolumineszenz-Detektoren (TLD) .....	19
4.2	Das Wenig-Kanal-Spektrometer.....	21
5	Computersimulation und verifizierende Messungen zur Bestimmung des Ansprechvermögens des Spektrometers.....	25
5.1	Ansprechvermögen des Wenig-Kanal-Spektrometers.....	25
5.2	Computerprogramm EGS4 zur Berechnung des Ansprechvermögens .....	25
5.2.1	Funktionsprinzip des Programms.....	25
5.2.2	Benutzung des Programms.....	26
5.2.3	Details zur Dosis-Berechnung.....	27
5.3	Überprüfung der Computersimulation in bekannten Strahlungsfeldern.....	28
5.3.1	Methode der Überprüfung .....	28
5.3.2	Elektronenstrahlung .....	29
5.3.3	Photonenstrahlung .....	32
5.4	Berechnung der Ansprech-Matrizen für Elektronen und Photonen .....	35
5.4.1	Wesentliche Eigenschaften der Ansprech-Matrizen des Spektrometers.....	35
5.4.2	Randbedingungen bei der Berechnung der Ansprech-Matrizen .....	38
6	Entfaltung von Fluenzspektren .....	42
6.1	Matrixgleichung für den Zusammenhang zwischen Fluenz und Dosis .....	42
6.2	Wenigkanalentfaltung.....	43
6.3	Vorinformationen zur Entfaltung .....	44

6.4 Parameteroptimierung mittels Bayesscher Wahrscheinlichkeitstheorie .....	46
6.5 Anwendung des Programms WinBUGS für die Entfaltung.....	48
6.5.1 Vorbemerkung .....	48
6.5.2 Eingangsdaten und Form der Ergebnisdaten aus WinBUGS .....	48
6.5.3 Einzeldaten der Iteration, Konvergenzverhalten .....	49
6.5.4 Vergleich von gemessenen und den aus den Spektren berechneten Dosiswerten .....	51
6.5.5 Häufigkeitsverteilungen der optimierten Parameter .....	53
6.5.6 Korrelationen der optimierten Parameter.....	54
6.5.7 Zusammenfassung der Ergebnisse der Datenauswertung und Unsicherheit der Fluenzspektren .....	56
6.6 Überprüfung der gewählten Vorinformation für die Spektren .....	59
7 Messungen an laserinduzierten Plasmen.....	63
7.1 Durchführung der Experimente .....	63
7.1.1 Beschreibung der verwendeten Lasersysteme .....	63
7.1.2 Laserparameter bei den Messungen .....	63
7.1.3 Durchführung der Bestrahlungen.....	64
7.2 Auswertung der TLD-Messwerte.....	66
7.2.1 Auswertegerät zur Messung der Glowkurven .....	66
7.2.2 Einfluss der hohen Dosisleistung .....	66
7.2.3 Einfluss der Umgebungsstrahlung; Unsicherheit der Dosismessung.....	66
7.3 Ergebnisse der Messungen an laserinduzierten Plasmen .....	68
7.3.1 Protonen und andere schwere, geladene Teilchen.....	68
7.3.2 Form der Elektronen- und Photonen-Spektren .....	69
7.3.3 Temperatur der hochenergetischen („heißen“) Elektronen .....	72
7.3.4 Winkelabhängigkeit der emittierten Strahlung.....	74
7.3.5 Konversionseffizienzen und heiße Elektronentemperaturen.....	83
8 Erste Anwendungen der lasererzeugten ionisierenden Strahlung.....	86
8.1 Einleitung .....	86
8.2 Erzeugung und Nachweis von Photoneutronen in <sup>9</sup> Be .....	86
8.2.1 Mechanismen der Erzeugung und des Nachweises von Photoneutronen....	86
8.2.2 Bestimmung der Zahl der erzeugten Photoneutronen .....	88
8.2.3 Bestimmung der verursachenden Photonenfluenz; Vergleich mit Spektren ..	89
8.2.4 Ausblick für die Anwendung für Transmutation.....	89
9 Zusammenfassung und Ausblick .....	90
10 Literaturverzeichnis .....	92

Anhang I Dosismessung mit TLDs .....	i
I.1 Absolut-Kalibrierung der TLDs .....	i
I.2 Individuelle Kalibrierfaktoren .....	ii
I.3 Dosismessung bis 0,1 Gy .....	ii
I.4 Dosiswerte von 0,1 Gy bis 5 Gy .....	iii
I.5 Dosiswerte oberhalb 5 Gy .....	iii
I.5.1 Verfahren 1 zur Bestimmung von hohen Dosiswerten: .....	iii
I.5.2 Verfahren 2 zur Bestimmung von hohen Dosiswerten: .....	iv
Anhang II Auswertemethode für andere Anwendungszwecke .....	vi
II.1 Einleitung .....	vi
II.2 Computer-Programm zur Verwendung beliebiger Vorinformationen: MAXED .....	vii
II.3 Test des Entfaltungsverfahrens von MAXED .....	vii
II.3.1 Beispiel 1: Photonenspektrum einer Röntgenanlage mit 15 kV Spannung ....	vii
II.3.2 Beispiel 2: Photonenspektrum einer Röntgenanlage mit 300 kV Spannung ..	viii
II.3.3 Beispiel 3: Photonenspektrum eines Beschleunigers mit 2 MV Spannung ....	viii
II.3.4 Beispiel 4: Photonenspektrum eines Beschleunigers mit 6 MV Spannung .....	x
II.3.5 Beispiel 5: Photonenspektrum eines Beschleunigers mit 20 MV Spannung ....	x
II.3.6 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	xi
Summary .....	xii
Danksagung.....	xv
Lebenslauf .....	xvii
Ehrenwörtliche Erklärung.....	xix