



# Quantitative Untersuchung des Laserablationsprozesses mittels Kombination von optischer Spektroskopie und Massenspektrometrie

Jannis Oelmann

Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 486

ISBN 978-3-95806-453-9

Forschungszentrum Jülich GmbH  
Institut für Energie- und Klimaforschung  
Plasmaphysik (IEK-4)

# **Quantitative Untersuchung des Laserablationsprozesses mittels Kombination von optischer Spektroskopie und Massenspektrometrie**

Jannis Oelmann

Schriften des Forschungszentrums Jülich  
Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 486

---

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-453-9

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Laser-Material-Wechselwirkung</b>	<b>5</b>
2.1	Ablationsmechanismen . . . . .	6
2.2	Plasmabildung . . . . .	14
2.3	Laserinduzierte Messtechniken zur Probenanalyse . . . . .	16
<b>3</b>	<b>Messmethoden und Versuchsaufbau</b>	<b>21</b>
3.1	Laserinduzierte Ablation . . . . .	22
3.2	Laserinduzierte Plasmaspektroskopie mit ps-Laserpulsen im Vakuum	27
3.3	Laserinduzierte Ablations-Quadrupol-Massenspektrometrie . . . . .	31
3.3.1	Kalibrierung des Quadrupol-Massenspektrometers . . . . .	37
3.3.2	Fragmentierung in der Ionenquelle . . . . .	43
3.3.3	Analyse der Restgaszusammensetzung nach laserinduzierter Ablation . . . . .	45
3.4	Laserinduzierte Ablations-Flugzeitmassenspektrometrie . . . . .	46
3.4.1	Optimierung des Flugzeitmassenspektrometers . . . . .	46
3.4.2	Kalibrierung der Massenskala . . . . .	49
3.5	Weitere Diagnostiken zur Probencharakterisierung . . . . .	51
<b>4</b>	<b>Oberflächenprozesse während der Ablation</b>	<b>55</b>
4.1	Kraterbildung in einer Solarzelle . . . . .	55
4.1.1	Tiefenauflösung der laserinduzierten Ablation . . . . .	61
4.1.2	Schichtablösung bei laserinduzierten Ablationen . . . . .	62
4.2	Krateranalyse in Graphitproben . . . . .	64
4.2.1	Kraterstruktur . . . . .	64
4.2.2	Bestimmung der Ablationsraten . . . . .	66
4.2.3	Energieabhängigkeit des Kraterdurchmessers . . . . .	71
4.3	Laserinduzierte Fragmentierung . . . . .	73

<b>5 Laserinduzierte Probenanalyse</b>	<b>77</b>
5.1 Wendelstein 7-X Limiterziegel . . . . .	77
5.1.1 Symmetriebetrachtungen . . . . .	85
5.1.2 Analyse der Restgaszusammensetzung . . . . .	89
5.2 Wendelstein 7-X Divertor-Baffle-Prallplatten . . . . .	93
5.3 Tiefenaufgelöster Deuteriumgehalt in Graphitproben . . . . .	99
5.4 Deuteriumrückhaltung in Wolfram . . . . .	102
<b>6 Zusammenfassung</b>	<b>105</b>
<b>Anhang</b>	<b>109</b>
<b>Literatur</b>	<b>113</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>127</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>131</b>
<b>Abkürzungen und Notationen</b>	<b>133</b>
<b>Publikationsliste</b>	<b>137</b>

Energie & Umwelt / Energy & Environment  
Band / Volume 486  
ISBN 978-3-95806-453-9

Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

