## Inhaltsverzeichnis

4 ł	bbildungsverzeichnis viii								
Га	bellei	iverzeichnis ix							
Κc	onstar	aten und Symbole xi							
4 ł	okürz	ıngsverzeichnis xiii							
Κı	Kurzfassung 1								
) a	anksa	gung 3							
	Einl 1.1 1.2 1.3	eitung       5         Plasmajets       5         Leistungseinkopplung in technischen Plasmen       6         1.2.1 Kapazitiv gekoppelte Plasmen       6         1.2.2 Induktiv gekoppelte Plasmen       8         1.2.3 Moden       9         1.2.4 E-Mode       9         1.2.5 H-Mode       9         1.2.6 Hybridmode       9         1.2.7 Modenübergänge und Hysterese       10         1.2.8 Realisierung eines kompakten ICP-Jets       11         Ziele und Aufbau dieser Arbeit       13							
2	Gru: 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5	ndlagen der Plasmamodellierung 15 Kinetische Beschreibung 15 Übergang zum Fluidbild 20 Modell eines kalten Plasmas 22 Zeitharmonische Beschreibung elektromagnetischer Felder 24 Globale Plasmamodelle 25							
3	Aufl 3.1 3.2	bau und Idealisierung des MMWICPs       29         Aufbau des MMWICPs       29         Skalenanalyse und idealisierte Beschreibung       34         3.2.1 Zeitskalen       34         3.2.2 Längenskalen       34         3.2.3 Idealisierungen       35         Der MMWICP im Ersatzschaltbild       36							
	3.4	Zusammenfassung des Kapitels							

## Inhaltsverzeichnis

A	ppiidi	ingsverzeichnis	V111
Τa	abelle	nverzeichnis	ix
K	onsta	nten und Symbole	хi
A	bkürz	ungsverzeichnis	xiii
K	urzfas	sung	1
Da	anksa	gung	3
1	Einl 1.1 1.2	Plasmajets .  Leistungseinkopplung in technischen Plasmen  1.2.1 Kapazitiv gekoppelte Plasmen  1.2.2 Induktiv gekoppelte Plasmen  1.2.3 Moden  1.2.4 E-Mode  1.2.5 H-Mode  1.2.6 Hybridmode  1.2.7 Modenübergänge und Hysterese  1.2.8 Realisierung eines kompakten ICP-Jets  Ziele und Aufbau dieser Arbeit	5 5 6 6 8 9 9 9 9 10 11 13
2	Gru 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5	ndlagen der Plasmamodellierung Kinetische Beschreibung Übergang zum Fluidbild Modell eines kalten Plasmas Zeitharmonische Beschreibung elektromagnetischer Felder Globale Plasmamodelle	15 15 20 22 24 25
3	3.1 3.2 3.3	Dau und Idealisierung des MMWICPs Aufbau des MMWICPs Skalenanalyse und idealisierte Beschreibung 3.2.1 Zeitskalen 3.2.2 Längenskalen 3.2.3 Idealisierungen Der MMWICP im Ersatzschaltbild	29 29 34 34 34 35 36
	3.4	Zusammenfassung des Kapitels	38

 $\mathbf{v}$ 

4	Elek 4.1 4.2 4.3 4.4	tromagnetisches Modell eines Teiljets Lösung der Maxwellgleichungen Herleitung der Plasmaadmittanz Elektromagnetische Leistungsdichte Zusammenfassung des Kapitels	39 39 46 50 52
5	Der	MMWICP im Betrieb mit Argon	53
	5.1	Plasmamodell für Argon	53
	5.2	Kopplung der beiden Teilmodelle	56
		5.2.1 Stabilität der Gleichgewichtspunkte	56
	5.3	Einsichten in die Dynamik des Systems	61
	5.4	Zusammenfassung des Kapitels	64
6	Der	MMWICP im Betrieb mit Stickstoff	65
	6.1	Globales Modell eines Stickstoffplasmas	65
	6.2	Anpassung des elektromagnetischen Modells	67
	6.3	Experimentelle Charakterisierung des MMWICPs	69
		6.3.1 Optische Messungen	69
		6.3.2 Mikrowellenmessungen	71
	6.4	Simulation und Vergleich mit experimentellen Daten	72
		6.4.1 Globale Plasmaparameter	72
		6.4.2 Mikrowellenmessungen	74
		6.4.3 Modenanalyse	76
		6.4.4 Ortsaufgelöste Messungen	78
	6.5	Zusammenfassung des Kapitels	84
7	Orts	saufgelöstes Modell der Elektronendichte	85
	7.1	Das Drift-Diffusions-Modell	85
	7.2	Entwicklung in ein Eigensystem orthogonaler Funktionen	87
		7.2.1 Mathematischer Formalismus	87
		7.2.2 Anwendung auf das Drift-Diffusions-Problem	88
	7.3	Problemspezifische Annahmen	91
		7.3.1 Elektronengenerationsrate	91
		7.3.2 Näherung des Gleichungssystems	92
		7.3.3 Ambipolare Diffusionskonstante	93
	7.4	Lösung des axialen Problems	94
	7.5	Simulation des MMWICPs im Betrieb	97
		7.5.1 Simulation des H-Mode	97
		7.5.2 Simulation des Hybridmode	
	7.6	Zusammenfassung des Kapitels	104
8	Zusa	ammenfassung und Ausblick	105
	8.1	Zusammenfassung	105
	8.2	Ausblick	108
Lit	teratu	urverzeichnis	109

4		tromagnetisches Modell eines Teiljets 39
	4.1	Lösung der Maxwellgleichungen
	4.2	Herleitung der Plasmaadmittanz
	4.3	Elektromagnetische Leistungsdichte
	4.4	Zusammenfassung des Kapitels
5	Der	MMWICP im Betrieb mit Argon 53
	5.1	Plasmamodell für Argon
	5.2	Kopplung der beiden Teilmodelle
		5.2.1 Stabilität der Gleichgewichtspunkte
	5.3	Einsichten in die Dynamik des Systems 61
	5.4	Zusammenfassung des Kapitels
6	Der	MMWICP im Betrieb mit Stickstoff 65
	6.1	Globales Modell eines Stickstoffplasmas
	6.2	Anpassung des elektromagnetischen Modells 67
	6.3	Experimentelle Charakterisierung des MMWICPs 69
		6.3.1 Optische Messungen
		6.3.2 Mikrowellenmessungen
	6.4	Simulation und Vergleich mit experimentellen Daten
		6.4.1 Globale Plasmaparameter
		6.4.2 Mikrowellenmessungen
		6.4.3 Modenanalyse
		6.4.4 Ortsaufgelöste Messungen
	6.5	Zusammenfassung des Kapitels
7	Orts	saufgelöstes Modell der Elektronendichte 85
•	7.1	Das Drift-Diffusions-Modell
	7.2	Entwicklung in ein Eigensystem orthogonaler Funktionen
		7.2.1 Mathematischer Formalismus
		7.2.2 Anwendung auf das Drift-Diffusions-Problem
	7.3	Problemspezifische Annahmen
		7.3.1 Elektronengenerationsrate
		7.3.2 Näherung des Gleichungssystems
		7.3.3 Ambipolare Diffusionskonstante
	7.4	Lösung des axialen Problems
	7.5	Simulation des MMWICPs im Betrieb
		7.5.1 Simulation des H-Mode
		7.5.2 Simulation des Hybridmode
	7.6	Zusammenfassung des Kapitels
8	71189	ammenfassung und Ausblick 105
	8.1	Zusammenfassung
	8.2	Ausblick
Li	teratu	urverzeichnis 109