

MODUL: Fusionstechnologie
STAND: 07.02.2022
Legende:  niemals oder nur eingeschränkt änderbar

 Änderbar, aber ggf. Überprüfung notwendig

 Bearbeitung durch MV/ Stellvertreter möglich

 +  sind bei Antragstellung Pflichtfelder (Ausnahme: Stellvertreter)

1		Modulname (Deutsch)	<i>Fusionstechnologie</i>	
		Modulname (Englisch)	<i>Fusion Technology</i>	
2		Unterrichtssprache	<i>Deutsch/englisch</i>	
3		Leistungspunkte (LP) / ECTS-Credits	6	
4		Semesterwochenstunden (SWS)	6	
5		Moduldauer (Anzahl der Semester)	2	
6		Turnus	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Jedes Semester</i> 	
7a		Modulverantwortliche(r)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Prof. Dr. Günter Tovar</i> • <i>Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie</i> • <i>guenter.tovar@igvp.uni-stuttgart.de</i> • <i>0711 970 4109, 0711 685 62302</i> 	
7b		Stellvertreter(in)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dr. Mirko Ramisch</i> • <i>Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie</i> • <i>mirko.ramisch@igvp.uni-stuttgart.de</i> • <i>0711 685 62194</i> 	
8		Dozenten	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dr. Mirko Ramisch</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie</i> ○ <i>mirko.ramisch@igvp.uni-stuttgart.de</i> ○ <i>0711 685 62194</i> • <i>Dr. Alf Köhn-Seemann</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie</i> ○ <i>alf.koehn@igvp.uni-stuttgart.de</i> ○ <i>0711 685 69686</i> 	
9		Verwendung in welchem eigenen Studiengang inkl. der Angabe der genauen Bereiche innerhalb des Studienganges	<ul style="list-style-type: none"> • <i>M.Sc. Energietechnik</i> • <i>Spezialisierungsmodul im Fach „Fission & Fusion“, Kernfach mit 6 LP</i> 	Studiendekan informiert: <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> nein
10		Verwendbarkeit in weiteren Studiengänge?	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
		Falls ja, Angabe dieser Studiengänge inkl. der Angabe der genauen Bereiche innerhalb der Studiengänge	Angaben über Verankerung des Moduls in weiteren Studiengängen Benötigte Angaben: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Name des Studiengangs</i> • <i>Verortung des Moduls in der Prü-</i> 	Studiendekane der weiteren Studiengänge informiert: <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> nein

			fungsordnung
11		Voraussetzung	Grundkurse des Bachelorstudiengangs empfohlen
12		Lernziele	<p>Deutsch: Die Studierenden verfügen über die Grundlagen magnetisierter Plasmen und können mit den erlernten Grundkonzepten für plasmadynamische Vorgänge und magnetohydrodynamische Gleichgewichte aktuelle Einschlusskonzepte für Fusionsplasmen und deren Herausforderungen verstehen. Studierende sind geübt im Umgang mit Kenngrößen magnetisierter Plasmen insbesondere zur Orientierung in Laboranwendungen, und sie verfügen über analytische Grundlagen zur weiteren Vertiefung in z.B. komplexeren numerischen Anwendungen.</p> <p>English: The students have learned the basics of magnetized plasmas and can – by means of the basic concepts for plasma-dynamical processes and magnetohydrodynamic equilibria – understand current confinement concepts for fusion plasmas and their challenges. The students are trained in dealing with key parameters of magnetized plasmas, in particular for orientation in laboratory applications, and they have the analytical basics for further in-depth studies, e.g. in more complex numerical applications.</p>
13		Inhalt	<p>Deutsch:</p> <p>Plasmagrundlagen (Ramisch): Plasmaeigenschaften, Debye-Abschirmung, Plasmafrequenz; Teilchenbahnen in Magnetfeldern, Larmorradius, Gyrationfrequenz, Teilchendriften, magnetischer Spiegel, adiabatische Invarianten; Plasma als Fluid, Zwei- und Ein-Fluid-Ansatz, MHD-Gleichungen, eingefrorener Fluss, Plasmadynamo; Plasmagleichgewichte, Pinches, Plasmastabilität, Rayleigh-Taylor-Instabilität, Austausch-Instabilität, Modenanalyse, Energieprinzip, Alfvén-Wellen; Plasma-Wand-Wechselwirkung, Plasmaschicht, Bohm-Kriterium, Langmuir-Sonden.</p> <p>Fusionsforschung (Köhn-Seemann): Fusionsreaktion, Energiebilanz, Schlüsselparame-ter, Fusionsreaktoren, magnetische Einschlusskonzepte, Tokamaks, Stellaratoren, Teilchenbahnen in Fusionsplasmen, Parametergrenzen, MHD-Instabilitäten, klassischer Transport, neoklassischer Transport, turbulenter Transport, Transportbarrieren</p> <p>English:</p> <p>Fundamentals of plasmas (Ramisch): Plasma properties, Debye shielding, plasma frequency; Particle trajectories in magnetic fields, Larmor radius, gyro frequency, particle drifts, magnetic mirror, adiabatic invariants; Plasma as a fluid, two- and one-fluid approach, MHD equations, frozen flux, plasma dynamo; Plasma equilibria, pinches, plasma stability, Rayleigh-Taylor instability, interchange instability, mode analysis, energy principle, Alfvén waves; Plasma-wall interaction, plasma sheath, Bohm criterion, Langmuir probes.</p> <p>Fusion research (Köhn-Seemann): Fusion reaction, energy balance, key parameters, fusion reactors, magnetic confinement concepts, tokamaks, stellarators, particle trajectories in fusion plasmas, parameter limits, MHD-instabilities, classical transport, neoclassical transport, turbulent transport, transport barriers</p>
14		Literatur/Lernmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> Ulrich Stroth, <i>Plasmaphysik – Phänomene, Grundlagen und Anwendungen</i>, https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-55236-0 Francis F. Chen, <i>Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion</i> https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-22309-4 Videoaufzeichnungen Folien
15		Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Deutsch)	<p>Angaben zu der/den Lehrveranstaltung(en) des Moduls. Benötigte Angaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vorlesung: Plasmaphysik 1 Übung: Übungen zu Plasmaphysik 1 Vorlesung: Fusionsforschung Übung: Übungen zu Fusionsforschung

		Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Englisch)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lecture: Plasma physics 1</i> • <i>Exercise: Exercises for Plasma physics 1</i> • <i>Lecture: Fusion research</i> • <i>Exercise: Exercises for Fusion research</i>
16		Abschätzung des Arbeitsaufwands Im Rahmen der LP-Zahl	<i>Gesamtstunden: 180</i> <i>Präsenzstudium: 84</i> <i>Eigenstudiumstunden: 96</i>
17a		Studienleistungen (unbenotet) (Deutsch)	
		Studienleistungen (unbenotet) (Englisch)	
		Studienleistungen (benotet) (Deutsch)	
		Studienleistungen (benotet) (Englisch)	
17b		Prüfungsleistungen (Deutsch)	<i>Angaben zu Art und Umfang der zu erbringenden Prüfungsleistungen;</i> <i>Mögliche Kategorien :</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Prüfungsleistung (PL): Mündlich, 60 Min, 50% Plasmagrundlagen / 50% Fusionsforschung</i>
		Prüfungsleistungen (Englisch)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Oral exam: 60 min, 50% Fundamentals of plasmas / 50% Fusion research</i>
18		Grundlage für...	<i>Masterarbeit, Plasmaphysik 2, Numerische Plasmaphysik 1+2</i>
19		Medienform	<i>Tafel- bzw. Beamerpräsentation, digitale Aufzeichnung und Folien verfügbar</i>
20		Bezeichnung der zugehörigen Modulprüfung(en) und	KEINE ANGABEN MACHEN; WIRD VOM PRÜFUNGSAMT AUSGEFÜLLT

Legende:  niemals oder nur eingeschränkt änderbar

 Änderbar, aber ggf. Überprüfung notwendig

 Bearbeitung durch MV/ Stellvertreter möglich

 +  sind bei Antragstellung Pflichtfelder (Ausnahme: Stellvertreter)

1		Modulname (Deutsch)	<i>Mikrowellentechnologie</i>	
		Modulname (Englisch)	<i>Microwave Technology</i>	
2		Unterrichtssprache	<i>Englisch</i>	
3		Leistungspunkte (LP) / ECTS-Credits	3	
4		Semesterwochenstunden (SWS)	3	
5		Moduldauer (Anzahl der Semester)	1	
6		Turnus	<i>Jedes Wintersemester</i>	
7a		Modulverantwortliche(r)	<ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Günter Tovar • Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie • guenter.tovar@igvp.uni-stuttgart.de • 0711 970 4109, 0711 685 62302 	
7b		Stellvertreter(in)	<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Burkhard Plaum • Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie • burkhard.plaum@igvp.uni-stuttgart.de • 0711 685 62174 	
8		Dozenten	<i>Dr.Burkhard Plaum</i>	
9		Verwendung in welchem eigenen Studiengang inkl. der Angabe der genauen Bereiche innerhalb des Studienganges	<ul style="list-style-type: none"> • M.Sc. Energietechnik • Spezialisierungsmodul im Fach „Fission & Fusion“, Ergänzungsfach mit 3 LP 	Studiendekan informiert: <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> nein
10		Verwendbarkeit in weiteren Studiengänge?	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
		Falls ja, Angabe dieser Studiengänge inkl. der Angabe der genauen Bereiche innerhalb der Studiengänge	Angaben über Verankerung des Moduls in weiteren Studiengängen Benötigte Angaben: <ul style="list-style-type: none"> • Name des Studiengangs • Verortung des Moduls in der Prüfungsordnung 	Studiendekane der weiteren Studiengänge informiert: <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> nein
11		Voraussetzung		
12		Lernziele	<i>Die Studierenden verfügen über die Grundlagen der Mikrowellentechnologie und sind in der Lage, diese Grundlagen auf technische Anwendungen zum Heizen, Trocknen oder zur Plasmaerzeugung zu übertragen.</i>	

13		Inhalt	<i>Maxwell's equations, waveguides and related components, Gaussian Optics and related components, microwave sources, antennas, interaction with matter, advanced topics</i>
14		Literatur/Lernmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> • Michael Steer, <i>Microwave and RF Design</i>, 3rd edition (2019), Open access: https://repository.lib.ncsu.edu/handle/1840.20/36776 • Prakash Bhartia and Inder Bahl: <i>Millimeter Wave Engineering And Applications</i> (1984) • Otto Zinke, Heinrich Brunswig, <i>Hochfrequenztechnik 1</i>, Springer-Lehrbuch (2000)
15		Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Deutsch)	<i>Mikrowellentechnologie, Vorlesung, 2 SWS Übungen zu Mikrowellentechnologie, Übungen, 1 SWS</i>
		Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Englisch)	<i>Microwave Technology Microwave Technology exercises</i>
16		Abschätzung des Arbeitsaufwands Im Rahmen der LP-Zahl	<i>Vorlesung: 28 Übung: 14 Selbststudium: 48 Gesamt: 90h</i>
17a		Studienleistungen (unbenotet) (Deutsch)	
		Studienleistungen (unbenotet) (Englisch)	
		Studienleistungen (benotet) (Deutsch)	<i>Kolloquium 30 min</i>
		Studienleistungen (benotet) (Englisch)	<i>Colloquium 30 min</i>
17b		Prüfungsleistungen (Deutsch)	
		Prüfungsleistungen (Englisch)	
18		Grundlage für...	<i>Übung: Design of an ECRH Launcher with the PROFUSION tools Masterarbeit Verfahrenstechnik</i>
19		Medienform	<i>Tafel, Webex</i>
20		Bezeichnung der zugehörigen Modulprüfung(en) und	KEINE ANGABEN MACHEN; WIRD VOM PRÜFUNGSAMT AUSGEFÜLLT

Legende: niemals oder nur eingeschränkt änderbar

Änderbar, aber ggf. Überprüfung notwendig

Bearbeitung durch MV/ Stellvertreter möglich

+ sind bei Antragstellung Pflichtfelder (Ausnahme: Stellvertreter)

1	<input type="radio"/>	Modulname (Deutsch)	<i>Numerische Plasmaphysik 1</i>	
	<input type="radio"/>	Modulname (Englisch)	<i>Numerical Plasma Physics 1</i>	
2	<input type="radio"/>	Unterrichtssprache	<i>Englisch</i>	
3	<input type="radio"/>	Leistungspunkte (LP) / ECTS-Credits	3	
4	<input type="radio"/>	Semesterwochenstunden (SWS)	3	
5	<input type="radio"/>	Moduldauer (Anzahl der Semester)	1	
6	<input type="radio"/>	Turnus	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Jedes Wintersemester</i> 	
7a	<input type="radio"/>	Modulverantwortliche(r)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Prof. Dr. Günter Tovar</i> • <i>Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie</i> • <i>guenter.tovar@igvp.uni-stuttgart.de</i> • <i>0711 970 4109, 0711 685 62302</i> 	
7b	<input type="radio"/>	Stellvertreter(in)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dr. Carsten Lechte</i> • <i>Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie</i> • <i>carsten.lechte@igvp.uni-stuttgart.de</i> • <i>0711 685 62306</i> 	
8	<input type="radio"/>	Dozenten	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dr. Carsten Lechte</i> 	
9	<input type="radio"/>	Verwendung in welchem eigenen Studiengang inkl. der Angabe der genauen Bereiche innerhalb des Studienganges	<ul style="list-style-type: none"> • <i>M.Sc. Energietechnik</i> • <i>Spezialisierungsmodul im Fach „Fission & Fusion“, Ergänzungsfach mit 3 LP</i> 	Studiendekan informiert: <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> nein
10	<input type="radio"/>	Verwendbarkeit in weiteren Studiengänge?	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
		Falls ja, Angabe dieser Studiengänge inkl. der Angabe der genauen Bereiche innerhalb der Studiengänge	Angaben über Verankerung des Moduls in weiteren Studiengängen Benötigte Angaben: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Name des Studiengangs</i> • <i>Verortung des Moduls in der Prüfungsordnung</i> 	Studiendekane der weiteren Studiengänge informiert: <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> nein
11	<input type="radio"/>	Voraussetzung		

12		Lernziele	Students can implement the numerical methods treated in the lecture, can select the appropriate method for a given problem, can assess the sources of numerical errors, can apply methods to check the accuracy of results, are familiar with the concepts of stability analysis, consistency and convergence, and are sensitised to the issues that degrade the numerical performance of numerical methods
13		Inhalt	<p>The properties of floating point numbers, Programming with python, the error hierarchy, numerical integration (quadrature), Biot-Savart law, numerical differentiation</p> <p>Solving Ordinary Initial value problems, Picard-Lindelöf theorem, Euler-Cauchy, Heun methods, implicit methods, iterative solvers and predictor-corrector, multistep and Runge-Kutta methods</p> <p>stability, consistency, convergence</p> <p>application: plasma particles in magnetic+electric fields, FFT solvers, applications: Poisson solver for PIC, Particle in Cell (PIC)</p> <p>application: plasma oscillations,</p> <p>Solving Ordinary Boundary Value Problems, finite difference methods</p> <p>Implementing all these numerical methods in python</p> <p>This assumes some familiarity with: The contents of Plasma Physics 1 or fundamentals of plasma physics, theory of ordinary initial and boundary value problems</p>
14		Literatur/Lernmaterialien	<p>Python</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hans Fangohr, Python for Computational Science and Engineering, 2021, DOI: 10.5281/zenodo.4432951 https://github.com/fangohr/introduction-to-python-for-computational-science-and-engineering • How do numpy arrays work https://betterprogramming.pub/numpy-illustrated-the-visual-guide-to-numpy-3b1d4976de1d?qi=1956c20c7241 • A python tutorial for the non-numerical parts; especially sections 1-7, (8), 10-11 https://docs.python.org/3/tutorial/index.html • Various internet tutorials and references for python, matplotlib, scipy, numpy: http://www.scipy-lectures.org/intro/index.html <p>General</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ian H. Hutchinson, A Student's Guide to Numerical Methods, Cambridge University Press 2015, ISBN 978-1-107-47950-0 • Francis F. Chen, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-22309-4 • Ulrich Stroth, Plasmaphysik – Phänomene, Grundlagen und Anwendungen, https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-55236-0 • Illustrations and explanations of floating point numbers: <ul style="list-style-type: none"> • https://floating-point-gui.de/ • http://evanw.github.io/float-toy/ <p>For ODEs</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Partial coverage) Richard Fitzpatrick, Introduction to Computational Physics, http://farside.ph.utexas.edu/teaching/329/329.html • (German) Munz, Westermann, Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen, Springer, freely available at https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-55886-7 from Uni Stuttgart LAN ONLY • Lloyd N. Trefethen, Finite Difference and Spectral Methods for Ordinary and Partial Differential Equations, unpublished text, 1996, available at http://people.maths.ox.ac.uk/trefethen/pdetext.html • (General programming techniques) Hager, Wellein, Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers, CRC Press • (Insane detail) Goldberg, What Every Computer Scientist Should Know About Floating-Point Arithmetic, 1991 issue of Computing Surveys (via google) <p>For PDEs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inan, Marshall, Numerical Electromagnetics: The FDTD Method, ISBN 978-0-521-19069-5 • (older, no plasma) Taflove, Hagness, Computational Electrodynamics, 2000, ARTECH HOUSE • W. F. Ames, Numerical Methods for Partial Differential Equations, 1977, Academic Press Inc.

15		Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Deutsch)	Angaben zu der/den Lehrveranstaltung(en) des Moduls. Benötigte Angaben: <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung: Numerical Plasma Physics 1 • Übung: Exercises for Numerical Plasma Physics 1
		Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Englisch)	<ul style="list-style-type: none"> • Lecture: Numerical Plasma Physics 1 • Exercise: Exercises for Numerical Plasma Physics 1
16		Abschätzung des Arbeitsaufwands im Rahmen der LP-Zahl	Gesamtstunden: 90 Präsenzstudium: 42 Eigenstudiumstunden: 48
17a		Studienleistungen (unbenotet) (Deutsch)	
		Studienleistungen (unbenotet) (Englisch)	•
		Studienleistungen (benotet) (Deutsch)	• BSL: Kolloquium, 30 Min.
		Studienleistungen (benotet) (Englisch)	• BSL: colloquium, 30 min.
17b		Prüfungsleistungen (Deutsch)	•
		Prüfungsleistungen (Englisch)	•
18		Grundlage für...	Numerical Plasma Physics 2, „Simulation of Reflectometry with Python“
19		Medienform	Live + aufgezeichnete Tafel-, Beamer- und Programmierpräsentation, digitaler Tafelaufschrieb und Demoprogramme verfügbar
20		Bezeichnung der zugehörigen Modulprüfung(en) und	KEINE ANGABEN MACHEN; WIRD VOM PRÜFUNGSAMT AUSGEFÜLLT

MODUL: Numerical Plasma Physics 2
STAND: 07.02.2022
Legende: niemals oder nur eingeschränkt änderbar

 Änderbar, aber ggf. Überprüfung notwendig

 Bearbeitung durch MV/ Stellvertreter möglich

 + sind bei Antragstellung Pflichtfelder (Ausnahme: Stellvertreter)

1	<input type="radio"/>	Modulname (Deutsch)	<i>Numerische Plasmaphysik 2</i>	
	<input type="radio"/>	Modulname (Englisch)	<i>Numerical Plasma Physics 2</i>	
2	<input type="radio"/>	Unterrichtssprache	<i>Englisch</i>	
3	<input type="radio"/>	Leistungspunkte (LP) / ECTS-Credits	3	
4	<input type="radio"/>	Semesterwochenstunden (SWS)	3	
5	<input type="radio"/>	Moduldauer (Anzahl der Semester)	1	
6	<input type="radio"/>	Turnus	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Jedes Sommersemester</i> 	
7a	<input type="radio"/>	Modulverantwortliche(r)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Prof. Dr. Günter Tovar</i> • <i>Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie</i> • <i>guenter.tovar@igvp.uni-stuttgart.de</i> • <i>0711 970 4109, 0711 685 62302</i> 	
7b	<input type="radio"/>	Stellvertreter(in)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dr. Carsten Lechte</i> • <i>Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie</i> • <i>carsten.lechte@igvp.uni-stuttgart.de</i> • <i>0711 685 62306</i> 	
8	<input type="radio"/>	Dozenten	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dr. Carsten Lechte</i> 	
9	<input type="radio"/>	Verwendung in welchem eigenen Studiengang inkl. der Angabe der genauen Bereiche innerhalb des Studienganges	<ul style="list-style-type: none"> • <i>M.Sc. Energietechnik</i> • <i>Spezialisierungsmodul im Fach „Fission & Fusion“, Ergänzungsfach mit 3 LP</i> 	Studiendekan informiert: <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> nein
10	<input type="radio"/>	Verwendbarkeit in weiteren Studiengänge?	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
		Falls ja, Angabe dieser Studiengänge inkl. der Angabe der genauen Bereiche innerhalb der Studiengänge	Angaben über Verankerung des Moduls in weiteren Studiengängen Benötigte Angaben: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Name des Studiengangs</i> • <i>Verortung des Moduls in der Prüfungsordnung</i> 	Studiendekane der weiteren Studiengänge informiert: <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> nein
11	<input type="radio"/>	Voraussetzung		

12		Lernziele	Students can implement the numerical methods treated in the lecture, can select the appropriate method for a given problem, can assess the sources of numerical errors, can apply methods to check the accuracy of results, are familiar with the concepts of stability analysis, consistency and convergence, and are sensitised to the issues that degrade the numerical performance of numerical methods
13		Inhalt	<p>Solving Ordinary Boundary Value Problems, minimisation of the residual, the energy principle Finite elements for ODEs, ansatz functions with compact carrier, minimisation of the energy functional Solving Partial Differential Equations, classification of PDEs, Finite difference, finite elements in 2D stability, consistency, convergence, von Neumann stability analysis Jacobi method and improvements, application: 2D Poisson solver, finite difference methods, stability analysis application: heat conduction, application: diffusion of magnetic fields (MHD) Implicit schemes for PDEs Waves in Plasmas: Finite Difference Time Domain methods, numerical dispersion, stability and the Courant factor, Waves in Magnetised Plasmas Implementing all these numerical methods in python</p> <p>This assumes some familiarity with: The contents of Numerical Plasma Physics 1, Plasma Physics 1+2 or fundamentals of plasma physics and electromagnetic waves in plasmas, theory of and numerical methods for ordinary initial and boundary value problems</p>
14		Literatur/Lernmaterialien	<p>Python</p> <ul style="list-style-type: none"> Hans Fangohr, Python for Computational Science and Engineering, 2021, DOI: 10.5281/zenodo.4432951 https://github.com/fangohr/introduction-to-python-for-computational-science-and-engineering How do numpy arrays work https://betterprogramming.pub/numpy-illustrated-the-visual-guide-to-numpy-3b1d4976de1d?qi=1956c20c7241 A python tutorial for the non-numerical parts; especially sections 1-7, (8), 10-11 https://docs.python.org/3/tutorial/index.html Various internet tutorials and references for python, matplotlib, scipy, numpy: http://www.scipy-lectures.org/intro/index.html <p>General</p> <ul style="list-style-type: none"> Ian H. Hutchinson, A Student's Guide to Numerical Methods, Cambridge University Press 2015, ISBN 978-1-107-47950-0 Francis F. Chen, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-22309-4 Ulrich Stroth, Plasmaphysik – Phänomene, Grundlagen und Anwendungen, https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-55236-0 Illustrations and explanations of floating point numbers: <ul style="list-style-type: none"> https://floating-point-gui.de/ http://evanw.github.io/float-toy/ <p>For ODEs</p> <ul style="list-style-type: none"> (Partial coverage) Richard Fitzpatrick, Introduction to Computational Physics, http://farside.ph.utexas.edu/teaching/329/329.html (German) Munz, Westermann, Numerische Behandlung gewöhnlicher und partieller Differenzialgleichungen, Springer, freely available at https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-55886-7 from Uni Stuttgart LAN ONLY Lloyd N. Trefethen, Finite Difference and Spectral Methods for Ordinary and Partial Differential Equations, unpublished text, 1996, available at http://people.maths.ox.ac.uk/trefethen/pdetext.html (General programming techniques) Hager, Wellein, Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers, CRC Press (Insane detail) Goldberg, What Every Computer Scientist Should Know About Floating-Point Arithmetic, 1991 issue of Computing Surveys (via google) <p>For PDEs</p> <ul style="list-style-type: none"> Inan, Marshall, Numerical Electromagnetics: The FDTD Method, ISBN 978-0-521-19069-5 (older, no plasma) Taflove, Hagness, Computational Electrodynamics, 2000, ARTECH HOUSE

			<ul style="list-style-type: none"> • <i>W. F. Ames, Numerical Methods for Partial Differential Equations, 1977, Academic Press Inc.</i>
15		Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Deutsch)	<i>Angaben zu der/den Lehrveranstaltung(en) des Moduls.</i> <i>Benötigte Angaben:</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Vorlesung: Numerical Plasma Physics 2</i> • <i>Übung: Exercises for Numerical Plasma Physics 2</i>
		Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Englisch)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lecture: Numerical Plasma Physics 2</i> • <i>Exercise: Exercises for Numerical Plasma Physics 2</i>
16		Abschätzung des Arbeitsaufwands Im Rahmen der LP-Zahl	<i>Gesamtstunden: 90</i> <i>Präsenzstudium: 42</i> <i>Eigenstudiumstunden: 48</i>
17a		Studienleistungen (unbenotet) (Deutsch)	
		Studienleistungen (unbenotet) (Englisch)	•
		Studienleistungen (benotet) (Deutsch)	• <i>BSL: Kolloquium, 30 Min.</i>
		Studienleistungen (benotet) (Englisch)	• <i>BSL: colloquium, 30 min.</i>
17b		Prüfungsleistungen (Deutsch)	•
		Prüfungsleistungen (Englisch)	•
18		Grundlage für...	<i>Masterarbeit, „Simulation of Reflectometry with Python“</i>
19		Medienform	<i>Live + aufgezeichnete Tafel-, Beamer- und Programmierpräsentation, digitaler Tafelaufschrieb und Demoprogramme verfügbar</i>
20		Bezeichnung der zugehörigen Modulprüfung(en) und	KEINE ANGABEN MACHEN; WIRD VOM PRÜFUNGSAMT AUSGEFÜLLT

Legende: niemals oder nur eingeschränkt änderbar

Änderbar, aber ggf. Überprüfung notwendig

Bearbeitung durch MV/ Stellvertreter möglich

+ sind bei Antragstellung Pflichtfelder (Ausnahme: Stellvertreter)

1	<input type="radio"/>	Modulname (Deutsch)	<i>Plasmaphysik 2</i>	
	<input type="radio"/>	Modulname (Englisch)	<i>Plasma physics 2</i>	
2	<input type="radio"/>	Unterrichtssprache	<i>Deutsch/englisch</i>	
3	<input type="radio"/>	Leistungspunkte (LP) / ECTS-Credits	3	
4	<input type="radio"/>	Semesterwochenstunden (SWS)	3	
5	<input type="radio"/>	Moduldauer (Anzahl der Semester)	1	
6	<input type="radio"/>	Turnus	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Jedes Semester</i> 	
7a	<input type="radio"/>	Modulverantwortliche(r)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Prof. Dr. Günter Tovar</i> • <i>Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie</i> • <i>guenter.tovar@igvp.uni-stuttgart.de</i> • <i>0711 970 4109, 0711 685 62302</i> 	
7b	<input type="radio"/>	Stellvertreter(in)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dr. Mirko Ramisch</i> • <i>Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie</i> • <i>mirko.ramisch@igvp.uni-stuttgart.de</i> • <i>0711 685 62194</i> 	
8	<input type="radio"/>	Dozenten	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dr. Mirko Ramisch</i> 	
9	<input type="radio"/>	Verwendung in welchem eigenen Studiengang inkl. der Angabe der genauen Bereiche innerhalb des Studienganges	<ul style="list-style-type: none"> • <i>M.Sc. Energietechnik</i> • <i>Spezialisierungsmodul im Fach „Fission & Fusion“, Ergänzungsfach mit 3 LP</i> 	Studiendekan informiert: <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> nein
10	<input type="radio"/>	Verwendbarkeit in weiteren Studiengänge?	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
		Falls ja, Angabe dieser Studiengänge inkl. der Angabe der genauen Bereiche innerhalb der Studiengänge	Angaben über Verankerung des Moduls in weiteren Studiengängen Benötigte Angaben: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Name des Studiengangs</i> • <i>Verortung des Moduls in der Prüfungsordnung</i> 	Studiendekane der weiteren Studiengänge informiert: <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> nein
11	<input type="radio"/>	Voraussetzung		

12		Lernziele	<p>Deutsch: Die Studierenden verfügen über vertiefende Grundlagen zum Verständnis von Plasma-Wellen-Wechselwirkungen im Sinne der Fluidreaktion eines Plasmas auf elektromagnetische Wellenfelder. Weiter wird das Plasma allgemeiner im Sinne der statistischen Verteilungen der Teilchenspezies im Phasenraum verstanden, aus denen sich insbesondere Transportphänomene im Plasma ableiten lassen, und die das bisherige Verständnis plasmadynamischer Vorgänge um kinetische Effekte erweitern.</p> <p>English: The students have gained fundamentals for understanding plasma-wave interactions in terms of the plasma-fluid response to electromagnetic wave fields. Furthermore, the plasma is understood more generally in terms of the statistical distributions of the particle species in phase space, from which transport phenomena in the plasma can be derived in particular, and which expand the previous understanding of plasma-dynamical processes by kinetic effects.</p>
13		Inhalt	<p>Deutsch: Wellen in feldfreien und magnetisierten Plasmen, Wellengleichung, Wellen in warmen Plasmen, Einfluss von Stößen, Interferometrie, Reflektometrie und andere Anwendungen, CMA-Diagramm; Kinetische Theorie, Maxwell-Verteilungsfunktion, Boltzmann-Gleichung, Stoßterm, Fokker-Planck-Gleichung, Übergang zur Fluidbeschreibung, Coulomb-Streuung, Coulomb-Logarithmus, Relaxationszeiten, Transportphänomene, Diffusivitäten, ambipolarer Fluss; Niedertemperaturplasmen, Glimmentladung.</p> <p>English: Waves in field-free and magnetized plasmas, wave equation, waves in warm plasmas, influence of collisions, interferometry, reflectometry and other applications, CMA diagram; Kinetic theory, Maxwell distribution function, Boltzmann equation, collision term, Fokker-Planck equation, transition to fluid description, Coulomb scattering, Coulomb logarithm, relaxation times, transport phenomena, diffusivities, ambipolar flux; Low-temperature plasmas, glow discharge.</p>
14		Literatur/Lernmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> • Ulrich Stroth, <i>Plasmaphysik – Phänomene, Grundlagen und Anwendungen</i>, https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-55236-0 • Francis F. Chen, <i>Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion</i> https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-22309-4 • Folien
15		Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Deutsch)	<p>Angaben zu der/den Lehrveranstaltung(en) des Moduls. Benötigte Angaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung: Plasmaphysik 2 • Übung: Übungen zu Plasmaphysik 2
		Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Englisch)	<ul style="list-style-type: none"> • Lecture: Plasma physics 2 • Exercise: Exercises for Plasma physics 2
16		Abschätzung des Arbeitsaufwands Im Rahmen der LP-Zahl	<p>Gesamtstunden: 90 Präsenzstudium: 42 Eigenstudiumstunden: 48</p>
17a		Studienleistungen (unbenotet) (Deutsch)	
		Studienleistungen (unbenotet) (Englisch)	
		Studienleistungen (benotet) (Deutsch)	BSL: Kolloquium, 30 Min.
		Studienleistungen (benotet) (Englisch)	BSL: Colloquium, 30 min.
17b		Prüfungsleistungen (Deutsch)	

		Prüfungsleistungen (Englisch)	
18		Grundlage für...	
19		Medienform	<i>Tafel- bzw. Beamerpräsentation, digitale Folien verfügbar</i>
20		Bezeichnung der zugehörigen Modulprüfung(en) und	KEINE ANGABEN MACHEN; WIRD VOM PRÜFUNGSAMT AUSGEFÜLLT

Legende:  niemals oder nur eingeschränkt änderbar

 Änderbar, aber ggf. Überprüfung notwendig

 Bearbeitung durch MV/ Stellvertreter möglich

 +  sind bei Antragstellung Pflichtfelder (Ausnahme: Stellvertreter)

1		Modulname (Deutsch)	<i>Reflektometriesimulation in Python</i>	
		Modulname (Englisch)	<i>Simulation of Reflectometry with Python</i>	
2		Unterrichtssprache	<i>Englisch</i>	
3		Leistungspunkte (LP) / ECTS-Credits	3	
4		Semesterwochenstunden (SWS)	3	
5		Moduldauer (Anzahl der Semester)	1	
6		Turnus	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Jedes Semester</i> 	
7a		Modulverantwortliche(r)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Prof. Dr. Günter Tovar</i> • <i>Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie</i> • <i>guenter.tovar@igvp.uni-stuttgart.de</i> • <i>0711 970 4109, 0711 685 62302</i> 	
7b		Stellvertreter(in)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dr. Carsten Lechte</i> • <i>Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie</i> • <i>carsten.lechte@igvp.uni-stuttgart.de</i> • <i>0711 685 62306</i> 	
8		Dozenten	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dr. Carsten Lechte</i> 	
9		Verwendung in welchem eigenen Studiengang inkl. der Angabe der genauen Bereiche innerhalb des Studienganges	<ul style="list-style-type: none"> • <i>M.Sc. Energietechnik</i> • <i>Spezialisierungsmodul im Fach „Fission & Fusion“, Ergänzungsfach mit 3 LP</i> 	Studiendekan informiert: <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> nein
10		Verwendbarkeit in weiteren Studiengänge?	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
		Falls ja, Angabe dieser Studiengänge inkl. der Angabe der genauen Bereiche innerhalb der Studiengänge	Angaben über Verankerung des Moduls in weiteren Studiengängen Benötigte Angaben: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Name des Studiengangs</i> • <i>Verortung des Moduls in der Prüfungsordnung</i> 	Studiendekane der weiteren Studiengänge informiert: <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> nein
11		Voraussetzung		

12		Lernziele	Students can implement the numerical method for electromagnetic waves in plasmas, can assess the sources of numerical errors, can apply methods to check the accuracy of results, are familiar with the concepts of stability analysis, are sensitised to the issues that degrade the numerical performance of numerical methods; can demonstrate the workings of plasma reflectometry diagnostics, can implement the analysis of reflectometry measurement data, can use forward modelling of reflectometry to check results of numerical or experimental measurements
13		Inhalt	Wave propagation in plasma, finite difference solvers of partial differential equations, wave dispersion, reflectometry, analysis of reflectometry data, reconstruction of plasma density profile using only reflectometry data Implementing all these numerical methods in python This assumes some familiarity with: The contents of Numerical Plasma Physics 2, Plasma Physics 1+2 or fundamentals of plasma physics and electromagnetic waves in plasmas, theory of and numerical methods for partial initial value problems
14		Literatur/Lernmaterialien	<ul style="list-style-type: none"> Lecture notes Numerical Plasma Physics 2 Provided papers <p>Python</p> <ul style="list-style-type: none"> Hans Fangohr, Python for Computational Science and Engineering, 2021, DOI: 10.5281/zenodo.4432951 https://github.com/fangohr/introduction-to-python-for-computational-science-and-engineering How do numpy arrays work https://betterprogramming.pub/numpy-illustrated-the-visual-guide-to-numpy-3b1d4976de1d?qi=1956c20c7241 A python tutorial for the non-numerical parts; especially sections 1-7, (8), 10-11 https://docs.python.org/3/tutorial/index.html Various internet tutorials and references for python, matplotlib, scipy, numpy: http://www.scipy-lectures.org/intro/index.html <p>General</p> <ul style="list-style-type: none"> Ian H. Hutchinson, A Student's Guide to Numerical Methods, Cambridge University Press 2015, ISBN 978-1-107-47950-0 Francis F. Chen, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-22309-4 Ulrich Stroth, Plasmaphysik – Phänomene, Grundlagen und Anwendungen, https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-55236-0 <p>For PDEs</p> <ul style="list-style-type: none"> Inan, Marshall, Numerical Electromagnetics: The FDTD Method, ISBN 978-0-521-19069-5 (older, no plasma) Taflove, Hagness, Computational Electrodynamics, 2000, ARTECH HOUSE W. F. Ames, Numerical Methods for Partial Differential Equations, 1977, Academic Press Inc.
15		Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Deutsch)	Angaben zu der/den Lehrveranstaltung(en) des Moduls. Benötigte Angaben: <ul style="list-style-type: none"> Projektarbeit "Reflektometriesimulation in Python"
		Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Englisch)	<ul style="list-style-type: none"> Project „Simulation of Reflectometry with Python“
16		Abschätzung des Arbeitsaufwands Im Rahmen der LP-Zahl	Gesamtstunden: 90 Präsenzstudium: 22 Eigenstudiumstunden: 68
17a		Studienleistungen (unbenotet) (Deutsch)	
		Studienleistungen (unbenotet) (Englisch)	
		Studienleistungen (benotet) (Deutsch)	<ul style="list-style-type: none"> BSL: schriftliche Ausarbeitung ca. 25 Seiten und Python-Programme
		Studienleistungen (benotet) (Englisch)	<ul style="list-style-type: none"> BSL: written report 25 pages and python programs

17b		Prüfungsleistungen (Deutsch)	•
		Prüfungsleistungen (Englisch)	•
18		Grundlage für...	
19		Medienform	<i>Live + aufgezeichnete Tafel-, Beamer- und Programmierpräsentation</i>
20		Bezeichnung der zugehörigen Modulprüfung(en) und	KEINE ANGABEN MACHEN; WIRD VOM PRÜFUNGSAMT AUSGEFÜLLT

MODUL: Design of an ECRH Launcher with the PROFUSION tools

STAND: 07.02.2022

Legende:  niemals oder nur eingeschränkt änderbar

 Änderbar, aber ggf. Überprüfung notwendig

 Bearbeitung durch MV/ Stellvertreter möglich

 +  sind bei Antragstellung Pflichtfelder (Ausnahme: Stellvertreter)

1		Modulname (Deutsch)	<i>Design eines ECRH-Launchers mit den PROFUSION Tools</i>	
		Modulname (Englisch)	<i>Design of an ECRH-Launchers with the PROFUSION Tools</i>	
2		Unterrichtssprache	<i>Englisch</i>	
3		Leistungspunkte (LP) / ECTS-Credits	3	
4		Semesterwochenstunden (SWS)	3	
5		Moduldauer (Anzahl der Semester)	1	
6		Turnus	<i>Jedes Semester</i>	
7a		Modulverantwortliche(r)	<ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Günter Tovar • Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie • guenter.tovar@igvp.uni-stuttgart.de • 0711 970 4109, 0711 685 62302 	
7b		Stellvertreter(in)	<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Burkhard Plaum • Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie • burkhard.plaum@igvp.uni-stuttgart.de • 0711 685 62174 	
8		Dozenten	<i>Dr.Burkhard Plaum</i>	
9		Verwendung in welchem eigenen Studiengang inkl. der Angabe der genauen Bereiche innerhalb des Studienganges	<ul style="list-style-type: none"> • M.Sc. Energietechnik • Spezialisierungsmodul im Fach „Fission & Fusion“, Ergänzungsfach mit 3 LP 	Studiendekan informiert: <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> nein
10		Verwendbarkeit in weiteren Studiengänge?	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
		Falls ja, Angabe dieser Studiengänge inkl. der Angabe der genauen Bereiche innerhalb der Studiengänge	Angaben über Verankerung des Moduls in weiteren Studiengängen Benötigte Angaben: <ul style="list-style-type: none"> • Name des Studiengangs • Verortung des Moduls in der Prüfungsordnung 	Studiendekane der weiteren Studiengänge informiert: <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> nein
11		Voraussetzung		

12		Lernziele	<i>Die Studierenden kennen die Grundlagen der Übertragung von Hochleistungsmillimeterwellen in korrigierten Hohlleitern und im Freiraum sowie die Grundlagen der Simulation solcher Systeme mit den PROFUSION-Tools</i>
13		Inhalt	<i>Die HE₁₁-Hybridmode im korrigierten Hohlleiter, Kopplung zu gaußschen Freiraumstrahlen, Optimierung einer Hornantenne zur verbesserten Abstrahlung, Optimierung einer spiegelbasierten Optik zur für die maximale Heizleistung im Plasma, Analyse des Einflusses von Falschmoden</i>
14		Literatur/Lernmaterialien	<i>Aufgabenblatt, PROFUSION Onlinehilfe, Vorlesung Mikrowellentechnologie</i>
15		Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Deutsch)	<i>Übung: Design eines ECRH-Launchers mit den PROFUSION Tools, 3 SWS</i>
		Lehrveranstaltungen und Lehrformen (Englisch)	<i>Exercise: Design of an ECRH-Launcher with the PROFUSION Tools, 3 SWS</i>
16		Abschätzung des Arbeitsaufwands Im Rahmen der LP-Zahl	<i>Einführungsbesprechung: 2 h Zwischenbesprechung: 2 h Selbständiges Studium, Lösung der Aufgaben: 46 h Anfertigung des Berichts: 40 h Gesamt: 90 h</i>
17a		Studienleistungen (unbenotet) (Deutsch)	
		Studienleistungen (unbenotet) (Englisch)	
		Studienleistungen (benotet) (Deutsch)	<i>Schriftlicher Bericht</i>
		Studienleistungen (benotet) (Englisch)	<i>Written report</i>
17b		Prüfungsleistungen (Deutsch)	
		Prüfungsleistungen (Englisch)	
18		Grundlage für...	<i>Masterarbeit Verfahrenstechnik</i>
19		Medienform	<i>Hausarbeit, Arbeit an den Servern des IGVP</i>
20		Bezeichnung der zugehörigen Modulprüfung(en) und	KEINE ANGABEN MACHEN; WIRD VOM PRÜFUNGSAMT AUSGEFÜLLT