

---

# M.Sc. Elektrotechnik und Informationstechnik (PO 2014)

---

Computergestützte Elektrodynamik  
Stand: 01.09.2021



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Fachbereich Elektrotechnik und Infor-  
mationstechnik

---

Modulhandbuch: M.Sc. Elektrotechnik und Informationstechnik (PO 2014)  
Computergestützte Elektrodynamik  
Stand: 01.09.2021

Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik  
Email: [servicezentrum@etit.tu-darmstadt.de](mailto:servicezentrum@etit.tu-darmstadt.de)

---

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1 Grundlagen</b>	<b>1</b>
Forschungspraxis I . . . . .	1
Forschungspraxis II . . . . .	2
Funktionalanalysis . . . . .	3
Verfahren und Anwendungen der Feldsimulation II . . . . .	4
Verfahren und Anwendungen der Feldsimulation III . . . . .	6
Relativistische Elektrodynamik . . . . .	7
<b>2 Wahlmodule</b>	<b>8</b>
2.1 CED I: Beschleunigertechnik . . . . .	8
Beschleunigerphysik . . . . .	8
Projektseminar Beschleunigertechnik . . . . .	9
Röntgenlicht-Freie-Elektronen-Laser . . . . .	10
Seminar Physik und Technik von Beschleunigern . . . . .	11
Simulation von Strahldynamik und elektromagnetischen Feldern in Teilchenbeschleunigern . . . . .	12
Angewandte Supraleitung . . . . .	13
2.2 CED II: Mathematik . . . . .	15
Einführung in die numerische Mathematik . . . . .	15
Einführung in die Optimierung . . . . .	16
Numerik Gewöhnlicher Differentialgleichungen - Anfangswertprobleme . . . . .	18
Numerische Lineare Algebra . . . . .	19
Partielle Differentialgleichungen I . . . . .	20
Simulation von Strahldynamik und elektromagnetischen Feldern in Teilchenbeschleunigern . . . . .	21
Matrixanalyse und schnelle Algorithmen . . . . .	22
2.3 CED III: Module anderer ETiT-Vertiefungen . . . . .	24

# 1 Grundlagen

<b>Modulname</b> Forschungspraxis I					
<b>Modul-Nr.</b> 18-dg-2130	<b>Kreditpunkte</b> 8 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 240 h	<b>Selbststudium</b> 180 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> WiSe/SoSe
<b>Sprache</b> Deutsch und Englisch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr.-Ing. Herbert De Gersem		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> Erlernen grundlegender wissenschaftlicher Arbeitstechniken anhand von konkreten Beispielen aus der Forschung und der relevanten Literatur.				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Die Studenten beherrschen elementare wissenschaftliche Arbeitstechniken. Sie können zu einem Thema relevante wissenschaftliche Literatur recherchieren, einordnen und sind in der Lage sich kritisch mit Form und Inhalt auseinanderzusetzen. Sie sind mit für die Praxis relevanten, grundlegenden numerischen Techniken, insbesondere Konvergenzuntersuchungen, vertraut. Die Studenten sind in der Lage Fehler bei Simulationen einordnen und darstellen zu können. Genauigkeitsanforderung an die Simulation, z.B. in Bezug auf Messfehler in Eingangsdaten, können abgeschätzt werden.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> Gutes Verständnis elektromagnetischer Felder, Kenntnisse über numerische Simulationsverfahren.				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, mündliche Prüfung, Dauer: 20 min, Standard BWS)</li> </ul>				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, mündliche Prüfung, Gewichtung: 100 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> MSc ETIT				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> Relevantes Lehrmaterial wird ausgegeben.				
<b>Enthaltene Kurse</b>					
	<b>Kurs-Nr.</b> 18-dg-2130-pj	<b>Kursname</b> Forschungspraxis I			
	<b>Dozent</b> Prof. Dr.-Ing. Herbert De Gersem			<b>Lehrform</b> Projektseminar	<b>SWS</b> 4

<b>Modulname</b> Forschungspraxis II					
<b>Modul-Nr.</b> 18-dg-2140	<b>Kreditpunkte</b> 8 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 240 h	<b>Selbststudium</b> 180 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> WiSe/SoSe
<b>Sprache</b> Deutsch und Englisch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr.-Ing. Herbert De Gersem		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> Bearbeitung verschiedener Forschungsthemen mithilfe der in Forschungspraxis I vertieften wissenschaftlichen Methoden.				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Die Studenten können aktuelle Forschungsthemen aus der numerischen Feldsimulation in überschaubarer Zeit wissenschaftlich fundiert bearbeiten. Sie sind in der Lage neue Verfahren zu verstehen, gegebenenfalls zu implementieren und Simulationen durchzuführen. Dabei kommen die in Forschungspraxis I diskutierten Methoden aus der Numerik, insbesondere bezüglich der Lösung von Gleichungssystemen, sowie Konvergenz- und Fehleruntersuchungen zum Einsatz. Die Ergebnisse der Arbeit können strukturiert in Form eines Berichts aufgeschrieben und präsentiert werden.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> Gutes Verständnis elektromagnetischer Felder, Kenntnisse über numerische Simulationsverfahren.				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, mündliche Prüfung, Dauer: 20 min, Standard BWS)</li> </ul>				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, mündliche Prüfung, Gewichtung: 100 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> MSc ETIT				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> Relevantes Lehrmaterial wird ausgegeben.				
<b>Enthaltene Kurse</b>					
	<b>Kurs-Nr.</b> 18-dg-2140-pj	<b>Kursname</b> Forschungspraxis II			
	<b>Dozent</b> Prof. Dr.-Ing. Herbert De Gersem			<b>Lehrform</b> Projektseminar	<b>SWS</b> 4

<b>Modulname</b> Funktionalanalysis					
<b>Modul-Nr.</b> 04-10-0036/de	<b>Kreditpunkte</b> 9 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 270 h	<b>Selbststudium</b> 180 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> Jedes 2. Sem.
<b>Sprache</b> Deutsch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr. rer. nat. Reinhard Farwig		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> normierte Räume; Vervollständigung; Satz von Hahn-Banach; Sätze von Banach-Steinhaus, der offenen Abbildung, vom abgeschlossenen Graphen; Hilberträume; reflexive Räume; schwache Konvergenz; Sobolev-Räume; schwache Lösung des Dirichletproblems; Spektraleigenschaften linearer Operatoren; kompakte Operatoren auf Banachräumen; Spektralsatz für kompakte Operatoren.				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Nach dem Besuch des Moduls können die Studierenden - Ideen der linearen Algebra, Analysis und Topologie zusammenfügen - die Grundprinzipien der Funktionalanalysis verstehen und erklären - funktionalanalytische Methoden im Kontext partieller Differentialgleichungen erklären				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> empfohlen: Analysis, Integrationstheorie, Funktionentheorie, Lineare Algebra oder vergleichbare Vorkenntnisse aus einem Zyklus Mathematik für Ing.				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, Sonderform, b/nb BWS)</li> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, fakultativ, Standard BWS)</li> </ul> Fachprüfung: In der Regel erfolgt die Prüfung durch eine Klausur, bei geringer Teilnehmerzahl gegebenenfalls mündlich. Die Form der Prüfung wird anhand der voraussichtlichen Teilnehmerzahl in den ersten beiden Veranstaltungswochen festgelegt. Studienleistung: In der Regel erfolgreiche Bearbeitung eines Teils der Hausübungen. Die Anzahl sowie das Bewertungsschema der Hausübungen als Studienleistung wird während des ersten Veranstaltungstermins durch die Prüferin/den Prüfer bekannt gegeben.				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, Sonderform, Gewichtung: 0 %)</li> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, fakultativ, Gewichtung: 100 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> B.Sc. Mathematik, M.Sc. Mathematik, M.Sc. Mathematics				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> Alt: Lineare Funktionalanalysis; Conway: A Course in Functional Analysis; Reed, Simon: Functional Analysis: Methods of Modern Mathematical Physics I; Rudin: Functional Analysis; Werner: Funktionalanalysis; Ciarlet: Functional Analysis;				
<b>Enthaltene Kurse</b>					
	<b>Kurs-Nr.</b> 04-00-0069-vu	<b>Kursname</b> Funktionalanalysis			
	<b>Dozent</b> Prof. Dr. rer. nat. Reinhard Farwig			<b>Lehrform</b> Vorlesung und Übung	<b>SWS</b> 6

<b>Modulname</b> Verfahren und Anwendungen der Feldsimulation II					
<b>Modul-Nr.</b> 18-dg-2010	<b>Kreditpunkte</b> 3 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 90 h	<b>Selbststudium</b> 60 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> SoSe
<b>Sprache</b> Englisch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr.-Ing. Herbert De Gersem		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Finiten Elemente Methode: gewichtete Residuen, Projektionsmethode, Variationsformulierung, schwache Formulierung; Finite Elemente: Definition, Klassifizierung, der Komplex der Whitney Elementen erster Ordnung, Elemente höherer Ordnung, Konvergenz und Genauigkeit;</li> <li>• Implementierung: Datenstrukturen, Matrizenassemblierung, Postprocessing der numerischen Lösung;</li> <li>• Anwendungen der Finiten Elemente Methode elektromagnetischen Problemen: Elektrostatik, Magnetostatik, stationäre Ströme, Quasistatik, Wellenausbreitung.</li> </ul>				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Die Studenten beherrschen die theoretischen Grundlagen der Finiten Elemente Methode. Details der Methodenimplementierung für stationäre und quasi-statischen Felder sind ihnen ebenso vertraut wie die Anwendung im Bereich der Elektrotechnik.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> Maxwell'sche Gleichungen, Integral- und Differentialrechnung, Vektoranalysis. Grundlagen: Differentialgleichungen, lineare Algebra.				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Dauer: 30 min, Standard BWS)</li> </ul>				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Gewichtung: 100 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> MSc ETiT				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Folien zur Vorlesung</li> <li>• Willi Törnig, Michael Gipser, Bernhard Kaspar. Numerische Lösung von partiellen Differentialgleichungen der Technik: Differenzenverfahren, Finite Elemente und die Behandlung großer Gleichungssysteme. Teubner, 1991</li> <li>• Rolf Steinbuch. Finite Elemente - Ein Einstieg. Springer, 1998.</li> <li>• Alain Bossavit. Computational electromagnetism: variational formulations, complementarity, edge elements. Academic Press, 1997</li> <li>• Klaus Knothe, Heribert Wessels. Finite Elemente: Eine Einführung für Ingenieure (3. Aufl.). Springer, 1999.</li> <li>• P. P. Silvester, R. L. Ferrari. Finite Elements for Electrical Engineers, Cambridge University Press, 1991</li> <li>• O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor. The finite element method (4. ed.). McGraw-Hill, 1989</li> </ul>				
<b>Enthaltene Kurse</b>					

---

<b>Kurs-Nr.</b> 18-dg-2010-vl	<b>Kursname</b> Verfahren und Anwendungen der Feldsimulation II		
<b>Dozent</b> Prof. Dr. Irina Munteanu		<b>Lehrform</b> Vorlesung	<b>SWS</b> 2



<b>Modulname</b> Verfahren und Anwendungen der Feldsimulation III					
<b>Modul-Nr.</b> 18-dg-2020	<b>Kreditpunkte</b> 3 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 90 h	<b>Selbststudium</b> 60 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> WiSe
<b>Sprache</b> Deutsch und Englisch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr.-Ing. Herbert De Gersem		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> Finite Differenzen, Finite Volumen und Finite Elemente Methoden zur Lösung der maxwellschen Gleichungen im Zeitbereich. Diskontinuierliche Galerkin Verfahren hoher Ordnung. Stabilitäts- und Konvergenzanalyse. Hochleistungsrechnen. Teilchenbasierte Simulationen für Teilchenstrahlen und Plasmen.				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Die Studenten lernen die theoretischen Grundlagen von fortgeschrittenen Simulationsverfahren für zeitabhängige elektromagnetische Felder. Es werden zudem praktische Fähigkeiten zur Implementierung, Analyse und Anwendung von Simulationscodes für gängige Probleme der Elektrotechnik vermittelt				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> Maxwell'sche Gleichungen, Integral- und Differentialrechnung, Vektoranalysis. Grundlagen: Differentialgleichung lineare Algebra.				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: • Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Dauer: 30 min, Standard BWS)				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: • Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Gewichtung: 100 %)				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> MSc ETiT				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> Vorlesungsfolien, Matlab-Skripte, verschiedene Literaturquellen				
<b>Enthaltene Kurse</b>					
	<b>Kurs-Nr.</b> 18-dg-2020-vl	<b>Kursname</b> Verfahren und Anwendungen der Feldsimulation III			
	<b>Dozent</b> Privatdozent Dr. rer. nat. Erion Gjonaj			<b>Lehrform</b> Vorlesung	<b>SWS</b> 2

<b>Modulname</b> Relativistische Elektrodynamik					
<b>Modul-Nr.</b> 18-kb-2020	<b>Kreditpunkte</b> 5 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 150 h	<b>Selbststudium</b> 90 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> WiSe
<b>Sprache</b> Deutsch und Englisch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr.-Ing. Harald Klingbeil		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> Grundlagen aus der Tensoranalysis (Tensorfelder, Transformationsverhalten, Invarianz, Ricci-Kalkül, kovariante Ableitung, Differentialoperatoren), Lorentztransformation, grundlegende relativistische Effekte (Zeitdilatation, Längenkontraktion, Dopplereffekt), kovariante Darstellung der Maxwellgleichungen, Induktionsgesetz aus relativistischer Sicht, Bezüge zur relativistischen Mechanik, Vierervektoren und -tensoren, elektromagnetischer Energie-Impuls-Tensor und Maxwell'scher Spannungstensor, Anwendungen der relativistischen Elektrodynamik				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Die Studierenden verstehen die grundlegenden Ideen der Speziellen Relativitätstheorie und beherrschen ihre Begriffswelt. Sie können wesentliche Formeln herleiten, korrekt interpretieren und sind mit den erforderlichen mathematischen Hilfsmitteln vertraut. Die Studierenden haben das Konzept der Kovarianz und einer koordinateninvarianten Darstellung physikalischer Theorien verinnerlicht. Sie sind in der Lage, elektromagnetische Phänomene im Kontext der speziellen Relativitätstheorie quantitativ zu berechnen.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> Empfohlen wird „Grundlagen der Elektrodynamik“ (18-dg-1010)				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Dauer: 30 min, Standard BWS)</li> </ul>				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Gewichtung: 100 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> Vorlesungsfolien werden zum Download bereitgestellt. Weitere Literaturhinweise werden in der Vorlesung gegeben.				
<b>Enthaltene Kurse</b>					
	<b>Kurs-Nr.</b> 18-kb-2020-vl	<b>Kursname</b> Relativistische Elektrodynamik			
	<b>Dozent</b> Prof. Dr.-Ing. Harald Klingbeil			<b>Lehrform</b> Vorlesung	<b>SWS</b> 2
	<b>Kurs-Nr.</b> 18-kb-2020-ue	<b>Kursname</b> Relativistische Elektrodynamik			
	<b>Dozent</b> Prof. Dr.-Ing. Harald Klingbeil			<b>Lehrform</b> Übung	<b>SWS</b> 2

## 2 Wahlmodule

### 2.1 CED I: Beschleunigertechnik

<b>Modulname</b> Beschleunigerphysik					
<b>Modul-Nr.</b> 18-bf-2010	<b>Kreditpunkte</b> 3 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 90 h	<b>Selbststudium</b> 60 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> SoSe
<b>Sprache</b> Deutsch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr. Oliver Boine-Frankenheim		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> Grundlagen der Strahldynamik in Linear- und Kreisbeschleunigern, Funktionsweise von Beschleunigern und Beschleunigerkomponenten, Messung von Strahleigenschaften, Strahlintensitätseffekte und Stromgrenzen.				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Die Studenten lernen die Funktionsprinzipien moderner Beschleunigeranlagen. Der Aufbau von Strahlführungsmagneten und Hochfrequenz-Kavitäten für die Beschleunigung wird behandelt. Die mathematischen Grundlagen der Strahldynamik werden vermittelt. Die verschiedenen Ursachen von Strahlintensitätsgrenzen werden im Rahmen der Vorlesung erläutert.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> BSc in ETiT oder Physik				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Dauer: 30 min, Standard BWS)</li> </ul>				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Gewichtung: 100 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> MSc ETiT, MSc Physik				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> eigenes Skriptum, Folien zur Vorlesung				
<b>Enthaltene Kurse</b>					
	<b>Kurs-Nr.</b> 18-bf-2010-vl	<b>Kursname</b> Beschleunigerphysik			
	<b>Dozent</b> Prof. Dr. Oliver Boine-Frankenheim			<b>Lehrform</b> Vorlesung	<b>SWS</b> 2

<b>Modulname</b> Projektseminar Beschleunigertechnik					
<b>Modul-Nr.</b> 18-kb-1020	<b>Kreditpunkte</b> 9 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 270 h	<b>Selbststudium</b> 210 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> WiSe/SoSe
<b>Sprache</b> Deutsch und Englisch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr.-Ing. Harald Klingbeil		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> Bearbeitung eines komplexeren Projekts aus dem Bereich der Beschleunigertechnik. Je nach Problemstellung sind messtechnische, analytische und Simulations-Aspekte enthalten.				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Die Studierenden können komplexere Problemstellungen mit verschiedenen messtechnischen, analytischen oder simulatorischen Methoden bearbeiten. Sie können Messfehler sowie Fehler bei der Modellbildung und Simulation abschätzen. Weiterhin können sie die Ergebnisse auf wissenschaftlichem Niveau in Vortrag und Ausarbeitung präsentieren. Die Studierenden können Teamarbeit selbstständig organisieren.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> Gutes Verständnis elektromagnetischer Felder, breites elektrotechnisches Verständnis.				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, mündliche Prüfung, Dauer: 20 min, Standard BWS)</li> </ul>				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, mündliche Prüfung, Gewichtung: 100 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> BSc ETiT				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> Material wird je nach Aufgabenstellung ausgegeben.				
<b>Enthaltene Kurse</b>					
	<b>Kurs-Nr.</b> 18-kb-1020-pj	<b>Kursname</b> Projektseminar Beschleunigertechnik			
	<b>Dozent</b> Prof. Dr.-Ing. Harald Klingbeil			<b>Lehrform</b> Projektseminar	<b>SWS</b> 4

<b>Modulname</b> Röntgenlicht-Freie-Elektronen-Laser					
<b>Modul-Nr.</b> 18-dg-2110	<b>Kreditpunkte</b> 4 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 120 h	<b>Selbststudium</b> 75 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> SoSe
<b>Sprache</b> Englisch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr.-Ing. Herbert De Gersem		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> Optische Laser können Röntgenstrahlen von Photonen nicht erzeugen. Deshalb wurden Freie-Elektronen-Laser als äußerst intensive Quellen der Röntgenstrahlung entwickelt. Die Maximalhelligkeit dieser Anlagen übertrifft die anderer Quellen um mehr als zehn Größenordnungen. Die Freie-Elektronen-Laser erzeugen ein hartes Röntgenlicht mit sehr hoher Querkohärenz und von Femtosekunde-Pulslänge. Diese Eigenschaften öffnen neue Gebiete der Wissenschaft. In diesem Kurs wird eine Übersicht der Grundlagen der Freie-Elektronen-Laser-Physik behandelt. Wir fangen unsere Diskussion von Grundlagen der Teilchenbeschleunigung und Synchrotronstrahlung an, beschreiben die Elektronbewegung in einem Undulator und erklären die wichtigsten Schritte zur Ableitung der Gleichungen. Die wichtigsten Eigenschaften des Lasers im linearen und in nichtlinearen Regimen werden diskutiert. Das Grundprinzip der selbstverstärkten spontanen Emission (SASE) wird eingeführt und charakterisiert. Wir besprechen verschiedene neuentwickelte Schemas, um die Leistung der Laser zu erhöhen. Die theoretischen Grundlagen werden im Kurs durch die Ergebnisse von numerischen Simulationen und Experimenten teilweise illustriert. Die numerischen Algorithmen werden kurz besprochen.				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Der Student sollte die physikalischen Hintergründe der Röntgenlicht-Freie-Elektronen-Lasern verstehen.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> Maxwell'sche Gleichungen, Integral- und Differentialrechnung, Vektoranalysis				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Dauer: 30 min, Standard BWS)</li> </ul>				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Gewichtung: 100 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> MSc ETiT, MSc iST, MSc iCE, MSc Wi-ETiT				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> Folien können heruntergeladen werden: <a href="http://www.desy.de/~zagor/lecturesFEL">http://www.desy.de/~zagor/lecturesFEL</a> K. Wille, Physik der Teilchenbeschleuniger und Synchrotronstrahlungsquellen, Teuner Verlag, 1996. P. Schmüser, M. Dohlus, J. Rossbach, Ultraviolet and Soft X-Ray Free-Electron Lasers, Springer, 2008. E. L. Saldin, E. A. Schneidmiller, M. V. Yurkov, The Physics of Free Electron Lasers, Springer, 1999.				
<b>Enthaltene Kurse</b>					
	<b>Kurs-Nr.</b> 18-dg-2110-vl	<b>Kursname</b> Röntgenlicht-Freie-Elektronen-Laser			
	<b>Dozent</b> PD Dr. Igor Zagorodnov			<b>Lehrform</b> Vorlesung	<b>SWS</b> 2
	<b>Kurs-Nr.</b> 18-dg-2110-ue	<b>Kursname</b> Röntgenlicht-Freie-Elektronen-Laser			
	<b>Dozent</b> PD Dr. Igor Zagorodnov			<b>Lehrform</b> Übung	<b>SWS</b> 1

<b>Modulname</b> Seminar Physik und Technik von Beschleunigern					
<b>Modul-Nr.</b> 18-dg-2070	<b>Kreditpunkte</b> 2 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 60 h	<b>Selbststudium</b> 45 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> WiSe/SoSe
<b>Sprache</b> Deutsch und Englisch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr.-Ing. Herbert De Gersem		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> Anwendung und Erkennen theoretischer Zusammenhänge auf praxisrelevante Beispiele der Beschleunigertechnik				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Das Seminar behandelt verschiedene für die Beschleunigertechnik relevante Themen, abhängig von den geladenen Gastrednern. Auf diese Weise soll ein Einblick in aktuelle Beschleunigerprojekte vermittelt werden und die Herausforderungen, die in der Praxis auftreten, erläutert werden.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> Grundkenntnisse auf dem Gebiet der Technik von Teilchenbeschleunigern sind vorteilhaft.				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, mündliche Prüfung, Dauer: 30 min, Standard BWS)</li> </ul>				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, mündliche Prüfung, Gewichtung: 100 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> MSc ETiT				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b>				
<b>Enthaltene Kurse</b>					
	<b>Kurs-Nr.</b> 18-dg-2070-se	<b>Kursname</b> Seminar Physik und Technik von Beschleunigern			
	<b>Dozent</b> Prof. Dr.-Ing. Herbert De Gersem, Prof. Dr. rer. nat. Norbert Pietralla			<b>Lehrform</b> Seminar	<b>SWS</b> 1

<b>Modulname</b> Simulation von Strahldynamik und elektromagnetischen Feldern in Teilchenbeschleunigern					
<b>Modul-Nr.</b> 18-dg-2170	<b>Kreditpunkte</b> 3 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 90 h	<b>Selbststudium</b> 60 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> SoSe
<b>Sprache</b> Deutsch und Englisch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr.-Ing. Herbert De Gersem		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> Simulation geladener Teilchen: Typen von Teilchensimulationen, Beziehung zur Vlasov-Gleichung – Lösung der Bewegungsgleichungen: die Boris-Methode, numerische Stabilität, symplektische Integratoren – Elektrostatisches PIC: Greensche Funktionen, FFT- und FD-Methoden auf Rechengittern, Ladungsdeposition, Feldinterpolation, Shape-Funktionen hoher Ordnung – Simulation von DC-Elektronenkanonen: raumladungslimitierte Emission – Simulation relativistischer Teilchenstrahlen im Lorenz-Referenzsystem – Transport-Matrix basierte Verfahren – Elektromagnetisches PIC: die FDTD-Methode, Stromdeposition, Boris-Schema, dispersionsoptimierte Verfahren – Wakefelder und Impedanzen: ultra-relativistischen Strahlen – Plasma-Wakefield-Beschleunigung – Hochleistungs-rechnen				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Die Vorlesung bietet einen Überblick über die numerische Modellierung von geladenen Teilchen und elektromagnetischen Feldern in Beschleunigern. Der Schwerpunkt liegt auf der Simulation kollektiver Effekte, welche durch Raumladungswechselwirkung und/oder durch elektromagnetische Wakefelder hervorgerufen werden. Die Vorlesung richtet sich an Masterstudierende, die sich auf verschiedenen Fachrichtungen der Elektrotechnik und der Physik spezialisieren. Dazu gehören die Theorie Elektromagnetischer Felder, Computational Engineering sowie Computational Physics und Beschleunigerphysik. Ziel ist, ein solides Fundament im Bereich der modernen Simulationsverfahren in der Beschleunigertechnik zu vermitteln. Des Weiteren bietet die Vorlesung, speziell für die Beschleunigerphysiker, einen Einblick in die verschiedenen Simulationswerkzeuge, deren Vorteile und Nachteile sowie in die entsprechenden Geltungsbereiche. In der Vorlesung werden praktische Simulationsbeispiele aus aktuellen Problemstellungen bei DESY, GSI und S-DALINAC vorgestellt.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b>				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Dauer: 30 min, Standard BWS)</li> </ul>				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Gewichtung: 100 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> MSc ETIT, MSc Physik				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> Die Folien werden in das TUCaN eingestellt. Lehrbücher werden in elektronischer Form zur Verfügung gestellt.				
<b>Enthaltene Kurse</b>					
	<b>Kurs-Nr.</b> 18-dg-2170-vl	<b>Kursname</b> Simulation von Strahldynamik und elektromagnetischen Feldern in Teilchenbeschleunigern			
	<b>Dozent</b> Privatdozent Dr. rer. nat. Erion Gjonaj, Prof. Dr. Oliver Boine-Frankenheim			<b>Lehrform</b> Vorlesung	<b>SWS</b> 2

<b>Modulname</b> Angewandte Supraleitung					
<b>Modul-Nr.</b> 18-bf-2030	<b>Kreditpunkte</b> 3 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 90 h	<b>Selbststudium</b> 60 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> SoSe
<b>Sprache</b> Deutsch und Englisch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr. Oliver Boine-Frankenheim		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der elektrischen Leitfähigkeit für DC und HF</li> <li>• Kamerling-Onnes experiment, Meissner Effekt</li> <li>• Supraleiter Zustandsdiagramm (Phasendiagramm)</li> <li>• London Gleichungen, Typ I / II Supraleiter</li> <li>• Cooper Paare (kurz: BCS Theorie, GL Theorie)</li> <li>• Flussquantisierung, Flussschläuche</li> <li>• AC Supraleitung, Zweiflüssigkeitenmodell, HF Kavitäten</li> <li>• Cooper Paar Tunneleffekt, Josephsonverbindungen</li> <li>• Messtechnik: SQUIDs, (quanten-) Hall Effekt</li> <li>• Supraleiter Magnetisierung, Hysterese, Bean Modell</li> <li>• Anwendungen: Magnete in der Beschleuniger- und Medizintechnik, Präzisionsmessungen von Magnetfeldern und Strömen, Energietechnik</li> </ul>				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Studierende erwerben durch den Besuch der Veranstaltung ein hauptsächlich phänomenologisches Verständnis von Supraleitern, welches ihnen die Anwendung in der Ingenieurspraxis ermöglicht. Angefangen von der Maxwell'schen Elektrodynamik werden die DC und AC Eigenschaften von Supraleitern diskutiert. Obwohl die zugrundeliegenden quantenmechanischen Theorien nur ansatzweise diskutiert werden, soll mit Hilfe der Phänomenologie bereits ein quantitativer Zugang zu Anwendungen wie Magnettechnologie oder Präzisionsmesstechnik eröffnet werden.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> Elektrodynamik, insbesondere Maxwell Gleichungen, die z.B. im Modul „Grundlagen der Elektrodynamik“ vermittelt werden				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Dauer: 30 min, Standard BWS)</li> </ul>				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Gewichtung: 100 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> MSc ETiT, MSc WI-ETiT, MSc iCE, BSc/MSc CE				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• W. Buckel, R. Kleiner: „Supraleitung Grundlagen und Anwendungen“; Wiley VCH, 7. Auflage 2013.</li> <li>• R.G. Sharma; „Superconductivity, Basics and Applications to Magnets“; Springer International Publishing, 2015 (online available).</li> <li>• H. Padamsee, J. Knobloch, T. Hays: „RF-Superconductivity for Accelerators“; 2nd edition; Wiley VCH Weinheim, 2011.</li> <li>• P. Seidel (Ed.), „Applied Superconductivity“, Wiley VCH Weinheim, 2015.</li> </ul>				
<b>Enthaltene Kurse</b>					



---

<b>Kurs-Nr.</b> 18-bf-2030-vl	<b>Kursname</b> Angewandte Supraleitung		
<b>Dozent</b> Dr.-Ing. Uwe Niedermayer		<b>Lehrform</b> Vorlesung	<b>SWS</b> 2

## 2.2 CED II: Mathematik

<b>Modulname</b> Einführung in die numerische Mathematik					
<b>Modul-Nr.</b> 04-10-0013/de	<b>Kreditpunkte</b> 9 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 270 h	<b>Selbststudium</b> 180 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> Jedes 2. Sem.
<b>Sprache</b> Deutsch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr. rer. nat. Jens Lang		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> Kondition, lineare und nichtlineare Gleichungssysteme, Ausgleichsrechnung, Interpolation, Integration und Differentiation, Differentialgleichungen, Differenzenverfahren, Programmierübungen.				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Die Studierenden können die grundlegenden elementaren numerischen Verfahren beschreiben, erklären, implementieren und anwenden. Sie sollen die Methoden vergleichen, modifizieren und kombinieren können.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> empfohlen: Analysis und Lineare Algebra, Einführung in die Programmierung				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, Sonderform, b/nb BWS)</li> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, fakultativ, Standard BWS)</li> </ul> Fachprüfung: In der Regel erfolgt die Prüfung durch eine Klausur, bei geringer Teilnehmerzahl gegebenenfalls mündlich. Die Form der Prüfung wird anhand der voraussichtlichen Teilnehmerzahl in den ersten beiden Veranstaltungswochen festgelegt. Studienleistung: In der Regel erfolgreiche Bearbeitung eines Teils der Hausübungen. Die Anzahl sowie das Bewertungsschema der Hausübungen als Studienleistung wird während des ersten Veranstaltungstermins durch die Prüferin/den Prüfer bekannt gegeben.				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, Sonderform, Gewichtung: 0 %)</li> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, fakultativ, Gewichtung: 100 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> B.Sc. Mathematik, LaG Mathematik				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> Deuffhard, Hohmann: Numerische Mathematik I, de Gruyter, 2008 Schwarz, Köckler: Numerische Mathematik; Vieweg und Teubner, 2009 Matlab User Guide				
<b>Enthaltene Kurse</b>					
	<b>Kurs-Nr.</b> 04-00-0056-vu	<b>Kursname</b> Einführung in die numerische Mathematik			
	<b>Dozent</b> Prof. Dr. rer. nat. Jens Lang			<b>Lehrform</b> Vorlesung und Übung	<b>SWS</b> 6

<b>Modulname</b> Einführung in die Optimierung					
<b>Modul-Nr.</b> 04-10-0040/de	<b>Kreditpunkte</b> 9 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 270 h	<b>Selbststudium</b> 180 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> Jedes 2. Sem.
<b>Sprache</b> Deutsch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr. rer. nat. Marc Pfetsch		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> konvexe Mengen und Funktionen; Einführung in die Polyedertheorie; Optimalitäts- und Dualitätstheorie der Linearen Optimierung; Simplex- Verfahren zur Lösung linearer Optimierungsprobleme; polynomiale Komplexität der Linearen Optimierung; Verfahren für quadratische Optimierungsprobleme.				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Nach dem Besuch des Moduls - beherrschen sie die Optimalitäts- und Dualitätstheorie der Linearen Optimierung und können sie anwenden - sind sie mit den Grundlagen der Polyedertheorie und der Theorie konvexer Funktionen vertraut - kennen sie die grundlegenden numerischen Lösungsverfahren für lineare und quadratische Optimierungsprobleme - können sie lineare und quadratische Optimierungsprobleme bei praktischen Problemstellungen modellieren und lösen.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> empfohlen: Analysis und Lineare Algebra				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, Sonderform, b/nb BWS)</li> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, fakultativ, Standard BWS)</li> </ul> Fachprüfung: In der Regel erfolgt die Prüfung durch eine Klausur, bei geringer Teilnehmerzahl gegebenenfalls mündlich. Die Form der Prüfung wird anhand der voraussichtlichen Teilnehmerzahl in den ersten beiden Veranstaltungswochen festgelegt. Studienleistung: In der Regel erfolgreiche Bearbeitung eines Teils der Hausübungen. Die Anzahl sowie das Bewertungsschema der Hausübungen als Studienleistung wird während des ersten Veranstaltungstermins durch die Prüferin/den Prüfer bekannt gegeben.				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, Sonderform, Gewichtung: 0 %)</li> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, fakultativ, Gewichtung: 100 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> B.Sc. Mathematik, M.Sc Mathematik, M.Sc. Mathematics, LaG Mathematik				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> Chvatal: Linear Programming Geiger, Kanzow: Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben; Jarre, Stoer: Optimierung Nocedal; Wright: Numerical Optimization; Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming; Ziegler: Lectures on Polytopes				
<b>Enthaltene Kurse</b>					

---

<b>Kurs-Nr.</b> 04-00-0023-vu	<b>Kursname</b> Einführung in die Optimierung		
<b>Dozent</b> Prof. Dr. rer.nat. Winnifried Wollner	<b>Lehrform</b> Vorlesung und Übung	<b>SWS</b> 6	

<b>Modulname</b> Numerik Gewöhnlicher Differentialgleichungen - Anfangswertprobleme					
<b>Modul-Nr.</b> 04-10-0042/de	<b>Kreditpunkte</b> 5 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 150 h	<b>Selbststudium</b> 105 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> Jedes 2. Sem.
<b>Sprache</b> Deutsch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr. rer. nat. Jens Lang		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> Anfangswertprobleme: Einschrittverfahren, Mehrschrittverfahren, Konvergenzanalyse, Stabilitätsbegriffe				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Die Studierenden können verschiedene numerische Lösungsverfahren und Konstruktionsprinzipien beschreiben, klassifizieren, erklären und anwenden. Sie sollen die Methoden und Prinzipien vergleichen, modifizieren und kombinieren können.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> empfohlen: Analysis, Lineare Algebra, Gewöhnliche Differentialgleichungen, Einführung in die Numerik oder vergleichbare Kenntnisse etwa aus einem Zyklus Mathematik für Ing.				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, Fachprüfung, Standard BWS)</li> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, Sonderform, b/nb BWS)</li> </ul> Fachprüfung: In der Regel erfolgt die Prüfung durch eine Klausur, bei geringer Teilnehmerzahl gegebenenfalls mündlich. Die Form der Prüfung wird anhand der voraussichtlichen Teilnehmerzahl in den ersten beiden Veranstaltungswochen festgelegt. Studienleistung: In der Regel erfolgreiche Bearbeitung eines Teils der Hausübungen. Die Anzahl sowie das Bewertungsschema der Hausübungen als Studienleistung wird während des ersten Veranstaltungstermins durch die Prüferin/den Prüfer bekannt gegeben.				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, Fachprüfung, Gewichtung: 100 %)</li> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, Sonderform, Gewichtung: 0 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> B.Sc. Mathematik (PO 2011 oder in PO 2018 im Wahlpflichtbereich als „weitere Veranstaltungen nach Modulhandbuch oder nach Genehmigung“), M.Sc. Mathematik, M.Sc. Mathematics Nicht zusammen mit Modul 04-10-0393/de wählbar				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> Deuffhard, Bornemann: Numerische Mathematik 2 Stoer, Bulirsch: Numerische Mathematik 2				
<b>Enthaltene Kurse</b>					
	<b>Kurs-Nr.</b> 04-10-0134-vu	<b>Kursname</b> Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen - Anfangswertprobleme			
	<b>Dozent</b> Prof. Dr. techn. Herbert Egger			<b>Lehrform</b> Vorlesung und Übung	<b>SWS</b> 3

<b>Modulname</b> Numerische Lineare Algebra					
<b>Modul-Nr.</b> 04-10-0043/de	<b>Kreditpunkte</b> 5 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 150 h	<b>Selbststudium</b> 105 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> Jedes 2. Sem.
<b>Sprache</b> Deutsch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Dr. rer. nat. Alf Gerisch		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> Iterative Verfahren für lineare Gleichungssysteme, Singulärwertzerlegung, Eigenwertprobleme.				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Die Studierenden können die wichtigsten numerischen Verfahren der linearen Algebra beschreiben, klassifizieren, erklären und anwenden. Sie sollen die Methoden vergleichen, modifizieren und kombinieren können.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> empfohlen: Lineare Algebra, Einführung in die Numerische Mathematik oder vergleichbare Vorkenntnisse				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, Fachprüfung, Standard BWS)</li> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, Sonderform, b/nb BWS)</li> </ul> Fachprüfung: In der Regel erfolgt die Prüfung durch eine Klausur, bei geringer Teilnehmerzahl gegebenenfalls mündlich. Die Form der Prüfung wird anhand der voraussichtlichen Teilnehmerzahl in den ersten beiden Veranstaltungswochen festgelegt. Studienleistung: In der Regel erfolgreiche Bearbeitung eines Teils der Hausübungen. Die Anzahl sowie das Bewertungsschema der Hausübungen als Studienleistung wird während des ersten Veranstaltungstermins durch die Prüferin/den Prüfer bekannt gegeben.				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, Fachprüfung, Gewichtung: 100 %)</li> <li>• Modulprüfung (Studienleistung, Sonderform, Gewichtung: 0 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> B.Sc. Mathematik, M.Sc Mathematik, M.Sc. Mathematics				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> Trefethen/Bau: Numerical Linear Algebra, SIAM Demmel: Applied Numerical Linear Algebra, SIAM Stoer/Bulirsch: Numerische Mathematik 2, Springer				
<b>Enthaltene Kurse</b>					
	<b>Kurs-Nr.</b> 04-00-0139-vu	<b>Kursname</b> Numerische Lineare Algebra			
	<b>Dozent</b> Dr. rer. nat. Alf Gerisch			<b>Lehrform</b> Vorlesung und Übung	<b>SWS</b> 3

<b>Modulname</b> Partielle Differentialgleichungen I					
<b>Modul-Nr.</b> 04-10-0037	<b>Kreditpunkte</b> 9 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 270 h	<b>Selbststudium</b> 180 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> Jedes 2. Sem.
<b>Sprache</b> Deutsch und Englisch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr. rer. nat. Matthias Hieber		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> Klassische Behandlung aller Grundtypen (z.B. elliptisch, parabolisch, hyperbolisch, dispersiv), Variationsansätze elliptischer Randwertprobleme, Regularitätstheorie, Theorie der Sobolev-Räume, Galerkinverfahren, Fixpunktmethoden und nichtlineare elliptische und parabolische Gleichungen				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Die Studierenden kennen und verstehen die unter Lerninhalt angegebenen Begriffe, Methoden und Resultate und können sie anwenden. Sie haben ein vertieftes Verständnis von partiellen Differentialgleichungen. Sie sind in der Lage, ihre Kenntnisse auf diesem Gebiet selbstständig zu erweitern.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> empfohlen: Funktionalanalysis				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, fakultativ, Standard BWS)</li> </ul> Fachprüfung: In der Regel erfolgt die Prüfung mündlich, bei großer Teilnehmerzahl gegebenenfalls durch eine Klausur. Die Form der Prüfung wird anhand der voraussichtlichen Teilnehmerzahl in den ersten beiden Veranstaltungswochen festgelegt.				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, fakultativ, Gewichtung: 100 %)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> B.Sc Mathematik, M.Sc. Mathematik, M.Sc. Mathematics				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> L.C. Evans: Partial Differential Equations (AMS) D. Gilbarg, N.S. Trudinger: Elliptic Partial Differential Equations of Second Order (Springer) M. Renardy, R.C. Rogers: An Introduction to Partial Differential Equations (Springer)				
<b>Enthaltene Kurse</b>					
	<b>Kurs-Nr.</b> 04-00-0184-vu	<b>Kursname</b> Partielle Differentialgleichungen I			
	<b>Dozent</b> Prof. Dr. rer. nat. Matthias Hieber			<b>Lehrform</b> Vorlesung und Übung	<b>SWS</b> 6

<b>Modulname</b> Simulation von Strahldynamik und elektromagnetischen Feldern in Teilchenbeschleunigern					
<b>Modul-Nr.</b> 18-dg-2170	<b>Kreditpunkte</b> 3 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 90 h	<b>Selbststudium</b> 60 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> SoSe
<b>Sprache</b> Deutsch und Englisch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr.-Ing. Herbert De Gersem		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> Simulation geladener Teilchen: Typen von Teilchensimulationen, Beziehung zur Vlasov-Gleichung – Lösung der Bewegungsgleichungen: die Boris-Methode, numerische Stabilität, symplektische Integratoren – Elektrostatisches PIC: Greensche Funktionen, FFT- und FD-Methoden auf Rechengittern, Ladungsdeposition, Feldinterpolation, Shape-Funktionen hoher Ordnung – Simulation von DC-Elektronenkanonen: raumladungslimitierte Emission – Simulation relativistischer Teilchenstrahlen im Lorenz-Referenzsystem – Transport-Matrix basierte Verfahren – Elektromagnetisches PIC: die FDTD-Methode, Stromdeposition, Boris-Schema, dispersionsoptimierte Verfahren – Wakefelder und Impedanzen: ultra-relativistischen Strahlen – Plasma-Wakefield-Beschleunigung – Hochleistungs-rechnen				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Die Vorlesung bietet einen Überblick über die numerische Modellierung von geladenen Teilchen und elektromagnetischen Feldern in Beschleunigern. Der Schwerpunkt liegt auf der Simulation kollektiver Effekte, welche durch Raumladungswechselwirkung und/oder durch elektromagnetische Wakefelder hervorgerufen werden. Die Vorlesung richtet sich an Masterstudierende, die sich auf verschiedenen Fachrichtungen der Elektrotechnik und der Physik spezialisieren. Dazu gehören die Theorie Elektromagnetischer Felder, Computational Engineering sowie Computational Physics und Beschleunigerphysik. Ziel ist, ein solides Fundament im Bereich der modernen Simulationsverfahren in der Beschleunigertechnik zu vermitteln. Des Weiteren bietet die Vorlesung, speziell für die Beschleunigerphysiker, einen Einblick in die verschiedenen Simulationswerkzeuge, deren Vorteile und Nachteile sowie in die entsprechenden Geltungsbereiche. In der Vorlesung werden praktische Simulationsbeispiele aus aktuellen Problemstellungen bei DESY, GSI und S-DALINAC vorgestellt.				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b>				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: • Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Dauer: 30 min, Standard BWS)				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: • Modulprüfung (Fachprüfung, mündliche Prüfung, Gewichtung: 100 %)				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b> MSc ETIT, MSc Physik				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> Die Folien werden in das TUCaN eingestellt. Lehrbücher werden in elektronischer Form zur Verfügung gestellt.				
<b>Enthaltene Kurse</b>					
	<b>Kurs-Nr.</b> 18-dg-2170-vl	<b>Kursname</b> Simulation von Strahldynamik und elektromagnetischen Feldern in Teilchenbeschleunigern			
	<b>Dozent</b> Privatdozent Dr. rer. nat. Erion Gjonaj, Prof. Dr. Oliver Boine-Frankenheim			<b>Lehrform</b> Vorlesung	<b>SWS</b> 2



<b>Modulname</b> Matrixanalyse und schnelle Algorithmen					
<b>Modul-Nr.</b> 18-pe-2070	<b>Kreditpunkte</b> 6 CP	<b>Arbeitsaufwand</b> 180 h	<b>Selbststudium</b> 120 h	<b>Moduldauer</b> 1	<b>Angebotsturnus</b> SoSe
<b>Sprache</b> Englisch			<b>Modulverantwortliche Person</b> Prof. Dr.-Ing. Marius Pesavento		
<b>1</b>	<b>Lerninhalt</b> In dieser Vorlesung werden die Grundlagen der Matrixanalyse und der Matrizenrechnung vermittelt, welche in vielfältigen technischen Bereichen wie z.B. dem Maschinellen Lernen, dem Maschinellen Sehen, der Regelungstechnik, der Signal- und Bildverarbeitung, der Kommunikationstechnik, der Netzwerktechnik und der Optimierungstheorie, von fundamentaler Bedeutung sind. Neben den grundlegenden theoretischen Eigenschaften von Matrizen legt dieser Kurs besonderes Augenmerk auf schnelle Algorithmen zur Berechnungen von Matrizen. Darüber hinaus werden die Themen anhand von vielen Anwendungsbeispielen aus den oben genannten Bereichen erörtert. Dies beinhaltet die Analyse sozialer Netze, die Bildanalyse und bildgebende Verfahren der Medizintechnik, die Analyse und Optimierung von Kommunikationsnetzen und das maschinelle Lesen. Themenübersicht: (i) Grundlegende Konzepte der Matrixanalyse, Unterräume, Normen, (ii) Lineare kleinste Quadrate (iii) Eigenwertzerlegung, Singulärwertzerlegung, Positive Semidefinite Matrizen, (iv) Lineare Gleichungssysteme, LU Zerlegung, Cholesky Zerlegung (v) Pseudo-inverse Matrizen, QR Zerlegung (vi) (fortgeschrittene) Tensor Zerlegung, (fortgeschrittene) Matrixanalyse, Compressive Sensing, Strukturierte Matrizenfaktorisierung				
<b>2</b>	<b>Qualifikationsziele / Lernergebnisse</b> Die Studenten lernen fortgeschrittene Themen der Matrix Analyse und die damit verbunden Algorithmen auf fortgeschrittenem Niveau				
<b>3</b>	<b>Empfohlene Voraussetzung für die Teilnahme</b> Grundkenntnisse in der linearen Algebra				
<b>4</b>	<b>Prüfungsform</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, fakultativ, Standard BWS)</li> </ul>				
<b>5</b>	<b>Benotung</b> Modulabschlussprüfung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modulprüfung (Fachprüfung, fakultativ, Gewichtung: 100%)</li> </ul>				
<b>6</b>	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>				
<b>7</b>	<b>Notenverbesserung nach §25 (2)</b>				
<b>8</b>	<b>Literatur</b> *Gene H. Golub and Charles F. van Loan, Matrix Computations (Fourth Edition), John Hopkins University Press, 2013. *Roger A. Horn and Charles R. Johnson, Matrix Analysis (Second Edition), Cambridge University Press, 2012. *Jan R. Magnus and Heinz Neudecker, Matrix Differential Calculus with Applications in Statistics and Econometrics (Third Edition), John Wiley and Sons, New York, 2007. *Giuseppe Calaore and Laurent El Ghaoui, Optimization Models, Cambridge University Press, 2014. *ECE 712 Course Notes by Prof. Jim Reilly, McMaster University, Canada (friendly notes for engineers) <a href="http://www.ece.mcmaster.ca/faculty/reilly/ece712/course_notes.htm">http://www.ece.mcmaster.ca/faculty/reilly/ece712/course_notes.htm</a>				
<b>Enthaltene Kurse</b>					

	<b>Kurs-Nr.</b> 18-pe-2070-vl	<b>Kursname</b> Matrixanalyse und schnelle Algorithmen		
	<b>Dozent</b> Prof. Dr.-Ing. Marius Pesavento		<b>Lehrform</b> Vorlesung	<b>SWS</b> 3
	<b>Kurs-Nr.</b> 18-pe-2070-ue	<b>Kursname</b> Matrixanalyse und schnelle Algorithmen		
	<b>Dozent</b> Prof. Dr.-Ing. Marius Pesavento		<b>Lehrform</b> Übung	<b>SWS</b> 1

---

## 2.3 CED III: Module anderer ETiT-Vertiefungen

---