

UNIVERSITÄT PADERBORN

FAKULTÄT FÜR ELEKTROTECHNIK, INFORMATIK UND MATHEMATIK
INSTITUT FÜR INFORMATIK

MODULHANDBUCH FÜR DEN
MASTERSTUDIENGANG INFORMATIK v3 (IMA v3)

STAND: 10. JULI 2026

Inhaltsverzeichnis

1	Präambel und Hinweise	3
2	Pflichtmodule	4
3	Wahlpflichtmodule	18
4	Focus Areas	148
4.1	Algorithm Design	148
4.2	Computer Systems	149
4.3	Data Science	149
4.4	Intelligence and Data	150
4.5	Networks and Communication	151
4.6	Security	152
4.7	Software Engineering	153
5	Module im Wintersemester	154
6	Module im Sommersemester	155
7	Modules in English	156

1 Präambel und Hinweise

Aus technischen Gründen wurde die Präambel des Modulhandbuches ausgelagert. Sie ist unter Prüfungsangelegenheiten auf den Seiten zum Studium des Instituts für Informatik zu finden. Wir bitten um Beachtung dieser Präambel. Bei Fragen zu dieser Präambel wenden Sie sich bitte an das Studienbüro Informatik.

Bitte beachten Sie auch, dass

1. in diesem Modulhandbuch alle laut Prüfungsordnung vorgesehenen Module aufgelistet werden, auch wenn sie in dem entsprechenden Semester nicht angeboten werden.
2. dieses Modulhandbuch den Datenbestand zum Zeitpunkt der Erstellung beinhaltet. Alle Angaben sind ohne Gewähr.

2 Pflichtmodule

Master-Abschlussarbeit							
Master Thesis							
Modulnummer:		Workload (h): 900	Leistungspunkte: 30		Turnus: Sommer- / Wintersemester		
		Studiensemester: 4. Semester	Dauer (in Sem.): 1		Sprache: de / en		
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	Master-Abschlussarbeit – Arbeitsplan		30	120	P	1
	b)	Master-Abschlussarbeit		30	720	P	1
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:						
	keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen:						
	Modulprüfungen im Hauptfach im Umfang von 48 LP müssen erfolgreich abgelegt worden sein. Es müssen mindestens drei Module in der Spezialisierung erfolgreich abgeschlossen sein.						
4	Inhalte:						
	<i>Inhalte der Lehrveranstaltung Master-Abschlussarbeit – Arbeitsplan:</i> Nach Themenabsprache mit dem Betreuer erfolgt eine erste grobe Einarbeitung. Auf dieser Grundlage und einer ersten Literaturrecherche ist durch den Studierenden ein Arbeitsplan vorzulegen, der die zu erzielenden Ergebnisse samt Meilensteine für die Arbeit dokumentiert. <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Master-Abschlussarbeit:</i> In der Masterarbeit zeigt der/die Kandidat/in seine/ihre Fähigkeit zum selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten an einem angemessen anspruchsvollen Thema, das auch Gelegenheit zur Entfaltung eigener Ideen gibt. Auf der Grundlage des “State-of-the-art” sollen die Methoden der Informatik systematisch angewendet werden. Die Ergebnisse der Arbeit werden in einem fakultätsöffentlichen Vortrag vorgestellt. Konkrete Aufgabenstellungen für Masterarbeiten werden laufend auf den Webseiten der Fachgebiete des Instituts für Informatik veröffentlicht.						

2 Pflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Mit Abschluss der Masterarbeit haben die Studierenden gezeigt, dass sie • ein Problem innerhalb einer bestimmten Frist ein Problem nach wissenschaftlichen Methoden bearbeiten können, • die im Zuge des Studiums erworbenen fachlich-methodischen fachübergreifenden Kompetenzen zur Lösung komplexer Aufgabenstellungen anwenden können. Die Schwerpunkte variieren ja nach Aufgabenstellung. Nichtkognitive Kompetenzen: • Einsatz und Engagement • Lernkompetenz • Lernmotivation • Motivationale und volitionale Fähigkeiten • Schreib- und Lesekompetenz (wissenschaftlich) • Selbststeuerungskompetenz								
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP) <table><tr><td>zu</td><td>Prüfungsform</td><td>Dauer bzw. Umfang</td><td>Gewichtung für die Modulnote</td></tr><tr><td>a) - b)</td><td>Abschlussarbeit</td><td>30-120 Seiten</td><td>100%</td></tr></table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a) - b)	Abschlussarbeit	30-120 Seiten	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a) - b)	Abschlussarbeit	30-120 Seiten	100%						
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: keine								
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine								
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.								
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit 50 Credits gewichtet.								
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine								
12	Modulbeauftragte/r: Studiengangsbeauftragter Informatik								

13	Sonstige Hinweise: Die Masterarbeit ist eine Prüfungsarbeit, die die wissenschaftliche Ausbildung abschließt und zeigen soll, dass die Kandidatin oder der Kandidat die Fähigkeit besitzt, innerhalb einer bestimmten Frist ein Problem der Informatik nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Die Aufgabenstellung soll so gestaltet werden, dass sie einem Arbeitsaufwand von fünf Monaten Vollzeitarbeit entspricht. Die Arbeit muss fünf Monate nach der Ausgabe abgegeben werden. Die Arbeit soll einen Umfang von in der Regel nicht mehr als 120 DIN A4-Seiten haben. <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Master-Abschlussarbeit – Arbeitsplan:</i> Methodische Umsetzung Direkte Absprache mit Betreuer. Lernmaterialien, Literaturangaben Je nach gewähltem Thema. <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Master-Abschlussarbeit:</i> Methodische Umsetzung Selbständiges Arbeiten unterstützt durch individuelle Betreuung Lernmaterialien, Literaturangaben Je nach gewähltem Thema.
----	---

2 Pflichtmodule

Projektgruppe							
Project Group							
Modulnummer: M.079.4041		Workload (h): 600		Leistungspunkte: 20		Turnus: Sommer- / Wintersemester	
		Studiensemester: 2		Dauer (in Sem.): 2		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	Projektgruppe	PG	240	360	P	15
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Projektgruppe:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Abhängig vom Thema.						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Projektgruppe:</i> In einer Projektgruppe bearbeitet eine Gruppe von in der Regel 8-16 Studierenden über den Zeitraum eines Jahres (zwei Semester) ein vom Veranstalter vorgegebenes Thema. Inhaltlich sollen Projektgruppen die Studierenden an aktuelle Forschungsthemen heranzuführen und durch die Teamarbeit auf die Arbeitsweise der industriellen Praxis vorbereiten. Themen von Projektgruppen decken das gesamte Spektrum der Forschungsgebiete der Fachgebiete des Instituts für Informatik ab.						
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: In der Projektgruppe wird Teamarbeit und Organisation eines Projekts praktisch erprobt und erlernt; hierdurch werden die Teilnehmer auf die spätere industrielle Berufspraxis vorbereitet. Die Studierenden lernen umfangreiche Entwicklungsprozesse im Team aus eigener Anschauung kennen. Durch die ausdrückliche Arbeitsteilung entsteht der Zwang, über eigene Arbeiten innerhalb der Gruppe zu berichten und die Ergebnisse zu vertreten. Nichtkognitive Kompetenzen • Einsatz und Engagement • Gruppenarbeit • Lernkompetenz • Lernmotivation • Motivationale und volitionale Fähigkeiten • Schreib- und Lesekompetenz (wissenschaftlich) • Selbststeuerungskompetenz						

2 Pflichtmodule

6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	a)	Phasenbezogene Prüfung	100%
	Im Modul Projektgruppe ist die erfolgreiche Bearbeitung von Projekten durch die Abgabe von Software und Dokumentation als phasenbezogene Prüfung nachzuweisen. Es wird eine Note für die Gesamtheit der bearbeiteten Projekte vergeben. Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.		
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Praktikumsarbeit	SL
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung bzw. qualifizierte Teilnahme konkret zu erbringen ist.		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit 8 Credits gewichtet.		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Studiengangsbeauftragter Informatik		

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Projektgruppe:</i> Methodische Umsetzung • Die Zahl der Projektgruppenteilnehmer ist auf 16 Personen begrenzt. • Es finden Plenumstreffen (alle Teilnehmer und der Veranstalter) statt, insbesondere zur Vermittlung gemeinsam erforderlichen Wissens (Seminarphasen zu Beginn der beiden Semester) und zur Planung der weiteren Arbeit. • Es werden feste Verantwortlichkeiten zwischen den Teilnehmern aufgeteilt, die über die gesamte Projektlaufzeit oder auch nur kurzfristig (ad-hoc-Aufgaben) Bestand haben können. • Es werden Untergruppen zu einzelnen Themen gebildet, die selbständig und termingebunden Aufgaben vorantreiben und dem Plenum Rechenschaft ablegen müssen. • Typischerweise erarbeitet jede Projektgruppe auch eine Repräsentation ihrer Arbeit in einer Webseite. • Am Ende jedes der beiden Semester ist ein Bericht zu erstellen, der in jedem Aspekt von den Teilnehmern gestaltet und mit Inhalt gefüllt wird. Lernmaterialien, Literaturangaben Abhängig vom Thema.
----	---

2 Pflichtmodule

Seminar I							
Seminar I							
Modulnummer: M.079.4045		Workload (h): 150		Leistungspunkte: 5		Turnus: Sommer- / Wintersemester	
		Studiensemester: 2		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
	Lehrveranstaltung		Lehr- form	Kontakt- zeit (h)	Selbst- studium (h)	Status (P/WP)	Gruppen- größe (TN)
	a)	2024.7092b Seminar	S2	30	120	P	15
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: Seminare aus dem Masterstudiengang Informatik.						
3	Teilnahmevoraussetzungen: Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Seminar: Empfohlene Vorkenntnisse Abhängig vom Seminarthema.						
4	Inhalte: Inhalte der Lehrveranstaltung Seminar: In Seminaren erarbeiten sich die Teilnehmenden ein Thema, welches in einem Vortrag mit anschließender Diskussion und einer schriftlichen Ausarbeitung präsentiert wird. Vortragsmaterial und Ausarbeitung dienen dabei unterschiedlichen Zielen: Während das Vortragsmaterial zur Unterstützung des Vortrags dient (der in engen zeitlichen Grenzen abläuft), dient die Ausarbeitung dazu, sich zu einem späteren Zeitpunkt detailliert über das Thema informieren zu können. Ein Seminar beschäftigt sich in der Regel mit 8 bis 15 zusammenhängenden Teilthemen, die von je einem Teilnehmer bearbeitet werden. Die Seminarthemen decken das gesamte Spektrum der Forschungsgebiete der Fachgebiete des Instituts für Informatik ab.						

2 Pflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Im Seminar sollen die Studierenden Techniken zur selbständigen Erarbeitung von nichttrivialem Stoff erlernen, indem sie sich in ein forschungsnahes Teilgebiet der Informatik einarbeiten. Sie sollen lernen, einen Vortrag zu planen, der sich an zeitliche Vorgaben (üblicherweise 45 bis 60 Minuten) hält, und dabei inhaltliche Prioritäten zu setzen. Die Teilnehmer sollen praktisch erfahren, wie man als Zuschauer aus einem Vortrag Kenntnisse aufnimmt, und in Diskussionen Meinungen und Information austauschen. Seminare dienen auch der Vermittlung rhetorischer Fähigkeiten bei Vortrag und Diskussion. Die Teilnehmer sollen lernen, den Vortrag entlang einer inhaltlichen Linie zu strukturieren und verschiedene Mittel zur Illustration komplexer Sachverhalte zu nutzen. Ebenso soll der angemessene Umgang mit Literatur gelernt werden. Nichtkognitive Kompetenzen • Einsatz und Engagement • Kooperationskompetenz • Lernkompetenz • Medienkompetenz • Motivationale und volitionale Fähigkeiten • Schreib- und Lesekompetenz (wissenschaftlich) • Selbststeuerungskompetenz										
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th><th style="width: 50%;">Prüfungsform</th><th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th><th style="width: 20%;">Gewichtung für die Modulnote</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td><td>Seminarvortrag und schriftliche Ausarbeitung</td><td>45-60 Minuten, 15-30 Seiten</td><td style="text-align: center;">100%</td></tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Seminarvortrag und schriftliche Ausarbeitung	45-60 Minuten, 15-30 Seiten	100%		
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Seminarvortrag und schriftliche Ausarbeitung	45-60 Minuten, 15-30 Seiten	100%								
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.										
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">zu</th><th style="width: 50%;">Form</th><th style="width: 20%;">Dauer bzw. Umfang</th><th style="width: 20%;">SL / QT</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">a)</td><td>keine</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT	a)	keine				
zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT								
a)	keine										
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine										
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.										
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).										
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine										

2 Pflichtmodule

12	Modulbeauftragte/r: Studiengangsbeauftragter Informatik
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Seminar:</i> Methodische Umsetzung Referate mit schriftlicher Ausarbeitung und Vortrag. Lernmaterialien, Literaturangaben Abhängig vom Seminarthema.

2 Pflichtmodule

Seminar II							
Seminar II							
Modulnummer:		Workload (h):	Leistungspunkte:		Turnus:		
M.079.4046		150	5		Sommer- / Wintersemester		
		Studiensemester:	Dauer (in Sem.):		Sprache:		
		3	1		en		
1	Modulstruktur						
	Lehrveranstaltung		Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	2024.7092b Seminar	S2	30	120	P	15
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls:						
	Seminare aus dem Masterstudiengang Informatik.						
3	Teilnahmevoraussetzungen:						
	Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Seminar:						
	Empfohlene Vorkenntnisse						
	Abhängig vom Seminarthema.						
4	Inhalte:						
	Inhalte der Lehrveranstaltung Seminar:						
	In Seminaren erarbeiten sich die Teilnehmenden ein Thema, welches in einem Vortrag mit anschließender Diskussion und einer schriftlichen Ausarbeitung präsentiert wird. Vortragsmaterial und Ausarbeitung dienen dabei unterschiedlichen Zielen: Während das Vortragsmaterial zur Unterstützung des Vortrags dient (der in engen zeitlichen Grenzen abläuft), dient die Ausarbeitung dazu, sich zu einem späteren Zeitpunkt detailliert über das Thema informieren zu können. Ein Seminar beschäftigt sich in der Regel mit 8 bis 15 zusammenhängenden Teilthemen, die von je einem Teilnehmer bearbeitet werden. Die Seminarthemen decken das gesamte Spektrum der Forschungsgebiete der Fachgebiete des Instituts für Informatik ab.						

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Im Seminar sollen die Studierenden Techniken zur selbständigen Erarbeitung von nichttrivialem Stoff erlernen, indem sie sich in ein forschungsnahes Teilgebiet der Informatik einarbeiten. Sie sollen lernen, einen Vortrag zu planen, der sich an zeitliche Vorgaben (üblicherweise 45 bis 60 Minuten) hält, und dabei inhaltliche Prioritäten zu setzen. Die Teilnehmer sollen praktisch erfahren, wie man als Zuschauer aus einem Vortrag Kenntnisse aufnimmt, und in Diskussionen Meinungen und Information austauschen. Seminare dienen auch der Vermittlung rhetorischer Fähigkeiten bei Vortrag und Diskussion. Die Teilnehmer sollen lernen, den Vortrag entlang einer inhaltlichen Linie zu strukturieren und verschiedene Mittel zur Illustration komplexer Sachverhalte zu nutzen. Ebenso soll der angemessene Umgang mit Literatur gelernt werden. Nichtkognitive Kompetenzen • Einsatz und Engagement • Kooperationskompetenz • Lernkompetenz • Medienkompetenz • Motivationale und volitionale Fähigkeiten • Schreib- und Lesekompetenz (wissenschaftlich) • Selbststeuerungskompetenz											
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP) <table><tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr><tr><td>a)</td><td>Seminarvortrag und schriftliche Ausarbeitung</td><td>45-60 Minuten, 15-30 Seiten</td><td>100%</td></tr></table> Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.				zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Seminarvortrag und schriftliche Ausarbeitung	45-60 Minuten, 15-30 Seiten	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote									
a)	Seminarvortrag und schriftliche Ausarbeitung	45-60 Minuten, 15-30 Seiten	100%									
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: <table><tr><th>zu</th><th>Form</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>SL / QT</th></tr><tr><td>a)</td><td>keine</td><td></td><td></td></tr></table>				zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT	a)	keine		
zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT									
a)	keine											
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine											
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.											
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).											
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine											

2 Pflichtmodule

12	Modulbeauftragte/r: Studiengangsbeauftragter Informatik
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Seminar:</i> Methodische Umsetzung Referate mit schriftlicher Ausarbeitung und Vortrag. Lernmaterialien, Literaturangaben Abhängig vom Seminarthema.

2 Pflichtmodule

Studium Generale – Master							
General Studies – Master							
Modulnummer:		Workload (h): 360	Leistungspunkte: 12		Turnus: Sommer- / Wintersemester		
		Studiensemester:	Dauer (in Sem.): 4		Sprache: de / en		
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	Studium Generale – Master	V6 Ü3	135	225	P	30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: Beliebige Veranstaltungen außerhalb der Informatik können gewählt werden.						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Studium Generale – Master:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Abhängig von den gewählten Veranstaltungen.						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Studium Generale – Master:</i> Abhängig von den gewählten Veranstaltungen.						
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden erweitern ihren wissenschaftlichen Horizont über die Grenzen der Informatik und des gewählten Nebenfaches hinaus. Je nach gewählter Veranstaltung haben sie Kompetenzen im Bereich Kommunikationsfähigkeit, Teamarbeit und Präsentationstechniken erworoben. Nichtkognitive Kompetenzen • Einsatz und Engagement • Kooperationskompetenz • Medienkompetenz • Schreib- und Lesekompetenz (wissenschaftlich) • Selbststeuerungskompetenz						

2 Pflichtmodule

6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)			
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote
	a)	Prüfung im Studium Generale		100%
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.			
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:			
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT
	a)	Qualifizierte Teilnahme im Studium Generale		QT
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die qualifizierte Teilnahme konkret zu erbringen ist.			
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine			
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.			
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit 4 Credits gewichtet.			
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine			
12	Modulbeauftragte/r: Studiengangsbeauftragter Informatik			
13	Sonstige Hinweise: Ist kein Nebenfach gewählt, muss eine beliebige Kombination von Veranstaltungen außerhalb der Informatik und im Umfang von 12 LP muss gewählt werden. Die angegebene Verteilung der LP auf Lehrveranstaltungen ist nur exemplarisch.			

3 Wahlpflichtmodule

Advanced Algorithms							
Advanced Algorithms							
Modulnummer: M.079.4002		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05701 Advanced Algorithms	V3 Ü2	75	105	WP	50/25
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Advanced Algorithms:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Bereitschaft und Fähigkeit, den kreativen Prozess des Algorithmenentwurfs und die Effizienzanalyse mit mathematischen Methoden zu erlernen. Grundkenntnisse einiger grundlegender Algorithmen und Datenstrukturen und deren Analysen werden vorausgesetzt.						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Advanced Algorithms:</i> Dieser Kurs präsentiert fortgeschrittenen Algorithmen und algorithmische Paradigmen für grundlegenden Probleme. Insbesondere werden dabei Methoden wie Randomisierung und Derandomisierung, sowie die Konzepte von Approximations- und Onlinealgorithmen anhand wichtiger algorithmischer Probleme vorgestellt. In allen Fällen werden Korrektheitsbeweise und Laufzeitanalysen durchgeführt. • Randomisierte Algorithmen, Derandomisierung, Beispiele u.a. Randomized Rounding • Online Algorithmen, Beispiele u.a. aus dem Bereich Scheduling • Approximationsalgorithmen, Beispiele u.a. NP-schwere Probleme						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden wenden fortgeschrittene algorithmische Entwurfsmethoden wie Randomisierung, Approximation und Onlinealgorithmen auf neue Probleme an und analysieren sie unter Nutzung von kombinatorischen und wahrscheinlichkeitstheoretischen Methoden. Nichtkognitive Kompetenzen • Lernkompetenz • Lernmotivation		
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min
	Gewichtung für die Modulnote Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.		
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Schriftliche Übungsaufgaben	SL / QT
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Christian Scheideler		

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Advanced Algorithms:</i> Methodische Umsetzung • Vorlesung mit Beamer und Tafelanschrieb. • Übungen in Kleingruppen. • erwartete Aktivitäten der Studierenden: aktive Mitarbeit bei Präsenzübungen, Hausaufgaben. • Übungsblätter, Lösungen werden in Übungsgruppen vorgestellt und diskutiert. • In Übungen und Hausaufgaben werden Entwurf und Analyse von Algorithmen an ausgewählten Beispielen geübt. Lernmaterialien, Literaturangaben Standardlehrbücher, Foliensatz der Vorlesung, Übungsblätter
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Advanced Complexity Theory (v3)							
Advanced Complexity Theory (v3)							
Modulnummer: M.079.4004		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05803 Advanced Complexity Theory	V3 Ü2	75	105	WP	25
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Advanced Complexity Theory:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Grundlagen über Komplexitätstheorie (u.a. Turingmaschinen, NP-Vollständigkeit)						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Advanced Complexity Theory:</i> Komplexitätstheorie beschäftigt sich mit der Bestimmung der Größe von Ressourcen (z.B. Laufzeit, Speicherverbrauch), die notwendig und hinreichend ist für die Lösung eines bestimmten algorithmischen Problems (z.B. Problem des Handlungsreisenden (TSP)) auf einem bestimmten Computermode (z.B. Turing-Maschine). Ein Ansatz ist die Komplexitätsklassen wie z.B. P, NP, PSPACE zu definieren, um die Problemkomplexität mit Hilfe der Vollständigkeit in einer solchen Klasse zu klassifizieren, wie z.B. die berühmte Klasse der NP-vollständigen Probleme. Dies ergibt bedingte Aussagen wie "Wenn NP nicht gleich P, dann ist TSP nicht in Polynomialzeit lösbar". Dieser Zweig der Komplexitätstheorie wird oft als strukturelle Komplexitätstheorie bezeichnet. Im Gegensatz dazu ist das Beweisen expliziter Untergrenzen für bestimmte Probleme das Thema der so genannten konkreten Komplexitätstheorie. Da niemand derzeit in der Lage ist superlineare Zeitschranken für explizit definierte Probleme in allgemeinen Rechenmodellen wie Turingmaschinen zu beweisen, betrachtet man etwas eingeschränkt Modelle wie 1-Band Turingmaschinen, monotone Bool'sche Schaltkreise, Bool'sche Schaltkreise mit beschränkter Tiefe, algebraische Berechnungsmodelle und verschiedene Arten von parallelen Berechnungsmodellen. Die Vorlesung gibt eine Übersicht von Ansätzen um solche unteren Schranke in verschiedenen Modellen zu beweisen. • Deterministische, nichtdeterministische und probabilistische Zeit- und Platz-Komplexitätsklassen, Hierarchien, Vollständigkeit • Untere Schranken für Größe und Tiefe verschiedener Varianten von von Booleschen Schaltkreisen • Untere Schranken für Algebraische Berechnungen						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden beherrschen die wichtigsten Techniken im Bereich der Komplexitätstheorie wie Reduktionen, Diagonalisierung, Randomisierung und Relativierung. Sie können entscheiden, in welche Komplexitätsklassen sich der Speicherplatzbedarf und die Laufzeitanforderungen von algorithmischen Problemen einordnen lassen. Sie können mit Hilfe der Konzepte der Komplexitätstheorie Hypothesen aufstellen und diese falsifizieren oder verifizieren. Sie können die Zusammenhänge zwischen Komplexitätsklassen wie P und NL erläutern. Nichtkognitive Kompetenzen • Haltung und Einstellung • Selbststeuerungskompetenz										
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung</td><td>90-120 min bzw. 40 min</td><td>100%</td></tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.	
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%								
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: <table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th><th>Form</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>SL / QT</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td><td>Schriftliche Übungsaufgaben</td><td></td><td>SL</td></tr> </tbody> </table> Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.			zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT	a)	Schriftliche Übungsaufgaben		SL
zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT								
a)	Schriftliche Übungsaufgaben		SL								
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung										
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.										
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).										
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine										
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Johannes Blömer										

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Advanced Complexity Theory:</i> Methodische Umsetzung • Vorlesung mit Beamer und Tafelanschrieb • Übungen in Kleingruppen • Erwartete Aktivitäten der Studierenden: Mitarbeit bei Präsenzübungen, Hausaufgaben Lernmaterialien, Literaturangaben • C.H. Papadimitriou, Computational Complexity, Addison-Wesley • S. Arora, B. Barak, Computational Complexity - A Modern Approach, Cambridge University Press • Foliensatz der Vorlesung, Übungsblätter
----	--

3 Wahlpflichtmodule

Advanced Computer Architecture							
Advanced Computer Architecture							
Modulnummer: M.079.4005		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05724 Advanced Computer Architecture	V3 Ü2	75	105	WP	50/25
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Advanced Computer Architecture:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Grundlegende Kenntnisse in Rechnerarchitektur.						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Advanced Computer Architecture:</i> Die Lehrveranstaltung vermittelt die wesentliche Konzepte und Methoden, die beim Entwurf moderner Prozessoren Verwendung finden. Es werden Ansätze zur Nutzung von Parallelität auf der Instruktions-, Daten- und Thread-Ebene besprochen. • Grundlagen der Rechnerarchitektur (Wiederholung und Zusammenfassung) • Entwurf der Speicherhierarchie • Parallelität auf Instruktionsebene • Datenparallelität: Vektor-, SIMD- und GPU-Architekturen • Parallelität auf Thread-Ebene • Warehouse-scale Computer						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, • die Prinzipien modernen Speicherhierarchien zu erklären, • die verschiedenen Ebenen der Parallelität zu analysieren, • die Eignung unterschiedlicher Architekturkonzepte einzuschätzen und dadurch • moderne Entwicklungen der Rechnerarchitektur zu bewerten. Nichtkognitive Kompetenzen • Gruppenarbeit • Lernkompetenz		
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min
			Gewichtung für die Modulnote
			100%
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.		
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Schriftliche Übungsaufgaben	
			SL / QT
			SL
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Christian Plessl, Prof. Dr. Marco Platzner		

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Advanced Computer Architecture:</i> Methodische Umsetzung • Vorlesung mit Beamer und Tafel • Interaktive Übungen im Hörsaal • Rechnerübungen mit Simulationswerkzeugen • Analyse von Fallbeispielen Lernmaterialien, Literaturangaben • Vorlesungsfolien und Übungsblätter • Aufgabenblätter und technische Dokumentation für die Rechnerübungen • Hennessey, Patterson: Computer Architecture: A Quantitative Approach (5th edition), Morgan Kaufmann, 2012 • Aktuelle Hinweise auf alternative und ergänzende Literatur, sowie Lehrmaterialien auf der Webseite und in den Vorlesungsfolien
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Advanced Distributed Algorithms and Data Structures							
Advanced Distributed Algorithms and Data Structures							
Modulnummer: M.079.4006		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05700 Advanced Distributed Algorithms and Data Structures	V3 Ü2	75	105	P	30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Advanced Distributed Algorithms and Data Structures:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Algorithmen und Datenstrukturen, verteilte Algorithmen und Datenstrukturen						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Advanced Distributed Algorithms and Data Structures:</i> Die Vorlesung stellt fortgeschrittene Methoden für verteilte Algorithmen und Datenstrukturen vor. Themen sind unter anderem Zugriffskontrolle, Synchronisation, Konsensus, Informationsverbreitung, hybride Netze, Scheduling, und Optimierung. Aufbauend auf Lösungen zu diesen Themen werden auch konkrete Anwendungen vorgestellt.						
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Studierende lernen fortgeschrittene Methoden und Verfahren für aktuell sehr relevante verteilte Systeme kennen. Sie können Verfahren an neue Situationen anpassen und deren Komplexität bestimmen. Sie können grundlegende Verfahren implementieren. Nichtkognitive Kompetenzen • Gruppenarbeit • Lernkompetenz • Schreib- und Lesekompetenz (wissenschaftlich) • Selbststeuerungskompetenz						

3 Wahlpflichtmodule

6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min
			Gewichtung für die Modulnote
			100%
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.		
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Schriftliche Übungsaufgaben	
			SL / QT
			SL
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Christian Scheideler		
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Advanced Distributed Algorithms and Data Structures:</i> Methodische Umsetzung Vorlesung mit Übungen und Softwareprojekt Lernmaterialien, Literaturangaben Skript		

3 Wahlpflichtmodule

Advanced Networked Systems							
Advanced Networked Systems							
Modulnummer: M.079.4096		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester: 1-3		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
	Lehrveranstaltung		Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
a)	L.079.05820 Advanced Networked Systems		V2 Ü3	75	105	WP	50/25
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Advanced Networked Systems:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Kenntnisse in den Bereichen Computernetzwerke, Betriebssysteme, Programmiersprachen, C/C++ und Python-Programmierung in der Linux-Umgebung sowie ein ausgeprägtes Interesse daran, zu verstehen, wie die Dinge unter der Haube funktionieren. Fähigkeit, wissenschaftliche Arbeiten professionell zu lesen. Fähigkeit, in einem komplexen Umfeld zu programmieren.						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Advanced Networked Systems:</i> Der Kurs behandelt Konzepte und Entwürfe für moderne vernetzte Systeme, die vom Internet und von Cloud-Rechenzentren übernommen werden, um die ständig steigenden Anforderungen an die Datenübertragung und die von Big-Data- und Machine-Learning-Anwendungen angetriebenen Berechnungen zu erfüllen. • Grundlagen der Netzwerktechnik (Auffrischung) • Rechenzentrumsnetzwerke (Architekturen, Überlastungskontrolle) • Softwaredefinierte Netzwerke (SDN, OpenFlow) • Programmierbare Netzwerke (P4, eBPF/XDP) • Architekturen programmierbarer Netzwerkgeräte (RMT, SmartNICs) • Netzwerküberwachung und In-Network-Computing (Caching, Aggregation) • Systeme für maschinelles Lernen (Modelltraining, Systeme für LLMs) Ein Großteil des Kurses wird auf Diskussionen über aktuelle Forschungsthemen basieren, die durch praktische Programmieraufgaben ergänzt werden.						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Nach Abschluss dieses Kurses werden die Studierenden in der Lage sein, Folgendes zu lernen. • Kenntnisse über aktuelle Forschungsthemen im Bereich der vernetzten Systeme zu erlangen. • das Design dieser neuen Technologien für vernetzte Systeme zu verstehen und über die darin enthaltenen Designentscheidungen nachzudenken. • Komplexe vernetzte Systeme unter Anwendung einiger dieser Entwürfe zu bauen, die Vorzüge und Grenzen dieser Entwürfe zu analysieren und zu bewerten und die Entwurfsentscheidungen für die gebauten Systeme zu erklären.											
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP) <table><tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr><tr><td>a)</td><td>Mündliche Prüfung, Klausur oder Referat</td><td>120-180 min, 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr></table>				zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Mündliche Prüfung, Klausur oder Referat	120-180 min, 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote									
a)	Mündliche Prüfung, Klausur oder Referat	120-180 min, 30-45 min oder 30 min	100%									
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: <table><tr><th>zu</th><th>Form</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>SL / QT</th></tr><tr><td>a)</td><td>Übungsaufgaben</td><td></td><td>SL</td></tr></table>				zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT	a)	Übungsaufgaben		SL
zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT									
a)	Übungsaufgaben		SL									
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung											
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.											
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).											
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine											
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Lin Wang											

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Advanced Networked Systems:</i> Methodische Umsetzung Der Kursinhalt wird mit Hilfe von Folienvorlesungen, interaktiven Übungen und programmierbasierten Projektaufgaben vermittelt. Lernmaterialien, Literaturangaben • Vorlesungsfolien und Übungsblätter • Projektbeschreibungsunterlagen für die Programmieraufgaben • Zusätzliche Literatur (z. B. Forschungsarbeiten) auf der Website der Lehrveranstaltung und in den Vorlesungsfolien
----	--

3 Wahlpflichtmodule

Agentic Software Engineering								
Agentic Software Engineering								
Modulnummer: M.079.4212		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester		
		Studiensemester: 1-3		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en		
1	Modulstruktur							
		Lehrveranstaltung		Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05705 Agentic Software Engineering		V2 Ü3	75	105	P	80
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine							
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine							

4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Agentic Software Engineering:</i> Seit dem Aufkommen generativer KI (GenAI), und insbesondere seit der Nutzung von GenAI im Rahmen von Agenten, befindet sich das Software Engineering (SE) in einem radikalen Wandel, der viele Fragen aufwirft: In welchen Phasen des SE lässt sich GenAI effektiv einsetzen? Was sind dabei die Chancen, aber auch die Limitierungen und Fallstricke? Wie verändert GenAI das Kompetenzprofil, das zukünftig von Software Engineers erwartet wird? In dieser Lehrveranstaltung wird der Einsatz von GenAI und Agenten in den verschiedenen Phasen des Softwarelebenszyklus (Anforderungsanalyse, Implementierung, Testing usw.) diskutiert, praktisch erlebbar gemacht und – wo angemessen – auch kritisch hinterfragt. Darüber hinaus wird aktuelle Forschung zu KI-gestützten Methoden der Softwareentwicklung behandelt. In praktischen Übungen werden die Studierenden an aktuelle Technologien herangeführt, die den Entwurf und den Einsatz von Agenten im Software Engineering ermöglichen oder vereinfachen. Behandelte Themen: • Grundlagen generativer KI (kompakter Recap als Ausgangspunkt) • Retrieval-Augmented Generation und Agenten: Funktionsweise und Abgrenzung beider Ansätze • Ökonomische Perspektive: Produktivitätseffekte (empirische Studien), Kosten, Latenz und Modell-Ökonomie beim produktiven Agenteneinsatz • Wissens- und Kontext-Engineering für SE-Aufgaben: Bereitstellung von Repositories, Issues, Tests und Dokumentation als Kontext (Informationskuratierung, Context Windows, Repo-Maps, RAG über Codebasen) • Tool-Use und Function Calling: Schnittstellen zwischen Agenten und Entwicklungswerkzeugen (Compiler, Test-Runner, Linter, Debugger, Versionsverwaltung) sowie Standards wie das Model Context Protocol (MCP) und das Agent Client Protocol (ACP) • Gängige Typen von Agenten (ReAct, Plan-and-Execute, Reflexion usw.) • Multi-Agenten-Systeme (inkl. Agent2Agent-Protokoll) • Nutzen und Herausforderungen von Agenten in den verschiedenen Phasen des Softwarelebenszyklus (Anforderungsanalyse, Implementierung, Testing usw.) • Feedback durch Testing und symbolische Verfahren (z. B. statische Analyse und Verifikation) als Korrektiv und Sicherheitsnetz • Verlässlichkeit und Grenzen: Halluzinationen, das Out-of-Distribution-Problem bei proprietären Codebasen, Korrektheitsgarantien • Sicherheit agentischer Systeme: Prompt Injection, autonome Ausführung, Supply-Chain-Risiken durch generierten Code • Human-in-the-loop, Verantwortung und Code-Ownership: veränderte Rollen- und Kompetenzprofile von Software Engineers
---	--

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden • erklären, wie generative KI, Retrieval-Augmented Generation und agentische Systeme funktionieren, und ihre jeweiligen Einsatzbereiche im Software Engineering unterscheiden, • aktuelle Agenten-Technologien auf Aufgaben über den gesamten Softwarelebenszyklus anwenden und sie über Repositories, Tests und Werkzeugschnittstellen mit geeignetem Kontext versorgen, • den Nutzen und die Herausforderungen des Einsatzes von GenAI und Agenten in den einzelnen Phasen der Softwareentwicklung analysieren, • die Verlässlichkeit, Sicherheit und Grenzen agentischer Systeme beurteilen, einschließlich Halluzinationen, des Out-of-Distribution-Problems und von Korrektheitsgarantien, • eine eigene agentenbasierte Lösung für eine Aufgabe des Software Engineering entwerfen und die damit verbundenen Architekturentscheidungen begründen, • die ökonomischen und organisatorischen Auswirkungen eines produktiven Agenteneinsatzes bewerten, einschließlich der Effekte auf Kosten, Produktivität und die Rolle von Software Engineers.											
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP) <table><tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr><tr><td>a)</td><td>Klausur, mündliche Prüfung oder Referat</td><td>90-120 min, 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr></table>				zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur, mündliche Prüfung oder Referat	90-120 min, 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote									
a)	Klausur, mündliche Prüfung oder Referat	90-120 min, 30-45 min oder 30 min	100%									
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: <table><tr><th>zu</th><th>Form</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>SL / QT</th></tr><tr><td>a)</td><td>Übungsaufgaben, schriftliche Ausarbeitung oder Fortschrittsberichte</td><td></td><td>SL</td></tr></table>				zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT	a)	Übungsaufgaben, schriftliche Ausarbeitung oder Fortschrittsberichte		SL
zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT									
a)	Übungsaufgaben, schriftliche Ausarbeitung oder Fortschrittsberichte		SL									
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung											
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.											
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).											
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Informatik v4											
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Eric Bodden											

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Agentic Software Engineering:</i> Methodische Umsetzung Die Inhalte werden im Rahmen einer Vorlesung präsentiert und in begleitenden Übungen vertieft. In praktischen Übungen wenden die Studierenden aktuelle Agenten-Technologien selbst an und erproben den Entwurf und Einsatz von Agenten an konkreten Aufgaben des Software Engineering. Aktuelle Forschungsergebnisse werden anhand von Originalliteratur diskutiert und kritisch eingeordnet. Lernmaterialien, Literaturangaben • Vorlesungsfolien und Übungsaufgaben • Grundlagenliteratur zu den behandelten Agenten-Architekturen • Aktuelle Forschungsliteratur und Konferenzbeiträge zu KI-gestütztem Software Engineering, die in der Veranstaltung bekanntgegeben werden • Spezifikationen und Dokumentation einschlägiger Protokolle (Model Context Protocol, Agent Client Protocol) • Weiterführende Literatur und Online-Ressourcen werden in der Veranstaltung bereitgestellt.
----	--

3 Wahlpflichtmodule

Algorithms for Complex Virtual Scenes							
Algorithms for Complex Virtual Scenes							
Modulnummer: M.079.4009		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester: 1-3		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05803 Algorithms for Complex Virtual Scenes	V3 Ü2	75	105	P	70/35
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Algorithms for Complex Virtual Scenes:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Bereitschaft und Fähigkeit, den kreativen Prozess des Algorithmenentwurfs und die Effizienzanalyse mit mathematischen Methoden zu erlernen. Grundkenntnisse einiger grundlegender Algorithmen und Datenstrukturen und deren Analysen werden angenommen.						

3 Wahlpflichtmodule

4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Algorithms for Complex Virtual Scenes:</i> Walkthrough-Systeme erlauben das Betrachten und Durchlaufen von virtuellen 3D-Szenen und finden Anwendung in Architekturprogrammen, Simulationen, oder Spielen. Die Effizienz von Echtzeit-Rendering Algorithmen ist entscheidend für eine flüssige und schnelle Darstellung der virtuellen 3D-Szenen in einem Walkthrough-System. Es gibt verschiedene algorithmische Ansätze, um hochkomplexe geometrische 3D-Daten zu reduzieren und eine Darstellung der Daten in Echtzeit zu erreichen. In der Vorlesung werden dafür unterschiedliche algorithmische Ansätze vorgestellt, z. B. Visibility-Culling, Simplification, Level of Detail, Image-Based Rendering. Die Veranstaltung umfasst folgende Inhalte: • Walkthrough-Problem • Räumliche Datenstrukturen: kd-Baum, BSP-Baum, Octree, Loose-Octree • Level of Detail: Adaptives LOD-Management, Mesh Simplification, Progressive Meshes • Visibility Culling: View Frustum Culling, Potentially Visible Sets (PVS), Dynamische Berechnung der PVS, Hierarchischer Z-Buffer, Coherent Hierarchical Culling, Hierarchische Occlusion Maps, Aspect-Graph, Visibility Space Partition • Replacement: Color-Cubes, Randomisierter Z-Buffer, Hierarchical Image Caching • Paralleles Rendern: Klassifizierung und Modellierung, Paralleles Rendering als Sortierproblem, Hybrides Sort-First/Sort-Last-Rendering								
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden können • grundlegende Algorithmen und Datenstrukturen für Problemstellungen der Darstellung komplexer virtueller Szenen benennen, erklären und anwenden • grundlegende algorithmische Problemstellungen in Anwendungsproblemen der Darstellung komplexer virtueller Szenen erkennen und geeignete Algorithmen und Datenstrukturen dafür auswählen • Laufzeit- und Speicherplatzabschätzung von räumlichen Datenstrukturen und Algorithmen analysieren, vergleichen und untersuchen • beurteilen, welche Auswirkungen die Wahl von räumlichen Datenstrukturen auf die Effizienz von Algorithmen der Darstellung komplexer virtueller Szenen hat • eigene effiziente Sichtbarkeits-Algorithmen auf Basis räumlicher Datenstrukturen für weitere virtuelle Szenen mit spezieller Charakteristik entwickeln • eigene effiziente Approximations-Algorithmen auf Basis räumlicher Datenstrukturen für weitere virtuelle Szenen mit spezieller Charakteristik entwickeln • Problemstellungen der Darstellung komplexer virtueller Szenen und entsprechende Lösungsvorschläge mit Fachexperten diskutieren								
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP) <table><tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr><tr><td>a)</td><td>Mündliche Prüfung, Klausur oder Referat</td><td>120-180 min, 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr></table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Mündliche Prüfung, Klausur oder Referat	120-180 min, 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a)	Mündliche Prüfung, Klausur oder Referat	120-180 min, 30-45 min oder 30 min	100%						

3 Wahlpflichtmodule

7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Übungsaufgaben, schriftliche Ausarbeitung oder Fortschrittsberichte	SL
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Informatik v4		
12	Modulbeauftragte/r: Dr. Matthias Fischer		

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Algorithms for Complex Virtual Scenes:</i> Methodische Umsetzung Die Inhalte werden durch eine Präsentation im Rahmen einer Vorlesung vermittelt. Die Vorlesung erfolgt in der Regel mit Beamer und Tafelanschrieb. In Übungen und Übungsaufgaben werden Entwurf und Analyse von Algorithmen an ausgewählten Beispielen vorgestellt und von den Studierenden in Präsenzübungen in Kleingruppen sowie im Selbststudium vertieft und selbst entwickelt und durch praktische Übungen ergänzt. Musterlösungen von Übungsblättern werden in Zentralübungen vorgestellt. Die erwarteten Aktivitäten der Studierenden sind die Mitarbeit bei Präsenzübungen und das selbstständige Bearbeiten der Übungsaufgaben. Lernmaterialien • Vorlesungsfolien, Übungsblätter, ggfs. Musterlösungen, Vorlesungsaufzeichnung aus früheren Jahren, Tafelabschrieb Literaturangaben • Real-Time Rendering; Tomas Akenine-Möller, Eric Haines; AK Peters, 2002. • Level of Detail for 3D Graphics; David Luebke, Martin Reddy, Jonathan D. Cohen; Morgan Kaufmann Publishers, 2002. • Algorithmen in der Computergraphik; Thomas Rauber; Teubner, 1993. • Wavelets for Computer Graphics: Theory and Applications; Eric Stollnitz, David H. Salesin, Anthony D. DeRose; Morgan Kaufmann Publishers, 1996. • Graphic Gems; Andrew S. Glassner; Academic Press; 1990. • Game Programming Gems; Mark DeLoura; Charles River Media; 2000. Algorithmische Geometrie • Computational Geometry - Algorithms and Applications; Mark de Berg, Marc de Kreveld, Mark Overmars; Springer Verlag, 2000. • Computational Geometry in C; Joseph O'Rourke; Cambridge University Press, 1998. • Algorithmic Geometry; Jean-Daniel Boissonnat, Herve Bronniman; Cambridge University Press, 1998. • Algorithmische Geometrie Grundlagen, Methoden, Anwendungen; Rolf Klein; Springer Verlag, 2005. Allgemeine Prinzipien der Computergrafik • 3D Computer Graphics; Alan Watt; Addison Wesley, 1999. • Computer Graphics, Principles and Practice; James Foley, Andries van Dam, Steven Feiner, John Hughes; Addison Wesley, 1995. • Computer Graphics; Donald Hearn, M. P. Baker; Prentice Hall, 2003. • Weitere Literatur wird in der Veranstaltung bekanntgegeben.
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Approximate Computing							
Approximate Computing							
Modulnummer: M.079.4068		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester: 1-3		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
	Lehrveranstaltung		Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.09758 Approximate Computing	V3 Ü2	75	105	P	100/30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Approximate Computing:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Kenntnisse aus den Bachelor-Modulen Digitaltechnik und Rechnerarchitektur sind hilfreich.						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Approximate Computing:</i> Approximate Computing ist ein aktueller Ansatz, der die Genauigkeit von Berechnungen reduziert und dadurch signifikante Einsparungen im Energieverbrauch, der Rechenzeit oder der Chipfläche erzielt. Dieser forschungsorientierte Kurs führt in das Gebiet des Approximate Computing ein und stellt die wesentlichen Methoden für die Implementierung effizienter Rechnersysteme durch Reduktion der Genauigkeit vor. Der Kurs behandelt Approximationstechniken auf allen Ebenen eines Rechnersystems, von der Anwendungsebene bis hin zur Ebene der Hardwaretechnologie. In den Übungen/Tutorium wird die Effizienz dieser Techniken für verschiedene Anwendungsdomänen, wie zum Beispiel Deep Learning und Digital Signal Processing, untersucht. • Einführung und Motivation für ungenaues Rechnen • Approximation in der Anwendungsebene, z.B. für maschinelles Lernen und digitale Signalverarbeitung • Programmiersprachen/Compiler für Approximate Computing • Approximation in der Mikroarchitektur • Automatisierte Synthese von approximierten Schaltungen • Ungenaue arithmetische Komponenten und Performanceoptimierung durch Reduktion der Genauigkeit • Approximationstechniken in der Technologieebene • Übungen/Tutorial: Approximation von Algorithmen des Deep Learning und Digital Signal Processing						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, • die Approximationstechniken auf den unterschiedlichen Ebenen eines Rechnersystems zu benennen und zu erklären, • die wesentlichen technischen/wissenschaftlichen Problemstellungen bei der Approximation von Rechnersystemen zu identifizieren, • die Einsetzbarkeit der Approximationstechniken für verschiedene Anwendungsdomänen zu beurteilen und • die Approximationstechniken anzuwenden, um effiziente Hardwarebeschleuniger zu realisieren, insbesondere für Deep Learning und Digital Signal Processing			
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)			
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote
	a)	Klausur, mündliche Prüfung oder Referat	90-120 min, 30-45 min oder 30 min	100%
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:			
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT
	a)	Übungsaufgaben, schriftliche Ausarbeitung oder Fortschrittsberichte		SL
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung			
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.			
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).			
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Informatik v3			
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Marco Platzner			

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Approximate Computing:</i> Methodische Umsetzung • Vorlesung mit Beamer und Tafelanschrieb • Interaktive Übungen/Diskussionen im Hörsaal • Rechnerübungen Lernmaterialien, Literaturangaben • Vorlesungsfolie und Aufgabenblätter • Adrian Sampson, Luis Ceze, and Dan Grossman: Good-Enough Computing. IEEE Spectrum, 50(10):54-59, 2013 • Ravi Nair. Big Data Needs Approximate Computing: Technical Perspective. Communications of the ACM, 58(1): 104, 2015. • Sparsh Mittal. A Survey of Techniques for Approximate Computing. ACM Computing Surveys, 48(4), 2016. • Qiang Xu, Todd Mytkowitz, and Nam Sung Kim. Approximate Computing: A Survey. IEEE Design & Test, 33(1):8-22, 2016. • Weiqiang Liu and Fabrizio Lombardi (Editors), Approximate Computing. Springer, 2022. • Zusätzliche Ressourcen und Links auf aktuelle Publikationen werden in der Vorlesung zur Verfügung gestellt.
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Data-Driven Innovation							
Data-Driven Innovation							
Modulnummer: M.079.4076		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester: 1-3		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05722 Data-driven Innovation	V2 Ü3	75	105	WP	60
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Data-driven Innovation:</i> Die Digitalisierung verändert die Marktleistungen von morgen sowie die Art und Weise, wie diese entwickelt werden. Tradierte Methoden der Strategischen Planung und des System Engineering lassen Potentiale ungenutzt; während datengetriebene Lösungen diese Potentiale erfassen. Die Vorlesung schafft einen Überblick der Herausforderungen und zu Lösungsansätzen von Data-driven Innovation. Es werden theoretische Grundlagen und Konzepte eingeführt und exemplarische Anwendungen aus der Praxis vorgestellt. Dabei wird der Prozess von der Datenerfassung über Möglichkeiten zur Datenauswertung bis hin zur Entwicklung innovativer Marktleistungen betrachtet. Das erlangte Wissen wird in den Übungen vertieft und umgesetzt.						
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden erhalten ein umfassendes Verständnis für datengetriebene Lösungen im Bereich Data-Driven Innovation. Ferner erlernen die Studierenden die eigenständige Entwicklung datengetriebener Lösungen. Nichtkognitive Kompetenzen • Einsatz und Engagement • Empathie • Gesellschaftliche und ethische Urteilsfähigkeit • Gruppenarbeit • Kooperationskompetenz • Motivationale und volitionale Fähigkeiten • Selbststeuerungskompetenz						

3 Wahlpflichtmodule

6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)										
	<table> <tr> <th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr> <tr> <td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung</td><td>90-120 min bzw. 40 min</td><td>100%</td></tr> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%		
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%								
	Vom jeweiligen Lehrenden werden Art und Dauer der Prüfungsleistung spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben.										
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: keine										
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine										
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.										
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).										
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine										
12	Modulbeauftragte/r: Dr. Christian Koldewey, Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu										
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Data-driven Innovation:</i> Methodische Umsetzung Vorlesung und Übung Lernmaterialien, Literaturangaben Gausemeier, J.; Dumitrescu, R.; Echterfeld, J.; Pfänder, T.; Steffen, D.; Thielemann, F.: Innovationen für die Märkte von morgen – Strategische Planung von Produkten, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen. Carl Hanser Verlag, München, 2019										

3 Wahlpflichtmodule

Data Science for Software Engineering							
Data Science for Software Engineering							
Modulnummer: M.079.4101		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester: 1-3		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05817 Data Science for Software Engineering	V2 Ü3	75	105	P	30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Data Science for Software Engineering:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Gute Programmierkenntnisse in Java und/oder Python sind hilfreich, um die Aufgaben zu erledigen. Grundlegende Hintergrundinformationen zum maschinellen Lernen sind hilfreich, um einige der Data-Science-Konzepte zu verstehen.						

3 Wahlpflichtmodule

4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Data Science for Software Engineering:</i> Softwareentwickler befassen sich bei ihrer täglichen Arbeit mit Software-Repositories, etwa wenn sie Quellcode in Versionsverwaltungssystemen schreiben, Issues in Issue-Trackern posten, per E-Mail in Mailinglisten kommunizieren oder in Foren und Blogs diskutieren. Die großen Datenmengen in Software-Repositories, ihre kontinuierliche Weiterentwicklung, Komplexität und Heterogenität stellen eine Herausforderung für Softwareentwickler dar. In den vergangenen Jahren haben Forscher Ansätze vorgeschlagen, die Methoden aus der Data Science Wissenschaftsfeld verwenden, um Softwareentwickler zu unterstützen. In dieser Lehrveranstaltung wird die Anwendung von Data-Science-Methoden auf Software- Repositorien erläutert, um allgemeine Software-Engineering-Aufgaben zu lösen. Die Lehrveranstaltung umfasst folgende Themen: • Arten und Struktur von Software-Repositories. • Clustering von Quellcode. • Pipeline zur Verarbeitung natürlicher Sprache. • Themenmodellierung • Worteinbettung. • Information retrieval. • Überwachtes maschinelles Lernen. • Statistische Analyse. Konzepte werden in den Vorlesungen besprochen und mithilfe einer Reihe von Gruppenaufgaben angewendet, um Open-Source-Systeme zu analysieren und bestimmte Softwarearchitektur- und Wartungsaufgaben zu erfüllen.								
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden können • Arten und Struktur von Software-Repositories klären und diskutieren. • die Hauptkonzepte von Data Science Methoden und deren Anwendung auf Software-Repositories klären und diskutieren. • Data Science Methoden auf große Software-Repositories anwenden. • aus den Analyseergebnissen nützliche Implikationen ableiten. • analyseergebnisse in einem wissenschaftlichen Format zusammenfassen und berichten. • in Gruppen arbeiten. • einen fachlichen Vortrag halten. • wissenschaftlich schreiben.								
6	Prüfungsleistung: ☒Modulabschlussprüfung (MAP) ☐Modulprüfung (MP) ☐Modulteilprüfungen (MTP) <table><tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr><tr><td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung</td><td>90-120 min bzw. 30-45 min</td><td>100%</td></tr></table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 30-45 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 30-45 min	100%						

3 Wahlpflichtmodule

7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Übungsaufgaben und Kurzreferate	SL
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Informatik v3		
12	Modulbeauftragte/r: Dr. Mohamed Aboubakr Mohamed Soliman		
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Data Science for Software Engineering:</i> Methodische Umsetzung Der Schwerpunkt des Kurses liegt mehr auf der Anwendung von Data-Science-Methoden in der Softwareentwicklung als auf dem mathematischen Hintergrund von Data-Science-Methoden. Die Konzepte der Methoden werden durch eine Präsentation im Rahmen einer Vorlesung vermittelt und die Anwendung der Methoden durch Gruppenaufgaben und Präsentationen vertieft. Lernmaterialien, Literaturangaben Neben den Folien werden zu jedem Thema weitere Lernmaterialien aus prominenten Publikationen der Software-Engineering-Literatur bereitgestellt.		

3 Wahlpflichtmodule

Designing code analyses for large-scale software systems 1							
Designing code analyses for large-scale software systems 1							
Modulnummer: M.079.4070		Workload (h): 180	Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester		
		Studiensemester: 1	Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en		
1	Modulstruktur						
	Lehrveranstaltung		Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
a)	Designing code analyses for large-scale software systems 1		V3 Ü2	75	105	P	30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Designing code analyses for large-scale software systems 1: Empfohlene Vorkenntnisse Ein gutes Verständnis von Java und den Prinzipien objektorientierter Programmierung ist hilfreich.						

4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Designing code analyses for large-scale software systems 1:</i> Statische Codeanalysen dienen dazu, automatisiert Fehler und Schwachstellen im Programmcode aufzufinden. Zu diesem Zwecke suchen sie nach bekannten Fehlermustern. In dieser Vorlesung wird erklärt, wie man solche Codeanalysen entwirft, die inter-prozedural sind, also das komplette Programm betrachten, über die Grenzen einzelner Prozeduren hinweg. Der Entwurf solcher Analysen gestaltet sich deshalb sehr schwierig, weil die Analysen oft Millionen von Programmstatements gleichermaßen präzise aber auch effizient verarbeiten müssen. Es werden außerdem Beispielsanalysen aus dem Bereich der IT-Sicherheit besprochen. Diese Veranstaltung ist Teil einer Kombination DECA 1/2. In DECA 2 werden aktuelle Ansätze aus der Forschung besprochen. Es wird dringend empfohlen zuerst DECA 1 und dann DECA 2 zu belegen. Behandelte Themen: • Typsysteme und fluss-insensitive Analysen • Endliche Verbände und Fixpunkte • Intra-prozedurale fluss-sensitive Codeanalysen • Intervallanalyse, Widening und Narrowing • Erstellen von Call-graphen • Pointer-Analyse • Inter-prozedurale Codeanalysen • Context-sensitive Analyse mit dem Call-strings Approach • Context-sensitive Analyse mit dem Functional approach • Value-based Termination, VASCO • Distributive Analysen mit IFDS • Praktische Definitionen von Flussfunktionen • Distributive Analysen mit IDE Während der gesamten Veranstaltung werden Anwendungsbeispiele aus dem Gebiet der Softwaresicherheit diskutiert.
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Durch den Besuch erlernen Studierende... • wichtige Designentscheidungen beim Entwurf automatisierter Codeanalysen richtig zu treffen • welche Algorithmen für Codeanalysen in welchen Anwendungssituationen am besten geeignet sind • wie man Codeanalysen für reale Probleme aus der IT-Sicherheit entwirft • wie man gängige Begriffliche wie Kontext-, Fluss-, Feld-, und Objekt-Sensitivität korrekt interpretiert • welche Limitierungen statische Codeanalysen aufweisen • welche gängige Codeanalysen für Sicherheitsschwachstellen (OWASP Top 10 etc.) existieren, und wie sich diese mit den vorgestellten Algorithmen umsetzen lassen. Nichtkognitive Kompetenzen • Lernkompetenz • Lernmotivation

3 Wahlpflichtmodule

6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min
	Gewichtung für die Modulnote		
	100%		
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.		
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Schriftliche Übungsaufgaben	
	SL / QT		SL
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Eric Bodden		

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Designing code analyses for large-scale software systems 1:</i> Methodische Umsetzung Vorlesung und Gruppenübungen sowie praktische Programmierübungen mit weltweit genutzten Frameworks für die statische Codeanalyse Lernmaterialien, Literaturangaben • Thomas Reps, Susan Horwitz, and Mooly Sagiv. 1995. Precise interprocedural dataflow analysis via graph reachability. POPL '95 • Shmuel Sagiv, Thomas W. Reps, and Susan Horwitz. 1995. Precise Interprocedural Dataflow Analysis with Applications to Constant Propagation. TAPSOFT '95 • Akash Lal, Thomas Reps, and Gogul Balakrishnan. 2005. Extended weighted pushdown systems. CAV 2005 • Nomair A. Naeem, Ondrej Lhoták, and Jonathan Rodriguez. 2010. Practical extensions to the IFDS algorithm. CC 2010 • Yannis Smaragdakis, Martin Bravenboer, and Ondrej Lhoták. 2011. Pick your contexts well: understanding object-sensitivity. POPL 2011 • Eric Bodden. 2012. Inter-procedural data-flow analysis with IFDS/IDE and Soot. SOAP 2012 • Rohan Padhye, Uday P. Khedker. Interprocedural Data Flow Analysis in Soot using Value Contexts. SOAP 2013
----	--

3 Wahlpflichtmodule

Designing code analyses for large-scale software systems 2							
Designing code analyses for large-scale software systems 2							
Modulnummer: M.079.4071		Workload (h): 180	Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester		
		Studiensemester:	Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en		
1	Modulstruktur						
	Lehrveranstaltung		Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
a)	L.079.05821 Designing code analyses for large-scale software systems 2		V3 Ü2	75	105	P	30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Designing code analyses for large-scale software systems 2:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Der vorherige Besuch der Veranstaltung DECA 1 wird dringend empfohlen. Ein gutes Verständnis von Java und/oder C++ und den Prinzipien objektorientierter Programmierung ist hilfreich.						

4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Designing code analyses for large-scale software systems 2:</i> Statische Codeanalysen dienen dazu, automatisiert Fehler und Schwachstellen im Programmcode aufzufinden. Zu diesem Zwecke suchen sie nach bekannten Fehlermustern. In dieser Vorlesung wird erklärt, wie man solche Codeanalysen entwirft, die inter-prozedural sind, also das komplette Programm betrachten, über die Grenzen einzelner Prozeduren hinweg. Der Entwurf solcher Analysen gestaltet sich deshalb sehr schwierig, weil die Analysen oft Millionen von Programmstatements gleichermaßen präzise aber auch effizient verarbeiten müssen. Es werden außerdem Beispielsanalysen aus dem Bereich der IT-Sicherheit besprochen. Diese Lehrveranstaltung knüpft an an die Veranstaltung DECA 1. In DECA 2 werden vor allem neuartige Konzepte direkt aus der Forschung besprochen, beispielsweise sogenannte demand-driven analyses, welche sich durch eine präzisere und gleichzeitig effizientere Analyse auszeichnen, aber auch Pushdown-Systeme, die eine elegante Modellierung und ebenso schnelle Ausführung von Programmanalysen erlauben. Zu guter letzt erklären wir aktuelle Lösungsansätze zu praktischen Problemen in der statischen Analyse wie beispielsweise der Nutzung von Reflection und nativem Code. Behandelte Themen: • Programmanalyse von Software-Produktlinien • Modellierung von Call Stacks und Feldzugriffen mit Pushdown-Systemen • Modellierung von weiterer Analyseinformationen mit Weighted Pushdown Systems • Effizienz- und Präzisionsgewinne durch bedarfsgesteuerte Programmanalyse • Synchronisierte Pushdown-Systeme im Boomerang-Framework • Angewandte Android-Code-Analyse mit FlowDroid • Behandlung von Reflexion mittels TamiFlex • Hybride statische und dynamische Analyse mit Harvester • Lernen von Quell-, Senken- und Sanitizer-Definitionen mit SWAN und SWAN Assist • Erklärbare statische Analyse Während der gesamten Veranstaltung werden Anwendungsbeispiele aus dem Gebiet der Softwaresicherheit diskutiert.
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Durch den Besuch erlernen Studierende... • wichtige Designentscheidungen beim Entwurf automatisierter Codeanalysen richtig zu treffen • welche Algorithmen für Codeanalysen in welchen Anwendungssituationen am besten geeignet sind • wie man Codeanalysen für reale Probleme aus der IT-Sicherheit entwirft • wie man gängige Begriffliche wie Kontext-, Fluss-, Feld-, und Objekt-Sensitivität korrekt interpretiert • welche Limitierungen statische Codeanalysen aufweisen • welche gängige Codeanalysen für Sicherheitsschwachstellen (OWASP Top 10 etc.) existieren, und wie sich diese mit den vorgestellten Algorithmen umsetzen lassen. Nichtkognitive Kompetenzen • Lernkompetenz • Lernmotivation

3 Wahlpflichtmodule

6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min
	Gewichtung für die Modulnote		
	100%		
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.		
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Schriftliche Übungsaufgaben	
	SL / QT		SL
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Eric Bodden		

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Designing code analyses for large-scale software systems 2:</i> Methodische Umsetzung Vorlesung und Gruppenübungen sowie Programmierübungen mittels realer, weltweit genutzter Frameworks für die statische Analyse (bspw. Soot, Phasar, FlowDroid) Lernmaterialien, Literaturangaben • Context-, Flow-, and Field-sensitive Data-flow Analysis Using Synchronized Pushdown Systems (Johannes Späth, Karim Ali, Eric Bodden), In Proceedings of the ACM SIGPLAN Symposium on Principles of Programming Languages, pages 48:1–48:29, 3(POPL), 2019. • FlowDroid: Precise Context, Flow, Field, Object-sensitive and Lifecycle-aware Taint Analysis for Android Apps (Steven Arzt, Siegfried Rasthofer, Christian Fritz, Eric Bodden, Alexandre Bartel, Jacques Klein, Yves Le Traon, Damien Ochteau, Patrick McDaniel), In Proceedings of the 35th ACM SIGPLAN Conference on Programming Language Design and Implementation, pages 259–269, PLDI '14, ACM, 2014. • Codebase-Adaptive Detection of Security-Relevant Methods (Goran Piskachev, Lisa Nguyen Quang Do, Eric Bodden), In ACM SIGSOFT International Symposium on Software Testing and Analysis (ISSTA), 2019. • Taming Reflection: Aiding Static Analysis in the Presence of Reflection and Custom Class Loaders (Eric Bodden, Andreas Sewe, Jan Sinschek, Hela Oueslati, Mira Mezini), In ICSE '11: International Conference on Software Engineering, pages 241–250, ACM, 2011.
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Digitale Sprachsignalverarbeitung							
Digital Speech Signal Processing							
Modulnummer: M.048.24001		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester: 1.-3. Semester		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: de / en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.048.24001 Digitale Sprachsignalverarbeitung	2V 2Ü, SS	60	120	P	40/40
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: Keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: Keine Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Digitale Sprachsignalverarbeitung: Empfohlen: Vorkenntnisse aus dem Modul Höhere Mathematik.						

4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Digitale Sprachsignalverarbeitung:</i> Kurzbeschreibung Die Veranstaltung führt in die grundlegenden Techniken und Theorien zur digitalen Sprachsignalverarbeitung ein. Schwerpunkt des ersten Teils der Vorlesung liegt im Themengebiet „Hören und Sprechen“, welches sich mit psychologischen Effekten der Geräuschwahrnehmung und der Spracherzeugung beschäftigt. Anschließend werden zeitdiskrete Signale und Systeme, sowie deren rechnergestützte Verarbeitung besprochen. Die nichtparametrische Kurzeitanalyse von Sprachsignalen, die Sprachcodierung und die IP-Telefonie sind weitere Themen. Inhalt • Sprechen und Hören • Spracherzeugung: menschliche Sprechorgane, Lautklassen, Quelle-Filter-Modell, Vocoder • Grundlagen Schallwellen • Hören: menschliches Hörorgan, Psychoakustik und Physiologie des Hörens, Lautheit, Verdeckung, Frequenzgruppen • Zeitdiskrete Signale und Systeme • Grundlagen: Elementare Signale, LTI-Systeme • Transformationen: Fouriertransformation zeitdiskreter Signale, DFT, FFT • Realisierung zeitdiskreter Filterung im Frequenzbereich: Overlap-Add, Overlap-Save • Statistische Sprachsignalanalyse • Grundlagen Wahrscheinlichkeitsrechnung • Kurzeitanalyse von Sprachsignalen: Spektrogramm, Cepstrum • Schätzung von Sprachsignalen • Optimale Filterung • LPC-Analyse • Spektrale Filterung zur Rauschunterdrückung • Adaptive Filterung: LMS Adaptionsalgorithmus, Echokompensation • Sprachcodierung • Signalformcodierung, parametrische Codierung, hybride Codierv Verfahren • Codierung im Frequenzbereich • Amplitudenquantisierung: gleichförmige Quantisierung, Quantisierung mit Kompondierung (ulaw, alaw)
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Fachkompetenz: Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, • Digitale Signale, speziell Audiosignale, im Zeit- und Frequenzbereich zu analysieren, • Sprachsignale effizient zu repräsentieren und • Weit verbreitete Algorithmen zur Sprachsignalanalyse und Verarbeitung im Frequenz- oder Zeitbereich zu implementieren. Fachübergreifende Kompetenzen: Die Studierenden • können Effekte in echten Signalen durch theoretisches Wissen erklären, • können theoretische Ansätze durch systematische Betrachtung untersuchen und • sind durch die fundierte Betrachtung der Inhalte in der Lage, sich selbst weiterzubilden

3 Wahlpflichtmodule

6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)										
	<table> <tr> <th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr> <tr> <td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td><td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%		
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%								
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: keine										
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Keine										
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.										
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).										
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: BF Informationstechnik Lehramt BK affine Fächer Master v5, Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Elektrotechnik v4 (EMA v4), Masterstudiengang Elektrotechnik v5 (EMA v5), Masterstudiengang Informatik v3, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik, Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen Studienrichtung Elektrotechnik V4										
12	Modulbeauftragte/r: Dr.-Ing. Jörg Schmalenströer										
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Digitale Sprachsignalverarbeitung:</i> Lehrveranstaltungsseite https://ei.uni-paderborn.de/nt/lehre/veranstaltungen/digitale-sprachsignalverarbeitung Methodische Umsetzung • Vorlesungen mit Tafelinsatz und Präsentationen, • Abwechselnde theoretische und praktische Präsenzübungen mit Übungsblättern und Rechnern und • Demonstrationen von echten Systemen in der Vorlesung Lernmaterialien, Literaturangaben Bereitstellung eines Skripts; Hinweise auf Lehrbücher; Matlab Skripte										

3 Wahlpflichtmodule

Explainable Artificial Intelligence							
Explainable Artificial Intelligence							
Modulnummer: M.079.4091		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05807 Explainable Artificial Intelligence	V2 Ü1 P2	75	105	P	20
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Explainable Artificial Intelligence:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Grundkenntnisse in maschinellem Lernen und Programmierung						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Explainable Artificial Intelligence:</i> Die Vorhersagen von Modellen des maschinellen Lernens zu erklären wird für immer mehr Anwendungen wichtig. Bankkunden möchten zum Beispiel wissen, warum ihr Kredit abgelehnt wurde; Entwickler möchten ihre Modelle debuggen und verbessern; Manager möchten die Einhaltung von gesetzlichen Vorschriften sicherstellen. Dieser Kurs zielt darauf ab, die Vorhersagen von Modellen des maschinellen Lernens zu erklären, und stellt verschiedene Erklärungsmethoden vor. Erklärungsmethoden können danach unterschieden werden, ob sie spezifisch für ein bestimmtes Modell oder modellunabhängig sind und ob sie eine einzelne Vorhersage oder das gesamte Modell erklären. • Einführung (z.B. Wichtigkeit der Interpretierbarkeit, Evaluierung der Interpretierbarkeit, Datensätze für Fallstudien) • Interpretierbare Modelle (z. B. lineare Regression, logistische Regression, Entscheidungsbäume, Entscheidungsregeln) • Globale modell-agnostische Methoden (z. B., Partial Dependence Plots, Permutation Feature Importance, Global Surrogate Models) • Lokale modell-agnostische Methoden (z. B. LIME, SHAP, Anchors, kontrafaktische Erklärungen) • Modell-spezifische Methoden (z. B. für neuronale Netze)						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage • die Wichtigkeit der Interpretierbarkeit zu erkennen und zu diskutieren • wichtige Erklärungsmethoden (z.B. interpretierbare Modelle, modell-agnostische Methoden und modell-spezifische Methoden) zu erklären und anzuwenden • Charakteristika von Datensätzen, Machine-Learning-Aufgaben und Machine-Learning-Modellen in Anwendungsproblemen zu erkennen und zu argumentieren, welche Erklärungsmethode für ein bestimmtes Problem geeignet ist • einfache Erklärungsmethoden von Grund auf zu implementieren • vorhandene Erklärungsmethoden zu erweitern und zu modifizieren • Probleme und Lösungsvorschläge mit Experten auf dem Gebiet zu diskutieren • Forschungsliteratur aus dem XAI Bereich zu lesen und zu diskutieren											
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP) <table><tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr><tr><td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung</td><td>90-120 min oder 30-45 min</td><td>100%</td></tr></table> Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.				zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min oder 30-45 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote									
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min oder 30-45 min	100%									
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: <table><tr><th>zu</th><th>Form</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>SL / QT</th></tr><tr><td>a)</td><td>Übungsaufgaben, schriftliche Ausarbeitung oder Fortschrittsberichte</td><td></td><td>SL</td></tr></table> Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.				zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT	a)	Übungsaufgaben, schriftliche Ausarbeitung oder Fortschrittsberichte		SL
zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT									
a)	Übungsaufgaben, schriftliche Ausarbeitung oder Fortschrittsberichte		SL									
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung											
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.											
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet.											
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine											
12	Modulbeauftragte/r: Dr. Stefan Heindorf											

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Explainable Artificial Intelligence:</i> Methodische Umsetzung Folien und Tafelanschrieb. Wichtige Konzepte und Techniken werden durch Übungen im Vorlesungsraum und in den Tutorien geübt und in einem Miniprojekt angewendet. Lernmaterialien, Literaturangaben • Folien • Übungen • Buch: Christoph Molnar. Interpretable machine learning. 2020. • Zusätzliches Material und Literatur wird in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.
----	--

3 Wahlpflichtmodule

Foundational Methods for Knowledge Representation and Reasoning							
Foundational Methods for Knowledge Representation and Reasoning							
Modulnummer: M.079.4210		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester: 1-3		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05811 Parameterized Algorithms and Complexity	V3 Ü2	75	105	P	35
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Parameterized Algorithms and Complexity:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Grundlegende Kenntnisse zu Algorithmen und ihrer Analyse, Komplexitätstheorie (Komplexitätsklassen, Turing-Maschinen, NP-Vollständigkeit) sowie Prädikatenlogik						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Parameterized Algorithms and Complexity:</i> Dieser Kurs gibt eine Einführung in die Theorie der parametrisierten Komplexität. Er • gibt eine Einführung in die Grundlegenden Ideen der parametrisierten Komplexität, • behandelt verschiedene algorithmische Techniken, die dabei helfen, effiziente Algorithmen (in Hinblick auf ihre parametrisierte Komplexität) zu konstruieren, beispielsweise Kernelisierung und beschränkte Suchbäume, • behandelt zentrale Konzepte und Methoden der Theorie der Schwere von Problemen in der parametrisierten Komplexität, insbesondere fpt-Reduktionen sowie die W-Hierarchie und A-Hierarchie, • gibt eine kurze Einführung in die fein-granulare Komplexität.						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden können • in der Vorlesung behandelte Begriffe kompetent verwenden und erläutern • in der Vorlesung behandelte Beweise und Beweistechniken wiedergeben und erläutern, inklusive algorithmischer Techniken • insbesondere können sie die Beweise für Korrektheit und Laufzeit der behandelten Algorithmen wiedergeben und erläutern • konstruktive Beweise und Verfahren aus der Vorlesung auf konkrete Instanzen anwenden • die Beweistechniken und algorithmischen Techniken aus der Vorlesung auf neue, ähnliche Probleme anwenden			
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)			
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote
	a)	Klausur, mündliche Prüfung oder Referat	90-120 min, 30-45 min oder 30 min	100%
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:			
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT
	a)	Übungsaufgaben, schriftliche Ausarbeitung oder Referat		SL
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung			
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.			
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).			
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Informatik v4			
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr.-Ing. Anni-Yasmin Turhan			

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Parameterized Algorithms and Complexity:</i> Methodische Umsetzung Die Inhalte werden via Beamer oder am Whiteboard präsentiert. In den Übungen gibt es die Möglichkeit, das Verständnis der Inhalte zu vertiefen und die Zielkompetenzen des Kurses zu üben. Die Vorlesung folgt größtenteils ausgewählten Kapiteln der folgenden Literatur: • <i>Parameterized Algorithms</i> by M. Cygan, F. V. Fomin, L. Kowalik, D. Lokshtanov, D. Marx, M. Pilipczuk, M. Pilipczuk, S. Saurabh (Springer 2015). • <i>Parameterized Complexity Theory</i> by J. Flum, M. Grohe (Springer 2006). • Weitere Literatur wird ggf. in der Veranstaltung bekanntgegeben.
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Foundations of Cryptography							
Foundations of Cryptography							
Modulnummer: M.079.4020		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05801 Foundations of Cryptography	V3 Ü2	75	105	P	25
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Foundations of Cryptography:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Basiskonntnisse in IT-Sicherheit und Kryptographie nützlich aber nicht notwendig, Grundkonzepte der Komplexitätstheorie und Wahrscheinlichkeitstheorie						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Foundations of Cryptography:</i> Wichtige Basiskonzepte moderner Kryptographie werden vorgestellt. Hierzu gehören Verschlüsselungsverfahren, digitale Signaturen, Identifikationsprotokolle und Mehrparteienberechnungen werden vorgestellt. In allen Fällen werden formale Sicherheitsdefinitionen vorgestellt und, ausgehend von mathematisch präzisen Annahmen, beweisbar sichere Konstruktionen entwickelt. • Symmetrische und asymmetrische Verschlüsselung • Pseudozufallsfunktionen, Einweg-Funktionen, Permutationen mit Falltüren • Hashfunctions und Authentifizierungscodes • Digitale Unterschriften, Einmal-Unterschriften und Zufallsorakel • Identifikationsprotokolle, Σ-Protokolle • Sichere Mehrparteienberechnungen						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Studierende verstehen wesentliche Konzepte und Methoden moderner Kryptographie. Sie können für Sicherheitsprobleme geeignete kryptographische Techniken auswählen. Sie können Basistechniken der Kryptographie kombinieren und modifizieren, neue Sicherheitskonzepte definieren und die Sicherheit der Konstruktionen bezüglich dieser Definitionen beweisen. Nichtkognitive Kompetenzen • Einsatz und Engagement • Gruppenarbeit • Lernmotivation • Schreib- und Lesekompetenz (wissenschaftlich) • Selbststeuerungskompetenz		
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min
			Gewichtung für die Modulnote
			100%
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.		
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Schriftliche Übungsaufgaben	
			SL / QT
			SL
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Johannes Blömer		

3 Wahlpflichtmodule

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Foundations of Cryptography:</i> Methodische Umsetzung Vorlesung mit Übungen, Lesegruppen Lernmaterialien, Literaturangaben • Oded Goldreich, Foundations of Cryptography I,II, • Jonathan Katz, Yehuda Lindell, Introduction to Modern Cryptography • Folien der Vorlesung
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Foundations of Knowledge Graphs							
Foundations of Knowledge Graphs							
Modulnummer: M.079.4054		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05809 Foundations of Knowledge Graphs	V2 Ü3	75	105	P	24
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Foundations of Knowledge Graphs:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Graphentheorie, Logik						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Foundations of Knowledge Graphs:</i> Wissensgraphen werden in immer mehr Anwendungen eingesetzt. Große Organisationen wie Google, Yahoo! und die BBC nutzen diese Technologien, um den Zugriff auf die von ihnen verwalteten großen Datenmengen zu organisieren und zu verwalten. Diese Vorlesung soll Ansätze zum Aufbau, zur Speicherung, zur Abfrage und zur Nutzung von Wissensgraphen, insbesondere in intelligenten Anwendungen, vorstellen. Wir beginnen mit der Untersuchung von Techniken zur Wissensrepräsentation für Wissensgraphen. Anschließend werden Technologien zur Abfrage und Speicherung von Wissen (z. B. Graphdatenbanken) vorgestellt. Es folgen Techniken des maschinellen Lernens zum Einbetten von Wissensgraphen und deren Anpassung an Anwendungen, die auf klassischem maschinellem Lernen basieren. Abschließend werden wir spezielle Ansätze für das Lernen auf Wissensgraphen untersuchen. Die wichtigsten Themen des Moduls sind daher wie folgt: • Semantische Netzwerke • RDF(S)-Graphen • Property-Graphen • Beschreibungslogik und OWL • Einbettungen von Wissensgraphen • Erklärbares maschinelles Lernen auf Wissensgraphen						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden sind nach Absolvieren des Moduls in der Lage • Wissensgraphen einschließlich ihrer Semantik zu modellieren • Wissensgraphen abzufragen • Einbettungen für Wissensgraphen zu berechnen • Wissensgraphen in intelligenten Anwendungen zu verwenden		
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min
	Gewichtung für die Modulnote 100%		
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.		
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Schriftliche Übungsaufgaben	SL / QT
	SL / QT SL		
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Axel-Cyrille Ngonga Ngomo		

3 Wahlpflichtmodule

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Foundations of Knowledge Graphs:</i> Methodische Umsetzung Wöchentliche Vorlesungen (2 SWS) mit neuen Inhalten zu dedizierten Themen. Prämissen und Umsetzungen dieser Prämissen werden vorgestellt. 1 SWS Seminar mit Übungsaufgaben zu den formalen und praktischen Konzepten aus der Vorlesung. 2 SWS Mini-Projekt zu einer komplexeren Aufgabe aus dem Themengebiet. Lernmaterialien, Literaturangaben Folien, Übungsaufgaben
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Geometric Deep Learning							
Geometric Deep Learning							
Modulnummer: M.079.4209		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester: 1-3		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05711 Geometric Deep Learning	V2 Ü3	75	105	P	50/25
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Geometric Deep Learning:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Grundkenntnisse im Bereich Machine Learning können hilfreich sein. Erfahrung mit Python und PyTorch kann hilfreich sein.						

4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Geometric Deep Learning:</i> Die Veranstaltung vermittelt Prinzipien und Techniken, die im Bereich des maschinellen Lernens, insbesondere mittels neuronaler Netze, von Bedeutung sind, wenn es um Eingabedaten, Ausgabedaten, oder Aufgabenstellungen geht, die dezidiert geometrischer Natur sind. Die besonderen Herausforderungen des Lernens auf riemannschen statt euklidischen Domänen werden erörtert. Der Aspekt der Invarianzen und Equivarianzen von Aufgabenstellungen wird betrachtet, gefolgt von Prinzipien diese bei der Konzeption oder beim Training neuronaler Netze explizit zu berücksichtigen. Ausgehend davon werden allgemeine Techniken und spezifische neuronale Architekturkomponenten erörtert, welche in Abhängigkeit der Datenrepräsentation geeignet sind, diese Prinzipien anzuwenden. Folgende Datenrepräsentationsformen werden betrachtet: • Point Clouds • Multi-View Images • Voxel Sets • Unfoldings • Graphs • Meshes • Distance Fields • Radiance Fields Folgende grundlegende Prinzipien, Aspekte und Techniken werden betrachtet: • Invarianzen und Equivarianzen • Scale Separation • Convolution • Pooling • Positional Encoding
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden können • grundlegende Komponenten neuronaler Architekturen für geometrische Daten reproduzieren und implementieren. • kontextabhängig neuronale Architekturen für wichtige Arten von Aufgabenstellungen unter Einbezug aufgabenspezifischen geometrischen Vorwissens auf Basis grundlegender Komponenten konzipieren. • grundlegende Repräsentationsformen geometrischer, insbesondere dreidimensionaler Daten erklären und hinsichtlich ihrer Eignung zur Eingabe- oder Ausgabekodierung im Rahmen des maschinellen Lernens vergleichen. • demonstrieren, dass das Ausnutzen geometrischer Strukturen und geometrischen Vorwissens im Kontext des maschinellen Lernens von hoher Bedeutung sein kann. • neuronale Architekturen auf ihre inhärenten Invarianzen und Equivarianzen hin untersuchen.

3 Wahlpflichtmodule

6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	a)	Klausur, mündliche Prüfung oder Referat	90-120 min, 30-45 min oder 30 min
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: keine		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Informatik v3		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Marcel Campen		
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Geometric Deep Learning:</i> Methodische Umsetzung Inhalte werden im Rahmen der Vorlesung unter Nutzung von Präsentationsfolien und Tafelanschrieb vermittelt. In Präsenzübungen sowie in Heimarbeit werden die Inhalte vertieft und durch praktische Übungen ergänzt. Lernmaterialien, Literaturangaben • Vorlesungsfolien, Übungsblätter • Weitere Literatur wird in der Veranstaltung bekanntgegeben.		

3 Wahlpflichtmodule

Geometry Processing							
Geometry Processing							
Modulnummer: M.079.4205		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester: 1-3		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05803 Geometry Processing	V3 Ü2	75	105	P	60/30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Geometry Processing:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Grundkenntnisse in Programmierung, Linearer Algebra und Analysis. Erfahrung mit C++ kann hilfreich sein.						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Geometry Processing:</i> Die Veranstaltung vermittelt Konzepte, Techniken und Algorithmen der 3D-Geometriedatenverarbeitung. Ausgehend von der Betrachtung glatter Oberflächen mittels mathematischer Methoden erfolgt der Übergang zur Betrachtung diskreter Oberflächen mittels informatischer Methoden. Das Spektrum der verschiedenen digitalen Repräsentationsmöglichkeiten wird betrachtet, der Fokus auf die Repräsentation diskreter Oberflächen mittels Polygon- und Dreiecksnetzen gelegt. Die Verknüpfung von Einzelalgorithmen zu Pipelines wird anhand von Anwendungsfällen aus Bereichen wie Reverse Engineering und Digital Fabrication erörtert. Die Veranstaltung umfasst folgende Inhalte: • Netzerzeugung • Netzoptimierung • Netzvereinfachung • Netzglättung • Geometrische und topologische Formanalyse • Deformation und interaktive Modellierung • Oberflächenparametrisierung • Exaktes geometrisches Rechnen						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden • parametrisch beschriebene Oberflächen auf ihre Krümmungsaspekte hin untersuchen • diskrete Oberflächen auf ihre Krümmungsaspekte hin untersuchen • grundlegende Algorithmen zur Netzerzeugung, -optimierung, -vereinfachung, -glättung und -parametrisierung reproduzieren und implementieren. • grundlegende Algorithmen zur Netzerzeugung, -optimierung, -vereinfachung, -glättung und -parametrisierung erklären und hinsichtlich ihrer jeweiligen Stärken und Schwächen vergleichen. • demonstrieren, dass solche Algorithmen in der Praxis meist in Form von Geometrieverarbeitungspipelines zum Einsatz kommen, und diese analysieren. • kontextabhängig Geometrieverarbeitungspipelines auf Basis grundlegender Algorithmen konzipieren. • geometrische Operationen und Algorithmen auf ihre numerischen Risiken hin untersuchen			
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)			
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote
	a)	Klausur, mündliche Prüfung oder Referat	90-120 min, 30-45 min oder 30 min	100%
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:			
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT
	a)	Übungsaufgaben		SL
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung			
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.			
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).			
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Informatik v3			
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Marcel Campen			

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Geometry Processing:</i> Methodische Umsetzung Inhalte werden im Rahmen der Vorlesung unter Nutzung von Präsentationsfolien und Tafelanschrieb vermittelt. In Präsenzübungen sowie in Heimarbeit werden die Inhalte vertieft und durch praktische Übungen ergänzt. Lernmaterialien, Literaturangaben • Vorlesungsfolien, Übungsblätter. • Weitere Literatur wird in der Veranstaltung bekanntgegeben.
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Hardware Security							
Hardware Security							
Modulnummer: M.079.4211		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester: 1-3		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
	Lehrveranstaltung		Lehr- form	Kontakt- zeit (h)	Selbst- studium (h)	Status (P/WP)	Gruppen- größe (TN)
a)	K.079.42111 Hardware Security		V3 Ü2	75	105	P	30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Hardware Security:</i> Basissenntnisse in Programmierung, IT-Sicherheit und Kryptographie						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Hardware Security:</i> Die gesamte Software, die wir nutzen und auf die wir uns verlassen, wird letztendlich auf tatsächlicher Hardware ausgeführt. Die Interaktionen zwischen der Software und der Hardware, auf der sie ausgeführt wird, werden immer komplexer. Daher kann sich sichere Software als unsicher erweisen, wenn sie auf bestimmter Hardware ausgeführt wird. Angreifer können Implementierungsfehler, Logikfehler oder Seitenkanäle wie Timing oder Cache-Zugriffe ausnutzen, um Anwendungen zu knacken oder Geheimnisse aus kryptographischen Implementierungen zu extrahieren. Diese Vorlesung behandelt verschiedene Themen zur Sicherung und Nutzung sicherer Hardware. Der Kurs umfasst die folgenden Inhalte: • Kurzer Hintergrund in Kryptographie • Sichere Programmierung und Implementierungsfehler • Eingebettete und sichere Hardware • Smartcards, U2F-Token • Timing- und mikroarchitektonische Angriffe • Passive und aktive Seitenkanalangriffe • Abwehrmaßnahmen gegen Seitenkanalangriffe • Trusted Platform Modules, Secure Boot • Trusted Execution Environments • Hardware Security Module						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden können: • Häufige Software- und Hardware-Schwachstellen identifizieren, die sichere Systeme gefährden, einschließlich Speicherfehlern und API-Missbrauch. • Die Grundideen hinter Seitenkanal- und Timing-Angriffen erklären. • Allgemeine Ansätze zum Schutz von Implementierungen vor diesen Angriffen identifizieren. • Die Architektur, Bedrohungsmodelle und Sicherheitseigenschaften von vertrauenswürdigen Hardwarekomponenten wie TPMs, TEEs und Smartcards beschreiben.			
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)			
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote
	a)	Klausur, mündliche Prüfung oder Referat	90-120 min, 30-45 min oder 30 min	100%
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:			
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT
	a)	Übungsaufgaben, schriftliche Ausarbeitung oder Fortschrittsberichte		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung			
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.			
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).			
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Informatik v4			
12	Modulbeauftragte/r: Jan Jancar			

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Hardware Security:</i> Methodische Umsetzung Die Themen werden durch Vorlesungspräsentationen vermittelt, wobei die Beteiligung der Studierenden und Fragen erwartet werden. Tutorien ergänzen dies um praktische Aufgaben zum Material. Schließlich erfordern Hausaufgaben Einzelarbeit und das Selbststudium von zusätzlichem Material. Lernmaterialien, Literaturangaben • Vorlesungs- und Tutoriumsfolien • The Hardware Hacking Handbook (ISBN: 9781593278748) und die dazugehörigen Notebooks auf hardwarehacking.io • Power Analysis Attacks: Revealing the Secrets of Smart Cards (ISBN 9780387308579) • Embedded Cryptography 1 (ISBN: 9781394351879) • Embedded Cryptography 2 (ISBN: 9781394351909) • Embedded Cryptography 3 (ISBN: 9781394351930)
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Human Factors in Security and Privacy							
Human Factors in Security and Privacy							
Modulnummer: M.079.4092		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05733 Human Factors in Security and Privacy	V2 Ü3	75	105	WP	60/20
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Human Factors in Security and Privacy:</i> Menschen sind wichtige Akteure im Bereich Sicherheit. Ein nachweislich sicheres System ist nur dann nützlich, wenn es auch tatsächlich von den Benutzern verwendet werden kann, und Systementwickler müssen menschliches Verhalten berücksichtigen, wenn sie sowohl Sicherheit als auch Benutzerfreundlichkeit gewährleisten wollen. In diesem Kurs untersuchen wir Faktoren der Benutzerfreundlichkeit von Sicherheit und Datenschutz anhand einer forschungsbasierten, projektorientierten Untersuchung. Wir behandeln Kernbereiche der Sicherheit und Privatsphäre sowie Methoden der Mensch-Computer-Interaktion (HCI), mit denen die Benutzerfreundlichkeit von Sicherheit und Privatsphäre gemessen werden kann. Von den Studierenden wird erwartet, dass sie Aufgaben zu diesem Thema bearbeiten und ein forschungsbasiertes Projekt abschließen. Die Veranstaltung umfasst folgende Inhalte: • Wie schreibt man eine wissenschaftliche Forschungsarbeit? • Wie führt man eine unabhängige wissenschaftliche Studie im Bereich Human Factors in Sicherheit und Datenschutz durch? • Methodik: qualitative, quantitative und „gemischte“ Methoden. • Einführung in die Forschung und wissenschaftliche Ethik • Einführung in die Literaturrecherche • Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse auf einer Konferenz						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden sind in der Lage • Forschungsmethoden im Bereich der menschlichen Faktoren in Bezug auf nutzbare Sicherheit und Privatsphäre zu verstehen und anzuwenden. • relevante Hypothesen und Forschungsfragen im Bereich der nutzbaren Sicherheit und Privatsphäre zu entwickeln. • eine Forschungsstudie zu entwerfen, durchzuführen und die Ergebnisse zu analysieren. • Ergebnisse unter Verwendung der besten Praktiken des wissenschaftlichen Schreibens zu beschreiben, zu untermauern und effektiv zu argumentieren. • ethische Fragen im Zusammenhang mit der Forschung zu menschlichen Faktoren im Bereich Sicherheit und Datenschutz zu verstehen. • die wichtigsten Themen und Schwerpunkte der nutzbaren Sicherheit und des Datenschutzes zu verstehen. • Forschungsergebnisse in der Veranstaltung zu präsentieren.										
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung</td><td>90-120 min bzw. 30-45 min</td><td>100%</td></tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 30-45 min	100%	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.	
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 30-45 min	100%								
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: <table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th><th>Form</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>SL / QT</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td><td>Übungsaufgaben, Projektarbeit</td><td></td><td>SL</td></tr> </tbody> </table>			zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT	a)	Übungsaufgaben, Projektarbeit		SL
zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT								
a)	Übungsaufgaben, Projektarbeit		SL								
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.										
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung										
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.										
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet.										
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine										
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Yasemin Acar										

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Human Factors in Security and Privacy:</i> Methodische Umsetzung Die Inhalte werden in der Vorlesung vorgestellt und erläutert. Im begleitenden Tutorium werden die Vorlesungsthemen sowohl im Plenum als auch in Kleingruppen vertieft und diskutiert. Darüber hinaus präsentieren und diskutieren die Studierenden ihre Fortschritte bei den Projekten. Lernmaterialien, Literaturangaben • Aktuelle zugriffsfreie Forschungspapiere werden in der Veranstaltung bereitgestellt. • Redmiles, Elissa M., Yasemin Acar, Sascha Fahl, and Michelle L. Mazurek. A summary of survey methodology best practices for security and privacy researchers. 2017. https://drum.lib.umd.edu/bitstream/handle/1903/19227/CS-TR-5055.pdf • Weitere Literatur wird in der Veranstaltung bekanntgegeben.
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Introduction to Description Logics							
Introduction to Description Logics							
Modulnummer: M.079.4098		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester: 1-3		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05832 Introduction to Description Logics	V3 Ü2	75	105	P	50/25
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Introduction to Description Logics:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Kenntnisse aus den Modulen <i>Modellierung, Berechenbarkeit und Komplexität</i> und <i>Komplexitätstheorie</i> sind hilfreich – insbesondere zu Prädikatenlogik und den grundlegenden Komplexitätsklassen.						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Introduction to Description Logics:</i> In dieser Vorlesung mit Übung werden Beschreibungslogiken (BL) eingeführt. Im Detail werden die folgenden Inhalte behandelt: • Einführung der Beschreibungslogik <i>ALC</i> und Konzept- und Rollenoperatoren zur Erweiterung von <i>ALC</i>. • Es werden BL Wissensbasen besprochen und grundlegende Schlussfolgerungsprobleme für BLs eingeführt. • Beziehung von <i>ALC</i> zu Prädikatenlogik und Modallogik wird besprochen • Modelltheorie von <i>ALC</i> • Einführung Tableau-Algorithmus für Erfüllbarkeitstests in <i>ALC</i> • Komplexitätsanalyse von Schlussfolgern in <i>ALC</i> • Einführung von Schlussfolgerungsverfahren für Varianten der BL <i>EL</i> • Verfahren zur Anfragebeantwortung in BL						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden können nach der Lehrveranstaltung: • Begriffe aus dem Gebiet der Beschreibungslogik fachlich sicher verwenden und erklären • Kennen Syntax und Semantik zentraler Elemente von Beschreibungslogik Wissensbasen sowie grundlegende Schlussfolgerungsprobleme für Beschreibungslogiken • Algorithmen zur Entscheidung von Schlussfolgerungsproblemen anwenden und im Hinblick auf die Berechnungskomplexität für verschiedene Beschreibungslogiken differenzieren • Beweismethoden für Beschreibungslogiken eigenständig nachvollziehen und auf kleine Instanzen anwenden.			
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)			
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min oder 30-45 min	100%
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:			
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT
	a)	Übungsaufgaben		SL
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung			
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.			
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).			
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Informatik v3			
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr.-Ing. Anni-Yasmin Turhan			

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Introduction to Description Logics:</i> Methodische Umsetzung Diese Vorlesung orientiert sich stark an dem Lehrbuch "An Introduction to Description Logic". Die Vorlesung wird hauptsächlich als Folienvortrag gehalten. Beweise werden als Tafelanschrieb präsentiert oder als "flipped class room" behandelt. Die begleitenden Übungen vertiefen und ergänzen den in der Vorlesung präsentierten Stoff. Lehrmaterial und Literatur • "An Introduction to Description Logic" von Franz Baader, Ian Horrocks, Carsten Lutz, Uli Sattler (Dies ist als E-Book aus dem Netz der Universität Paderborn frei verfügbar.) • Weitere Literatur wird in der Veranstaltung bekanntgegeben.
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Introduction to Quantum Computation							
Introduction to Quantum Computation							
Modulnummer: M.079.4059		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05807 Introduction to Quantum Computation	V3 Ü2	75	105	P	40
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Introduction to Quantum Computation:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Lineare Algebra, Algorithmen						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Introduction to Quantum Computation:</i> In dieser Vorlesung werden die Grundlagen von Quanteninformatik und Quanteninformation vorgestellt. Das umfasst eine Einführung in Quantenmechanik, Quantenverschränkung, Quantenalgorithmen, Quantenfehlerkorrektur und Quanteninformation. • Quantenmechanik • Quantenverschränkung • Quantenalgorithmen • Quantenfehlerkorrektur • Quanteninformation						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Studierende können: • die Postulate von Quantenmechanik beschreiben und benutzen, • die Benutzung von Quantenverschränkung als eine Quelle verstehen, • grundlegenden Quantenalgorithmien entwickeln und analysieren • Quantenfehlerkorrektur benutzen, • grundlegender Quanteninformationskonzepten, wie Entropie, verstehen und benutzen, Nichtkognitive Kompetenzen • Lernkompetenz • Selbststeuerungskompetenz										
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung</td><td>120-180 min bzw. 40 min</td><td>100%</td></tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min bzw. 40 min	100%	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.	
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min bzw. 40 min	100%								
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th><th>Form</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>SL / QT</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td><td>Schriftliche Übungsaufgaben</td><td></td><td>SL</td></tr> </tbody> </table>	zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT	a)	Schriftliche Übungsaufgaben		SL	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.	
zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT								
a)	Schriftliche Übungsaufgaben		SL								
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung										
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.										
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).										
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine										
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Sevag Gharibian										

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Introduction to Quantum Computation:</i> Methodische Umsetzung Eine Mischung aus Folien und Tafelanschrieb. Alle wichtigen Konzepte und Techniken werden in Übungen anhand von Beispielen weiter vertieft. Lernmaterialien, Literaturangaben • Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press • Vorlesungsfolien, Übungsaufgaben
----	--

3 Wahlpflichtmodule

Logic Programming for Artificial Intelligence (MA v3)							
Logic Programming for Artificial Intelligence							
Modulnummer: M.079.4031		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommer- / Wintersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05808 Logic Programming for Artificial Intelligence	V3 Ü2	75	105	WP	40/20
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Logic Programming for Artificial Intelligence:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Studenten sollten Vorkenntnisse in der Programmierung haben, wie sie in den Lehrveranstaltungen “Programmierung” und “Programmiersprachen” angeboten werden, sowie Kenntnisse in Datenbank-Anfragesprachen wie sie in der Lehrveranstaltung “Datenbanksysteme” angeboten werden.						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Logic Programming for Artificial Intelligence:</i> Diese Lehrveranstaltung betrachtet verschiedene Konzepte und Techniken der Informatik, der Künstlichen Intelligenz und der Computerlinguistik aus einer anderen Perspektive, aus der Perspektive der Logikprogrammierung. Logikprogrammierung im Allgemeinen und die Programmiersprache Prolog im Besonderen erlauben es, viele Konzepte deklarativ in Logik zu beschreiben und gleichzeitig durch einen Interpreter zu testen und auszuführen. Dies eignet sich besonders für die Lösung von Puzzle- und Quiz-Aufgaben, aber auch für selbst definierte und Domänen-spezifische Sprachen. • Einführung in Logikprogrammierung am Beispiel der Programmiersprache Prolog • Constraint-Lösungssysteme, Puzzles, und Theorem-Beweiser • Interpreter für Termersetzungssysteme • Parsen von Programmen, XML-Daten und natürlicher Sprache • Semantik-Konstruktion, Frage-Antwort-Systeme und Text-Übersetzung • Meta-Interpreter, Domänen-spezifische Sprachen und Programmieren in “natürlicher Sprache” • Feature-Term-Unifikation und Anwendungen in Computerlinguistik und E-Commerce						

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Studenten lernen Faktenwissen über • die Transformation von Wissen, das als Fakten und Regeln gegeben ist, in ausführbare Programme • die Programmierung in Logik und in selbst entworfenen Sprachen Methodisches Wissen, unter anderem die Fähigkeit: • Domänen-spezifische Sprachen zu definieren • Interpreter für Domänen-spezifische Sprachen zu implementieren • kleine Frage-Antwort-Systeme zu implementieren • Software zu entwickeln für Theorembeweiser, Constraint-Solver und zur Lösung von Puzzles Transfer-Wissen, u.a. die Fähigkeit: • die Methoden auf neue Probleme, Kalküle und Wissensrepräsentationsformate zu übertragen • das Wissen über Parsing und Semantik-Konstruktion auf Domänen-spezifische Sprachen zu übertragen Normatives Wissen, unter anderem die Fähigkeit folgendes zu bewerten: • die Eignung und die Grenzen verschiedener Daten- und Wissensrepräsentationsformate für verschiedene Aufgaben • die Eignung verschiedener Programmier-Paradigmen für verschiedene Projekte • den Aufwand und die Machbarkeit von Projekten mit dem Ziel natürliche Sprache zu verstehen • den Aufwand und die Machbarkeit von Projekten mit dem Ziel natürliche Sprache zu übersetzen Nichtkognitive Kompetenzen • Lernkompetenz • Lernmotivation								
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP) <table><tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr><tr><td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung</td><td>90-120 min bzw. 40 min</td><td>100%</td></tr></table> Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%						

3 Wahlpflichtmodule

7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Schriftliche Übungsaufgaben	SL
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Stefan Böttcher		
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Logic Programming for Artificial Intelligence:</i> Methodische Umsetzung Theoretische Konzepte werden in der Vorlesung erläutert und in den Tutorien in kleinen Gruppen vertieft. Tutorien werden als praktische Übungen am Computer durchgeführt. Lernmaterialien, Literaturangaben - Ivan Bratko: Prolog Programming for Artificial Intelligence. Pearson Education, Newest Edition. - Hinweise auf weiteres Material werden in der Lehrveranstaltung bekannt gegeben.		

3 Wahlpflichtmodule

Machine Learning 1							
Machine Learning 1							
Modulnummer: M.079.4032		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester: 1-3		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
	Lehrveranstaltung		Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
a)	L.079.05701 Machine Learning 1		V3 Ü2	75	105	P	75/25
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Machine Learning 1:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Grundlagen in Mathematik (lineare Algebra, Statistik), Programmierung und Algorithmen.						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Machine Learning 1:</i> Aufgrund der stetig wachsenden Menge an Daten, die in unserer Informationsgesellschaft systematisch produziert wird, hat das Maschinelle Lernen in den letzten Jahren mehr und mehr an Bedeutung gewonnen, nicht nur als wissenschaftliche Disziplin sondern auch als Schlüsseltechnologie für moderne Software und intelligente Systeme. Diese Vorlesung gibt eine Einführung in das Maschinelle Lernen, wobei der Fokus auf dem überwachten Lernen für Klassifikation und Regression liegt. Theoretische Grundlagen der Generalisierung werden ebenso behandelt wie praktische Aspekte und konkrete Lernalgorithmen. • Introduction • Foundations (The learning problem, Generalization Theory, Bias-Variance tradeoff) • Techniques (e.g., The linear model, non-linear techniques, SVM, tree-based methods, ensembles, deep learning) • Validation and practical implementations (metrics, training vs testing, cross-validation, AutoML)						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden • verstehen die statistischen Grundlagen der Generalisierung, d.h. der Induktion von Modellen aus Daten, sowie den gesamten Prozess des maschinellen Lernens. • können grundlegende Methoden und Algorithmen des überwachten Lernens für Klassifizierung und Regression implementieren und in der Praxis anwenden. Gegebenenfalls können sie auch notwendige Anpassungen vornehmen. • verstehen praktische Tools für die Modellvalidierung und für das automatisierte maschinelle Lernen und können diese anwenden. • bewerten die Vor- und Nachteile des Einsatzes verschiedener Techniken des maschinelles Lernen in verschiedenen Situationen.											
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP) <table><tr><td>zu</td><td>Prüfungsform</td><td>Dauer bzw. Umfang</td><td>Gewichtung für die Modulnote</td></tr><tr><td>a)</td><td>Klausur, mündliche Prüfung oder Referat</td><td>90-120 min, 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr></table>				zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur, mündliche Prüfung oder Referat	90-120 min, 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote									
a)	Klausur, mündliche Prüfung oder Referat	90-120 min, 30-45 min oder 30 min	100%									
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: <table><tr><td>zu</td><td>Form</td><td>Dauer bzw. Umfang</td><td>SL / QT</td></tr><tr><td>a)</td><td>Übungsaufgaben, schriftliche Ausarbeitung oder Fortschrittsberichte</td><td></td><td>SL</td></tr></table>				zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT	a)	Übungsaufgaben, schriftliche Ausarbeitung oder Fortschrittsberichte		SL
zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT									
a)	Übungsaufgaben, schriftliche Ausarbeitung oder Fortschrittsberichte		SL									
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung											
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.											
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).											
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Informatik v3											
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Heike Trautmann											

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Machine Learning 1:</i> Methodische Umsetzung Theoretische Grundlagen und Konzepte des Maschinellen Lernens werden im Rahmen einer Vorlesung eingeführt und anschließend in praktischen Übungen in Kleingruppen sowie in Heimübungen vertieft ergänzt. Lernmaterialien, Literaturangaben • Skript • Y.S. Abu-Mostafa, M. Magdon-Ismael, H.T. Lin. Learning from Data, AMLBook, 2012. • P. Flach. Machine Learning, Cambridge Univ. Press, 2012. • E. Alpaydin. Machine Learning, Oldenbourg, 2008. • C.M. Bishop. Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006.
----	--

3 Wahlpflichtmodule

Model-Based Systems Engineering							
Model-Based Systems Engineering							
Modulnummer: M.079.4062		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: de	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05815 Model-Based Systems Engineering	V3 Ü2	75	105	P	70/35
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Model-Based Systems Engineering:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Grundlagen des Systems Engineerings						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Model-Based Systems Engineering:</i> Ziel der Vorlesung ist ein umfassendes Verständnis des Model-Based Systems Engineerings (MBSE) und seiner Bestandteile. Den Studierenden werden die wesentlichen Themengebiete des MBSE vermittelt. Hierzu gehören Grundlagen inkl. der Sprachen, Methoden und IT-Werkzeuge, die auch praktisch erprobt werden. Der Nutzen des MBSE (ein Systemverständnis bei allen beteiligten Akteuren, eine Basis für die Kommunikation und Kooperation verschiedener Fachdisziplinen aber auch Funktionsbereiche, ...) wird den Studierenden vermittelt. Ferner werden wesentliche Analysemethoden für den Test von Systementwürfen behandelt. Im Fokus stehen multidisziplinäre, software-intensive Systeme aus den Branchen Maschinen- und Anlagenbau sowie Automotive. • Grundlagen des MBSE • SysML für multidisziplinäre Systeme • CONSENS • weitere MBSE-Ansätze • Design Patterns • MBSE-Tools • Analysemethoden auf Basis des Systemmodells						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Lernergebnisse Die Studierenden sind in der Lage, • Modellbasiert zu arbeiten • Systemdenken anzuwenden • Systemarchitekturen zu erstellen & Anforderungen abzuleiten Nichtkognitive Kompetenzen • Selbststeuerungskompetenz • Schreib- und Lesekompetenz (wissenschaftlich) • Lernkompetenz • Lernmotivation										
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung</td><td>90-120 min bzw. 40 min</td><td>100%</td></tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%		
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%								
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.										
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: keine										
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: keine										
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.										
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).										
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine										
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu										

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Model-Based Systems Engineering:</i> Methodische Umsetzung Das Modul besteht aus drei Teilen 1. Vorlesung mit Folien (Lecture): Grundlagen und Konzepte werden in der Vorlesung erklärt und anhand von Beispielen veranschaulicht. 2. Übungen (Tutorial): In der Übung erfolgt ein Wissenstransfer und Anwendung der Konzepte. Die Übungen sind in Eigenarbeit vorzubereiten. 3. Praktikum (Labs): Im Praktikum erfolgt die Anwendung des Gelernten in Gruppenarbeit. Lernmaterialien, Literaturangaben • Friedenthal, S.; Moore, A.; Steiner, R.: A Practical Guide to SysML. The Systems Modeling Language. Morgan Kaufmann, Waltham, 2. Auflage, 2012 • Gausemeier, J.; Rammig, J.; Schäfer, W. (Eds.): Design Methodology for Intelligent Technical Systems. Develop Intelligent Technical Systems of the Future. Springer-Verlag, 2014 • Gausemeier, J.; Dumitrescu, R.; Steffen, D.; Czaja, A.; Wiederkehr, O.; Tschirner, C.: Systems Engineering in industrial practice. Heinz Nixdorf Institute, University • Haberfellner, R., L., D. W. O., Fricke, E., & Voössnersiegfried. (2019). Systems engineering: fundamentals and applications. Cham: Springer International Publishing • IncoSE Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities (2015) • Weilkiens, Tim: Systems Engineering with SysML/UML: Modeling, Analysis, Design (The MK/OMG Press) (English Edition) • Dumitrescu, R.; Albers, A.; Riedel, O.; Stark, R.; Gausemeier, J. (Hrsg.): Engineering in Deutschland – Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft, Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering, Paderborn, 2021 – English Version: www.advanced-systems-engineering.de
----	--

3 Wahlpflichtmodule

Multi-Objective Optimisation																					
Multi-Objective Optimisation																					
Modulnummer: M.079.4095		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester															
		Studiensemester: 1-3		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en															
1	Modulstruktur <table><tr><td></td><td>Lehrveranstaltung</td><td>Lehrform</td><td>Kontaktzeit (h)</td><td>Selbststudium (h)</td><td>Status (P/WP)</td><td>Gruppengröße (TN)</td></tr><tr><td>a)</td><td>L.079.05821 Multi-Objective Optimisation</td><td>V3 Ü2</td><td>75</td><td>105</td><td>P</td><td>30/15</td></tr></table>								Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)	a)	L.079.05821 Multi-Objective Optimisation	V3 Ü2	75	105	P	30/15
	Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)															
a)	L.079.05821 Multi-Objective Optimisation	V3 Ü2	75	105	P	30/15															
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine																				
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Multi-Objective Optimisation:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Solide Grundkenntnisse in Algorithmen und Datenstrukturen, Mathematik, und Grundkenntnisse im Bereich Optimierung sind hilfreich.																				
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Multi-Objective Optimisation:</i> Optimierungsprobleme sind allgegenwärtig und wir alle lösen sie (näherungsweise) im Alltag etwa bei der Routenfindung mit Google Maps um schnell von A nach B zu kommen oder der Entscheidung für eine Kasse mit der kürzesten Warteschlange (kürzester erwarteter Wartezeit) im Supermarkt. Optimierungsprobleme sind jedoch selten einkriteriell. Vielmehr sind sie mehrkriterieller Natur und die einzelnen Ziele stehen üblicherweise miteinander in Konflikt. So kann bei der Routenplanung einerseits die zurückgelegte Strecke von Relevanz sein (je kürzer desto besser) und zum anderen der Treibstoffverbrauch (je geringer desto besser); der kürzeste Weg kann etwa durch die Innenstadt führen mit vielen Stop-and-Go Manövern durch rote Ampeln vor allem zu Stoßzeiten. Ein Weg um die Innenstadt herum hingegen kann trotz längerer Strecke weniger Treibstoff verbrauchen. Entsprechend ist das Ziel in der Mehrziel-Optimierung das Auffinden einer Menge von optimalen Kompromisslösungen. Dieser Kurs gibt eine umfassende Einführung in mehrkriterielle Optimierung (multi-objective optimisation) und die damit einhergehenden Herausforderungen. Neben klassischen allgemeinen Ansätzen werden exakte Verfahren für ausgewählte kombinatorische Optimierungsprobleme sowie heuristische (natur-inspirierte) Verfahren vorgestellt. Weiterhin behandelt der Kurs heuristische Lösungsansätze für Probleme mit mehr als drei Kriterien (many-objective optimisation).																				

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden können - wichtige exakte Algorithmen für mehrkriterielle minimale Spannbaum Problem und das mehrkriterielle kürzeste Wege Problem erklären, implementieren und anwenden - die Grenzen exakter Algorithmen für mehrkriterielle Probleme verstehen - biologisch inspirierte Heuristiken für Mehrzielprobleme erklären und anwenden - die Qualität der berechneten Ergebnisse mehrkriterieller Algorithmen beurteilen, evaluieren und visualisieren - Herausforderungen von Problemen mit mehr als drei Kriterien verstehen und Lösungsansätze erklären											
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP) <table><tr><td>zu</td><td>Prüfungsform</td><td>Dauer bzw. Umfang</td><td>Gewichtung für die Modulnote</td></tr><tr><td>a)</td><td>Klausur, mündliche Prüfung oder Referat</td><td>90-120 min, 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr></table>				zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur, mündliche Prüfung oder Referat	90-120 min, 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote									
a)	Klausur, mündliche Prüfung oder Referat	90-120 min, 30-45 min oder 30 min	100%									
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: <table><tr><td>zu</td><td>Form</td><td>Dauer bzw. Umfang</td><td>SL / QT</td></tr><tr><td>a)</td><td>Übungsaufgaben</td><td></td><td>SL</td></tr></table>				zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT	a)	Übungsaufgaben		SL
zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT									
a)	Übungsaufgaben		SL									
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung											
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.											
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).											
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Informatik v3											
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Heike Trautmann											

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Multi-Objective Optimisation:</i> Methodische Umsetzung Folien-gestützte Vorlesung mit eingestreuten Übungsaufgaben. In der Übung erfolgt der Wissenstransfer und die Anwendung des Erlernten sowohl in theoretischen als auch praktischen Übungsaufgaben. Lernmaterialien, Literaturangaben • Deb, Kalyanmoy. „Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms“. • Ehrgott, Matthias. Multicriteria Optimization. Bd. 491. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. Berlin, Heidelberg: Springer, 2000. • Weitere Literatur wird in der Veranstaltung bekanntgegeben.
----	--

3 Wahlpflichtmodule

Post-Quantum Cryptography							
Post-Quantum Cryptography							
Modulnummer: M.079.4089		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05732 Post-Quantum Cryptography	V3 Ü2	75	105	P	20
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Post-Quantum Cryptography:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Grundkenntnisse in Kryptographie und Komplexitätstheorie						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Post-Quantum Cryptography:</i> IT-Sicherheit beruht zu großen Teilen auf Verfahren der modernen Kryptographie. Hierzu gehören viele Verfahren der so genannten Public-Key Kryptographie wie das RSA- und das Elgamal-Verschlüsselungsverfahren, das RSA-Unterschriftenverfahren sowie die verschiedenen Varianten des Digital Signature Algorithms (DSA). Im Jahr 1994 stellte Peter Shor einen effizienten Algorithmus zur Berechnung der Primfaktorisation ganzer Zahlen und zur Berechnung diskreter Logarithmus in endlichen Gruppen vor. Damit sind alle genannten Verfahren der Public-Key Kryptographie unsicher, wenn Quantencomputer hinreichender Größe und Komplexität realisiert werden können. Es ist daher wichtig, Alternativen zu klassischen Public-Key Verfahren zu entwickeln, die zumindest nach aktuellem Forschungsstand nicht von Quantencomputern gebrochen werden können. Wichtige Kandidaten (und teilweise kurz vor der Standardisierung stehende) für solche post-quanten sichere Verfahren beruhen auf Techniken fehler-korrigierender Codes und der Geometrie der Zahlen. In dieser Vorlesung sollen wichtige Kandidaten für post-quanten sichere Verfahren vorzustellen und zu diskutieren. Die Veranstaltung umfasst folgende Inhalte: • Einführung in Codes, Gitter, diskretisierte Gaußverteilungen • gitter- und codebasierte Verschlüsselung • gitterbasierte Signaturen • Gitter und Zero-Knowledge Beweise • gitterbasierte Gruppensignaturen						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden können • den Unterschied zwischen klassischer und post-quanten Sicherheit verstehen und erklären. • die Bedeutung von post-quanten Kryptographie für ausgewählte Anwendungen erklären. • Konzepte aus dem Bereich der Geometrie der Zahlen und der fehler-korrigierende Codes erklären und anwenden. • wichtige Konstruktionen aus dem Bereich der post-quanten Kryptographie erklären und deren Sicherheit beweisen. • Sicherheitsannahmen aus der post-quanten Kryptographie erläutern und gegebenenfalls für neue post-quanten Primitiven einsetzen.		
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min
			Gewichtung für die Modulnote
			100%
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.		
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Schriftliche Übungsaufgaben	
			SL / QT
			SL
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet.		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Johannes Blömer		

3 Wahlpflichtmodule

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Post-Quantum Cryptography:</i> Methodische Umsetzung Grundlegende Konzepte werden in einer Vorlesung präsentiert. Zusätzlich werden theoretische Konzepte in Tutorien in Kleingruppen sowie in schriftlichen Übungen vertieft. Lernmaterialien, Literaturangaben Verweise auf aktuelles Lernmaterial werden in der Vorlesung gegeben.
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Privacy and Technology							
Privacy and Technology							
Modulnummer: M.079.4087		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester: 1		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05705 Privacy and Technology	V2 Ü3	75	105	P	40
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Privacy and Technology:</i> Dieser Kurs vermittelt den Studierenden ein grundlegendes Verständnis der Risiken für Privatsphäre und Datenschutz, der gängigsten Technologien zur Bewältigung und wie menschliche Faktoren die Gestaltung beeinflussen. • Metriken zum Schutz der Privatsphäre und Angreifermodelle • Anonyme Kommunikation • Technologien zur Verbesserung der Privatsphäre • Anonymisierungsalgorithmen für Datenbanken • Homomorphe Verschlüsselung und Null-Wissen-Beweise • Datenschutz beim Identitätsmanagement • Menschlicher Faktor beim Thema Privatsphäre & Datenschutz • Anwendung von Datenschutzprinzipien und Fallstudien						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden • sind in der Lage, über Datenschutz und Privatsphäre kritisch zu urteilen, • erwerben Kenntnisse über die Beurteilung von Datenschutzrisiken, • entwickeln ein Verständnis über Gestaltungsaspekte von Technologien, die zur Verbesserung der Privatsphäre führen, • lernen den aktuellen Forschungsstand zum Thema kennen und • analysieren und diskutieren Lösungen zu einem gegebenen Datenschutzproblem Nichtkognitive Kompetenzen • Schreib- und Lesekompetenz (wissenschaftlich) • Selbststeuerungskompetenz										
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP) <table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung</td><td>90-120 min bzw. 40 min</td><td>100%</td></tr> </tbody> </table> Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.			zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%								
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: <table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th><th>Form</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>SL / QT</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td><td>Praktische Arbeiten und Diskussion</td><td></td><td>SL</td></tr> </tbody> </table> Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.			zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT	a)	Praktische Arbeiten und Diskussion		SL
zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT								
a)	Praktische Arbeiten und Diskussion		SL								
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung										
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.										
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).										
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine										
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Patricia Arias Cabarcos										

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Privacy and Technology:</i> Methodische Umsetzung • Wöchentliche Theorievorlesung • Übung und Aufgaben zur interaktiven Diskussion in den praktischen Vorlesungen Lernmaterialien, Literaturangaben • Vorlesungsfolien, wissenschaftliche Literatur und spezifische Lektüre werden während des Kurses zur Verfügung gestellt.
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Quantum Algorithms							
Quantum Algorithms							
Modulnummer: M.079.4072		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05797 Quantum Algorithms	V3 Ü2	75	105	P	20
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Quantum Algorithms:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Lineare Algebra, Quanteninformatik						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Quantum Algorithms:</i> Die Vorlesung stellt fortgeschrittene Methoden vor, um Quantenalgorithmen zu entwickeln. Inhalt: • Quantenschaltung • Quantenalgorithmen für algebraische Problemen • Quantum Walks • Quanten Query Komplexität • Adiabatische Quantencomputing						
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Studierende können: • universelle Gatter beschreiben und benutzen, • die Quanten-Fourier-Transformation benutzen, • Quantum Walks benutzen, • adiabatische Quantenalgorithmen entwickeln, • mit Quanten-Query-Komplexität arbeiten Nichtkognitive Kompetenzen • Lernkompetenz • Selbststeuerungskompetenz						

3 Wahlpflichtmodule

6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min
			Gewichtung für die Modulnote
			100%
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.		
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Schriftliche Übungsaufgaben	
			SL / QT
			SL
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Sevag Gharibian		
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Quantum Algorithms:</i> Methodische Umsetzung Eine Mischung aus Folien und Tafelanschrieb. Alle wichtigen Konzepte und Techniken werden in Übungen anhand von Beispielen weiter vertieft. Lernmaterialien, Literaturangaben • Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press • Andrew M. Childs, Wim van Dam, Quantum algorithms for algebraic problems, Reviews of Modern Physics, volume 82, 2010 • Vorlesungsfolien, Übungsaufgaben		

3 Wahlpflichtmodule

Quantum Complexity Theory							
Quantum Complexity Theory							
Modulnummer: M.079.4063		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05743 Quantum Complexity Theory	V3 Ü2	75	105	P	20
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Quantum Complexity Theory:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Lineare Algebra, Quanteninformatik						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Quantum Complexity Theory:</i> Diese Vorlesung gibt einen kurzen Überblick über die Grundlagen von Quanteninformatik und wendet sich anschließend der Quantenkomplexitätstheorie zu. Dabei werden sowohl einführende als auch vertiefende Themen behandelt wie die Analoga zu P und NP (bezeichnet als BQP, QCMA, and QMA), Quanten-Erfüllbarkeitsprobleme, Quanten-interaktive Beweise und Tensor-Netzwerke. Begleitend wird semidefinite Programmierung als ein wichtiges Werkzeug eingeführt. • Komplexitätsklassen BQP, QCMA, QMA • Quanten-Erfüllbarkeitsprobleme • Quanten-interaktive Beweise • Tensor-Netzwerke • Semidefinite Programmierung						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Studierende können: • die Postulate von Quantenmechanik beschreiben und benutzen, • mit Komplexitätsklassen wie BQP und QMA arbeiten, • QMA-Schwere zeigen, • Semidefinite Programmierung nutzen, • Tensor-Netzwerke benutzen, um verschränkte Quantenzustände zu beschreiben Nichtkognitive Kompetenzen • Lernkompetenz • Selbststeuerungskompetenz										
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung</td><td>90-120 min bzw. 40 min</td><td>100%</td></tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.	
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%								
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: <table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th><th>Form</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>SL / QT</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td><td>Schriftliche Übungsaufgaben</td><td></td><td>SL</td></tr> </tbody> </table>			zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT	a)	Schriftliche Übungsaufgaben		SL
zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT								
a)	Schriftliche Übungsaufgaben		SL								
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.										
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung										
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.										
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).										
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine										
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Sevag Gharibian										

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Quantum Complexity Theory:</i> Methodische Umsetzung Eine Mischung aus Folien und Tafelanschrieb. Alle wichtigen Konzepte und Techniken werden in Übungen anhand von Beispielen weiter vertieft. Lernmaterialien, Literaturangaben • Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press • S. Gharibian, Y. Huang, Z. Landau, S. W. Shin, Quantum Hamiltonian Complexity, Foundations and Trends in Theoretical Computer Science • Vorlesungsfolien, Übungsaufgaben
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Quantum Information							
Quantum Information							
Modulnummer: M.079.4090		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester: 1-3		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	Quantum Information	V3 Ü2	75	105	P	40
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Quantum Information:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Lineare Algebra						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Quantum Information:</i> Im Laufe des letzten Jahrhunderts hat die Quantenmechanik tiefgreifende Auswirkungen auf die Grundlagenwissenschaft und die Technologie gehabt. Das neu entstehende Gebiet der Quanteninformationstheorie untersucht ein Paradigma für die Informationsverarbeitung auf der Grundlage der Quantenmechanik. Dieser Bereich hat gezeigt, dass die Quanteninformationsverarbeitung ihr klassisches Gegenstück übertreffen kann und stellt eine revolutionäre Richtung für die Erforschung künftiger Informationstechnologien dar. Die Quanteninformationswissenschaft umfasst Techniken aus der Informatik, Mathematik und Physik. Von besonderem Interesse ist die Quantenverschränkung, ein Phänomen, das auftritt, wenn eine Gruppe von Teilchen so erzeugt wird oder miteinander interagiert, dass der Zustand jedes Teilchens nicht unabhängig von den anderen beschrieben werden kann, selbst wenn die Teilchen durch beliebig große Abstände getrennt sind. Die Verschränkung ist ein Hauptmerkmal der Quantenmechanik, das in der klassischen Physik nicht vorkommt, und sie ist eine Ressource hinter den meisten modernen Quantentechnologien, wie z. B. Quantencomputern. In dieser Vorlesung werden die fortgeschrittenen Konzepte der Quantenkommunikation und -information vorgestellt. Der Inhalt umfasst: • Verschränkung von Zwei- und Vielteilchensystemen • Quanteninformationsverarbeitung und Anwendungen • Maße für Verschränkung, Abstand und Treue • Höhere lokale Dimensionen (Qubits vs. Qudits) • Quantenkanäle • Klassische und Quanten-Fehlerkorrekturcodes und ihre Unterschiede						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden lernen modernste Konzepte an der Schnittstelle von Informatik und Quantenmechanik kennen. Die Vorlesung vermittelt den Studierenden fortgeschrittene, interdisziplinäre technische Kenntnisse, die sie in die Lage versetzen, Karrieren in analyseintensiven Industrien, Technologie-Start-ups oder Forschungs- und Entwicklungsaufgaben in führenden Technologieunternehmen oder in der Wissenschaft zu verfolgen. Um dies zu erreichen, werden die Studierenden mit den Grundlagen der Quantenmechanik und der zugehörigen Algebra vertraut gemacht. Darüber hinaus werden sie in der Lage sein: • die zugrundeliegenden Konzepte von verschränkten Systemen (Zweikörper- und Vielkörpersysteme) zu verstehen, • die Grundidee der maximal verschränkten Systeme zu verstehen, sie zu klassifizieren und für praktische Anwendungen zu charakterisieren, • den grundlegenden Begriff der Teilchen höherer lokaler Dimensionen beschreiben (Qubits vs. Qudits), • die Theorie der klassischen und der Quanten-Fehlerkorrekturcodes anwenden und ihre Unterschiede untersuchen • interdisziplinäre Themen zu bearbeiten und sich insbesondere die Grundlagen verschiedener Disziplinen anzueignen.										
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung</td><td>120-180 min bzw. 40 min</td><td>100%</td></tr> </tbody> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min bzw. 40 min	100%	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.	
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	120-180 min bzw. 40 min	100%								
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>zu</th><th>Form</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>SL / QT</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a)</td><td>Schriftliche Übungsaufgaben</td><td></td><td>SL</td></tr> </tbody> </table>	zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT	a)	Schriftliche Übungsaufgaben		SL	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.	
zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT								
a)	Schriftliche Übungsaufgaben		SL								
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung										
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.										
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet.										

3 Wahlpflichtmodule

11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine
12	Modulbeauftragte/r: Dr. Zahra Raissi
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Quantum Information:</i> Methodische Umsetzung Theoretische Grundlagen und Konzepte werden in Form von Vorlesungen vermittelt und in praktischen Übungen, Gruppenarbeiten sowie individuellen Hausaufgaben vertieft. Lernmaterialien, Literaturangaben • Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press, 2000. • F. J. MacWilliams and N. J. A. Sloane. The Theory of Error-Correcting Codes, North-Holland Mathematical Library. North-Holland, Amsterdam, 1977. ISBN 9780444851932. • Ingemar Bengtsson and Karol Zyczkowski, Geometry of quantum states: an introduction to quantum entanglement, Cambridge university press, 2006, ISBN 9780511535048. • Vorlesungsfolien • Übungsaufgaben

3 Wahlpflichtmodule

Real-Time Operating Systems: Design and Implementations							
Real-Time Operating Systems: Design and Implementations							
Modulnummer: M.079.4213		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester: 1-3		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	Real-Time Operating Systems: Design and Implementations	V2 Ü3	75	105	P	70/35
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Real-Time Operating Systems: Design and Implementations:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Kenntnisse in den Bereichen Betriebssysteme, eingebettete Systeme und C/C++-Programmierung sind von Vorteil. Grundkenntnisse in Computerarchitektur und paralleler Programmierung sind hilfreich, aber nicht erforderlich.						

3 Wahlpflichtmodule

4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Real-Time Operating Systems: Design and Implementations:</i> Echtzeitbetriebssysteme sind für eingebettete und cyber-physische Systeme unverzichtbar, in denen zeitnahe und vorhersehbare Reaktionen erforderlich sind. Dieses Modul vermittelt die Grundlagen des Entwurfs und der Implementierung von Echtzeitbetriebssystemen. Es verbindet konzeptionelle Grundlagen mit praktischen Übungen, in denen die Studierenden Mechanismen eines Echtzeitbetriebssystems auf einer eingebetteten Plattform analysieren, erweitern und bewerten. • Echtzeitsysteme und zeitliche Anforderungen • Architektur und grundlegende Dienste von Echtzeitbetriebssystemen • Task-Modelle, Task-Zustände und Task-Verwaltung • periodische Ausführung und Timer-Mechanismen • Interprozesskommunikation und Synchronisation • Interrupt-Behandlung und Interaktion zwischen Tasks und Interrupts • Kontextwechsel und Task-Ausführung • Scheduling mit fester und dynamischer Priorität • Implementierung von Scheduling-Mechanismen, z. B. EDF • gemeinsame Ressourcennutzung und Synchronisationsprotokolle, z. B. PIP und PCP • serverbasierte Scheduling- und Reservierungsmechanismen • praktische Implementierung und Bewertung von RTOS-Mechanismen auf einer Embedded-Plattform								
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden können • die Rolle, den Aufbau und die Dienste von Echtzeitbetriebssystemen in eingebetteten und cyber-physischen Systemen erläutern; • Zeitanforderungen, Aufgabenmodelle, Planungsentscheidungen und Situationen der gemeinsamen Ressourcennutzung in Echtzeitsystemen analysieren; • Konzepte der Echtzeitplanung und -synchronisation auf konkrete Systembeispiele anwenden; • ausgewählte RTOS-Mechanismen, wie z. B. Planungs- oder Protokolle zur gemeinsamen Ressourcennutzung, auf einer eingebetteten Plattform implementieren; • das Verhalten von RTOS-Mechanismen hinsichtlich Zeitsteuerung, Ressourcenmanagement und Vorhersagbarkeit bewerten; • Kompromisse beim Entwurf zwischen Funktionalität, Vorhersagbarkeit der Zeitsteuerung, Implementierungskomplexität und Systemrobustheit begründen.								
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP) <table><tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr><tr><td>a)</td><td>Klausur, mündliche Prüfung oder Referat</td><td>90-120 min, 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr></table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur, mündliche Prüfung oder Referat	90-120 min, 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a)	Klausur, mündliche Prüfung oder Referat	90-120 min, 30-45 min oder 30 min	100%						

3 Wahlpflichtmodule

7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Übungsaufgaben, schriftliche Ausarbeitung oder Fortschrittsberichte	SL
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Informatik v4		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr.-Ing. Kuan-Hsun Chen		
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Real-Time Operating Systems: Design and Implementations:</i> Methodische Umsetzung Das Modul verbindet Vorlesungen mit praktischen Übungen und labororientierten Aufgaben. In den Vorlesungen werden die konzeptionellen und analytischen Grundlagen von Echtzeitbetriebssystemen vermittelt. In den Übungen vertiefen die Studierenden diese Konzepte anhand von Aufgaben und implementieren ausgewählte RTOS-Mechanismen auf einer Embedded-Plattform. Die praktischen Arbeiten dienen dazu, theoretische Konzepte mit dem beobachtbaren Systemverhalten zu verknüpfen. Lernmaterialien, Literaturangaben • Giorgio C. Buttazzo, Hard Real-Time Computing Systems: Predictable Scheduling Algorithms and Applications, Springer. • Jane W. S. Liu, Real-Time Systems, Prentice Hall. • Hermann Kopetz, Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications, Springer. • Für die praktischen Aufgaben werden die FreeRTOS-Dokumentation sowie ausgewählte technische Unterlagen herangezogen. • Weitere Literatur wird in der Veranstaltung bekanntgegeben.		

3 Wahlpflichtmodule

Real World Crypto Engineering							
Real World Crypto Engineering							
Modulnummer: M.079.4067		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05819 Real World Crypto Engineering	V3 Ü2	75	105	P	40
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Real World Crypto Engineering:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Basiskonntnisse in Programmierung, IT-Sicherheit und Kryptographie						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Real World Crypto Engineering:</i> Starke Kryptographie ist nicht immer ausreichend, um die grundlegenden Sicherheitsziele zu schützen. Auch wenn starke kryptographische Algorithmen verwendet werden, kann bei deren Einsatz viel schief gehen. In dieser Vorlesung werden wir auf die wichtigsten Protokolle und kryptographische Schutzmechanismen eingehen (z.B. TLS, SSH, WPA) und werden ihre Basiskonzepte kennenlernen. Anschließend werden wir prominente Angriffe vorstellen, die die gewünschten Sicherheitsziele komplett gebrochen haben. Basierend auf vielen Fällen werden wir lernen, was beim Design und bei der Implementierung von kryptographischen Anwendungen wichtig ist.						
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Studierende verfügen nach erfolgreichem Abschluss über ein umfassendes Verständnis der technischen Aspekte von angewandten kryptographischen Algorithmen. Sie haben erkannt, dass Kryptographie alleine nicht ausreicht, um sicherheitstechnische Probleme zu lösen. Sie haben einen Überblick über aktuelle kryptographische Angriffe und wissen, wie man diese praktisch verhindert. Nichtkognitive Kompetenzen • Gruppenarbeit • Schreib- und Lesekompetenz (wissenschaftlich)						

3 Wahlpflichtmodule

6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min
	Gewichtung für die Modulnote		
	100%		
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.		
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Schriftliche Übungsaufgaben	
	SL / QT		SL
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr.-Ing. Juraj Somorovsky		
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Real World Crypto Engineering:</i> Methodische Umsetzung Vorlesung mit Übungen Lernmaterialien, Literaturangaben Folien der Vorlesung, wissenschaftliche Artikel		

3 Wahlpflichtmodule

Reconfigurable Computing							
Reconfigurable Computing							
Modulnummer: M.079.4043		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
	Lehrveranstaltung		Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05703 Reconfigurable Computing	V2 Ü3	75	105	WP	50/20
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Reconfigurable Computing:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Kenntnisse aus Digitaltechnik und Rechnerarchitektur sind hilfreich.						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Reconfigurable Computing:</i> Die Veranstaltung vermittelt Kenntnisse in Architekturen und Entwurfsmethoden für rekonfigurierbare Hardware und stellt Anwendungen im Bereich des Hochleistungsrechnens und der eingebetteten Systeme vor. • Einführung: Evolution von programmierbaren Hardwarebausteinen, Marktentwicklung • Architekturen: FPGA Architekturen, rekonfigurierbare Bausteine und Systeme • Entwurfsmethoden: CAD für FPGAs, Hochsprachen und Compiler, Entwurf auf Systemebene • Anwendungen, insbesondere custom computing machines, eingebettete Systeme						
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, • den Aufbau rekonfigurierbarer Hardwarebausteine zu erklären, • die wesentlichen Entwurfsmethoden zu benennen und zu analysieren und • die Eignung rekonfigurierbarer Hardware für verschiedene Einsatzgebiete zu beurteilen. Nichtkognitive Kompetenzen • Gruppenarbeit • Lernkompetenz						

3 Wahlpflichtmodule

6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)			
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.			
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:			
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT
	a)	Schriftliche Übungsaufgaben		SL
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.			
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung			
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.			
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).			
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine			
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Marco Platzner			

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Reconfigurable Computing:</i> Methodische Umsetzung • Vorlesung mit Beamer und Tafelanschrieb • Interaktive Übungen im Hörsaal • Rechnerübungen mit rekonfigurierbaren Systemen Lernmaterialien, Literaturangaben • Vorlesungsfolien und Übungsblätter • Aufgabenblätter und technische Dokumentation für die Rechnerübungen • S. Hauck and A. DeHon (editors): Reconfigurable Computing, Volume 1: The Theory and Practice of FPGA-Based Computation, Morgan Kaufmann, 2008 • Aktuelle Hinweise auf alternative und ergänzende Literatur, sowie Lehrmaterialien auf der Webseite und in den Vorlesungsfolien
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies							
Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies							
Modulnummer: M.048.55106		Workload (h): 180	Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester		
		Studiensemester: 1.-3. Semester	Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en		
1	Modulstruktur						
	Lehrveranstaltung		Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a) L.048.23023 Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies		2V 2Ü, WS	60	120	P	30/30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: Keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies:</i> Keine						

3 Wahlpflichtmodule

4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies:</i> Die Lehrveranstaltung vermittelt Methoden und Architekturen für die ressourceneffiziente Ausführung moderner KI-Anwendungen unter Berücksichtigung von Leistungs-, Energie- und Speicherrestriktionen. Behandelte Themen umfassen: • Grundlagen des Deep Learning und Trainingsverfahren • Charakteristika moderner KI-Workloads (z. B. CNNs und Transformer) • Rechen-, Speicher- und Energieengpässe bei der KI-Inferenz • Methoden zur effizienten Modellgestaltung und -optimierung: – Quantisierung – Pruning und Sparsity – Knowledge Distillation – Effiziente neuronale Netze (z. B. MobileNet) • Abbildung von KI-Workloads auf unterschiedliche Hardwareplattformen • Architekturen für KI-Beschleunigung: – SIMD- und Vektorarchitekturen – GPU-Architekturen – Dataflow-Architekturen und systolische Arrays – NPUs und domänenspezifische Beschleuniger • Hardware-Software-Co-Design für effiziente KI-Systeme								
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage: • grundlegende Prinzipien des Deep Learning aus einer Systemperspektive einzuordnen, • KI-Workloads hinsichtlich ihrer Rechen-, Speicher- und Kommunikationsanforderungen zu analysieren, • Performance-, Energie- und Speicherengpässe zu identifizieren, • Methoden zur Modelloptimierung gezielt anzuwenden, • KI-Workloads auf unterschiedliche Hardwareplattformen abzubilden und zu bewerten, • verschiedene Architekturen für KI-Beschleunigung zu vergleichen, • Trade-offs zwischen Genauigkeit, Latenz, Durchsatz und Energieeffizienz zu analysieren, • Hardware-Software-Co-Design-Methoden für ressourceneffiziente KI-Systeme anzuwenden.								
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP) <table><tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr><tr><td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td><td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr></table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%						

3 Wahlpflichtmodule

7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Referat	10-20 min
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Modulabschlussprüfung ist das Bestehen der Studienleistung über die Lehrveranstaltung a).		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Informatik v4		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr.-Ing. Lennart Bamberg		
13	Sonstige Hinweise: Modulseite PANDA (mehr Informationen werden in der ersten Vorlesung gegeben) Methodische Umsetzung Vorlesung mit Übung (teilweise mit Simulationen am Rechner) Lernmaterialien, Literaturangaben Handouts und Übungsaufgaben; Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben		

3 Wahlpflichtmodule

Software Architecture Design and Recovery							
Software Architecture Design and Recovery							
Modulnummer: M.079.4094		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05708 Software Architecture Design and Recovery	V2 Ü3	75	105	WP	30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Software Architecture Design and Recovery:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Ein gutes Verständnis von Java und den Prinzipien objektorientierter Programmierung ist hilfreich.						

3 Wahlpflichtmodule

4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Software Architecture Design and Recovery:</i> Softwarearchitektur beschäftigt sich mit den wichtigsten Entwurfsentscheidungen, die großen Einfluss auf die Qualitätsmerkmale eines Softwaresystems wie Wartbarkeit, Leistung und Sicherheit haben. In dieser Lehrveranstaltung diskutieren wir die Grundlagen der Disziplin Softwarearchitektur sowie Methoden zur Wiederherstellung einer Softwarearchitektur aus existierenden Software-Repositorien. Die Lehrveranstaltung umfasst folgende Inhalte: • Arten von Entwurfsentscheidungen • Architekturkomponenten und Wiederherstellung • Architekturlösungen beispielsweise Muster, Taktiken und Technologien • Architekturdokumentation • Software-Repositorien • Architekturwissen • Architekturprozesse Außerdem werden die folgenden Forschungsmethoden in der Lehrveranstaltung diskutiert und verwendet: • Grounded-theory. • Fallstudien. In den Vorlesungen werden Konzepte der Disziplin Softwarearchitektur diskutiert und in einer Reihe von Gruppenarbeiten auf echte Open-Source-Softwaresysteme angewandt.								
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden können • Konzepte der Softwarearchitekturdisziplin erklären und diskutieren • große Softwaresysteme für Entwurfsentscheidungen analysieren • Architekturprozesse zum Treffen von Entwurfsentscheidungen ausführen • übliche Forschungsmethode auf Probleme der Softwarearchitektur umsetzen • Forschungsergebnisse zusammenfassen und berichten • in Gruppen arbeiten • einen fachlichen Vortrag halten								
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP) <table><tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr><tr><td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung</td><td>90-120 min bzw. 40 min</td><td>100%</td></tr></table> Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%						

3 Wahlpflichtmodule

7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Übungsaufgaben	SL
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung bzw. qualifizierte Teilnahme konkret zu erbringen ist.		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen:		
	Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits:		
	Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote:		
	Das Modul wird mit der Anzahl seiner Leistungspunkte gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen:		
	keine		
12	Modulbeauftragte/r:		
	Dr. Mohamed Aboubakr Mohamed Soliman		
13	Sonstige Hinweise:		
	<i>Hinweise der Lehrveranstaltung Software Architecture Design and Recovery:</i> Methodische Umsetzung Vorlesung und Gruppenarbeit mit großen Open-Source-Softwaresysteme sowie Präsentationen. Lernmaterialien, Literaturangaben • Bass, L., Clements, P., Kazman, R. (2012). Software Architecture in Practice. 3rd Edition, Addison-Wesley Professional. • Kruchten P, Lago P, van Vliet H (2006) Building Up and Reasoning About Architectural Knowledge. In: Quality of Software Architectures, Springer Berlin Heidelberg. • Weitere Literatur wird in der Veranstaltung bekanntgegeben.		

3 Wahlpflichtmodule

Software Quality Assurance							
Software Quality Assurance							
Modulnummer: M.079.4048		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05805 Software Quality Assurance	V3 Ü2	75	105	WP	90/30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Software Quality Assurance:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Programmierung, Modellierung, Modellbasierte Softwareentwicklung						

3 Wahlpflichtmodule

4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Software Quality Assurance:</i> Das Ziel der Vorlesung ist die Behandlung von Ansätzen, Technologien und Strategien für die Qualitätssicherung von Softwaresystemen. Dies beinhaltet einerseits konstruktive Ansätze wie Design Pattern, Anti-Pattern, domänenspezifische Sprachen, modellgetriebene Softwareentwicklung, Qualitätsmodelle und Architekturstile und andererseits analytische Ansätze wie statische Reviewtechniken und dynamisch Testtechniken. Des Weiteren werden Ansätze für die Verbesserung des Softwareentwicklungsprozesses und internationale Standards wie ISO 9001, 9126, CMM, usw. behandelt. • Einführung in die Softwarequalitätssicherung • Standards – Produktspezifische Standards: ISO 9126 – Prozessspezifische Standards: ISO 9001, CMM • Konstruktive Ansätze – Pattern und Stile: Design Pattern, Anti-Pattern, Architekturstile – Modellgetriebene Softwareentwicklung – Metamodellierung – Domänenspezifische Sprachen – Design By Contract – Forschung: Process Constraints • Analytische Ansätze – Reviews, Inspektionen – Testen: Fundamentaler Testprozess, Black Box Testen, White Box Testen								
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden sind in der Lage, Qualitätseigenschaften von Entwicklungsprozessen, Softwariemodellen bzw. -systemen zu benennen. Sie kennen Techniken zur konstruktiven bzw. analytischen Sicherstellung von Qualitätseigenschaften und können diese geeignet einsetzen. Sie kennen die wesentlichen Standards für die Bewertung von Prozess- und Produktqualitäten. Sie können ausgewählte, aktuelle Forschungsansätze im Bereich Prozess- und Softwarequalitätssicherung verstehen und einordnen.								
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP) <table><tr><th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr><tr><td>a)</td><td>Klausur, mündliche Prüfung oder Referat</td><td>90-120 min, 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr></table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur, mündliche Prüfung oder Referat	90-120 min, 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote						
a)	Klausur, mündliche Prüfung oder Referat	90-120 min, 30-45 min oder 30 min	100%						

3 Wahlpflichtmodule

7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Übungsaufgaben, schriftliche Ausarbeitung oder Fortschrittsberichte	SL
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Informatik v3		
12	Modulbeauftragte/r: Dr. Enes Yigitbas		
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Software Quality Assurance:</i> Methodische Umsetzung Eine Mischung aus Folien und Tafelanschrieb. Alle wichtigen Konzepte und Techniken werden in Übungen anhand von Beispielen weiter vertieft. In praktischen Übungen insbesondere mit Testwerkzeugen werden die erlernten Kenntnisse angewendet. Lernmaterialien, Literaturangaben • Daniel Galin: Software Quality Assurance: From Theory to Implementation, Pearson / Addison Wesley, 2004 • Vorlesungsfolien, Übungsaufgaben		

3 Wahlpflichtmodule

Statistical Signal Processing							
Statistical Signal Processing							
Modulnummer: M.048.92004		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester: 1. Semester		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.048.92004 Statistical Signal Processing	2V 2Ü, WS	60	120	P	30/30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: Keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Statistical Signal Processing:</i> Empfohlen: Grundvorlesungen der Signaltheorie und Wahrscheinlichkeitsrechnung						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Statistical Signal Processing:</i> Kurzbeschreibung Unter "Statistical signal processing" versteht man die Techniken, die Ingenieure und Statistiker benutzen, um unvollständige und fehlerbehaftete Messungen auszuwerten. Diese Veranstaltung beschäftigt sich mit einer Auswahl von Themen aus den wesentlichen Bereichen Detektion, Schätztheorie und Zeitreihenanalyse. Inhalt Mögliche Themen dieser Veranstaltung sind Korrelationsanalyse, LMMSE Schätzer, Güteabschätzungen von Parameterschätzfunktionen, Neyman-Pearson Detektoren, im weiteren Sinne stationäre Zeitreihen, nichtstationäre Zeitreihen, periodisch stationäre Zeitreihen und komplexwertige Zufallssignale.						
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Nach dem Besuch dieser Veranstaltung werden Studenten mit den Grundprinzipien der statistischen Signalverarbeitung vertraut sein. Sie verstehen, wie man Techniken der statistischen Signalverarbeitung in der Elektrotechnik einsetzen kann und sie können diese auf relevante Gebiete (wie z.B. in der Nachrichtentechnik) anwenden. Studenten werden das Vertrauen entwickeln, mathematische Probleme in Analyse und Design lösen zu können. Die in dieser Veranstaltung gelernten Prinzipien können auf andere Gebiete angewandt werden.						

3 Wahlpflichtmodule

6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min
			Gewichtung für die Modulnote
			100%
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: keine		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Keine		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Master's Program Electrical Systems Engineering (ESEMA v2), Master's Program Electrical Systems Engineering v3 (ESEMA v3)		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Peter Schreier		
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Statistical Signal Processing:</i> Lehrveranstaltungsseite http://sst.upb.de/teaching Methodische Umsetzung Vorlesung mit Übung Teaching Material, Literature Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben.		

3 Wahlpflichtmodule

Topics in Signal Processing							
Topics in Signal Processing							
Modulnummer: M.048.92014		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester: 1.-3. Semester		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
	Lehrveranstaltung		Lehr- form	Kontakt- zeit (h)	Selbst- studium (h)	Status (P/WP)	Gruppen- größe (TN)
	a)	L.048.92014 Topics in Signal Processing	2V 2Ü, WS	60	120	P	30/30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: Keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: Keine Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Topics in Signal Processing: Empfohlen: Signal- und Systemtheorie, mindestens Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie und linearen Algebra						
4	Inhalte: Inhalte der Lehrveranstaltung Topics in Signal Processing: Kurzbeschreibung Diese Veranstaltung behandelt eine Auswahl von aktuellen Themen in der Signalverarbeitung. Ein Teil der Veranstaltung besteht aus regulären Vorlesungen, wohingegen der andere aktive Mitarbeit von Studenten voraussetzt. Inhalt Zunächst werden in diesem Kurs relevante Aspekte aus der linearen Algebra und Wahrscheinlichkeitstheorie wiederholt. Danach werden Studenten angeleitet, aktuelle Veröffentlichungen aus der Signalverarbeitungsliteratur zu lesen, zu analysieren und dann auch zu präsentieren.						
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: In dieser Veranstaltung werden Studenten mit aktuellen Forschungsthemen in der Signalverarbeitung vertraut gemacht. Studenten lernen, wissenschaftliche Veröffentlichungen zu verstehen und kritisch zu bewerten. Studenten werden das Vertrauen entwickeln, mathematische Probleme in Analyse und Design lösen zu können. Die in dieser Veranstaltung gelernten Prinzipien können auf andere Gebiete angewandt werden.						

3 Wahlpflichtmodule

6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)										
	<table> <tr> <th>zu</th><th>Prüfungsform</th><th>Dauer bzw. Umfang</th><th>Gewichtung für die Modulnote</th></tr> <tr> <td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td><td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr> </table>	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%		
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote								
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%								
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: keine										
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Keine										
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.										
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).										
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Masterstudiengang Informatik v3, Master's Program Electrical Systems Engineering (ESEMA v2), Master's Program Electrical Systems Engineering v3 (ESEMA v3)										
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Peter Schreier										
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Topics in Signal Processing:</i> Lehrveranstaltungsseite http://sst.uni-paderborn.de/teaching/courses/ Methodische Umsetzung Vorlesung und Übung mit aktiver Beteiligung der Studenten, Präsentationen von Studenten Lernmaterialien, Literaturangaben Literaturhinweise werden in der ersten Vorlesung gegeben.										

3 Wahlpflichtmodule

Unsupervised Learning and Evolutionary Optimisation Using R							
Unsupervised Learning and Evolutionary Optimisation Using R							
Modulnummer: M.079.4093		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester: 1		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
	Lehrveranstaltung		Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
a)	L.079.05829 Unsupervised Learning and Evolutionary Optimisation Using R		V3 Ü2	75	105	WP	70
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Unsupervised Learning and Evolutionary Optimisation Using R:</i> Empfohlene Vorkenntnisse • Grundlegende Kenntnisse und Interesse an Mathematik, Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung • Basiswissen Programmierung						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Unsupervised Learning and Evolutionary Optimisation Using R:</i> Die Veranstaltung vermittelt die formalen und praktischen Grundlagen des unüberwachten maschinellen Lernens sowie deren Umsetzung in der statistischen Programmiersprache R. Insbesondere werden die Methodik und Anwendung der folgenden Themen behandelt: • Einführung in die statistische Programmiersprache R • Datenvorverarbeitung und Qualitätsprüfung von Daten • (Stream-)Clustering-Verfahren • Techniken der Dimensionsreduktion • Grundprinzipien der evolutionären Optimierung, sowohl ein- als auch mehrkriteriell • Praktische Anwendung der Methoden unter Verwendung von R in Einzel- und Gruppenarbeit						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden ... • die Qualität von Daten erkennen sowie geeignete Techniken zur Datenvorverarbeitung auswählen • wichtige Methoden des unüberwachten Lernens erklären und anwenden • die Grundprinzipien evolutionärer Optimierungsverfahren verstehen • Techniken zur Beurteilung der Qualität von Optimierungsverfahren kompetent anwenden • die Statistik-Software R zur statistischen Datenanalyse, unüberwachtem Lernen und der evolutionären Optimierung anwenden • Problemstellungen im Team analysieren und praxisrelevante Lösungen präsentieren		
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min
			Gewichtung für die Modulnote
			100%
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.		
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Übungsaufgaben	
			SL / QT
			SL
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Heike Trautmann		

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Unsupervised Learning and Evolutionary Optimisation Using R:</i> Methodische Umsetzung Eine Einführung in die statistische Programmiersprache R wird kompakt in den ersten Wochen der Veranstaltung durchgeführt. Methoden des unüberwachten maschinellen Lernens werden durch inhaltliche Präsentation und interaktive Übung im Rahmen der Vorlesung vermittelt sowie in Tutorien vertieft, sowohl methodisch formal als auch anwendungsorientiert unter Verwendung von R. Lernmaterialien, Literaturangaben Für die statistische Programmiersprache R wird empfohlen: • Hadley Wickham & Garrett Grolemund (2023). R for Data Science: Import, Tidy, Transform, Visualize, and Model Data. 2nd ed. O'Reilly • Torsten Hothorn and Brian S. Everitt (2014). A Handbook of Statistical Analyses Using R. Chapman & Hall/CRC Press, 3rd edition, 2014. • C. Heumann, M. Schomaker, and Shalabh. Introduction to Statistics and Data Analysis With Exercises, Solutions and Applications in R. Springer, 2017. Die methodischen Kapitel basieren auf der Kombination einer Vielzahl von Literaturquellen, diese werden in der Vorlesung bekannt gegeben.
----	---

3 Wahlpflichtmodule

Usable Security and Privacy								
Usable Security and Privacy								
Modulnummer: M.079.4086		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester		
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en		
1	Modulstruktur							
		Lehrveranstaltung		Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05804 Usable Security and Privacy		V2 Ü3	75	105	WP	40
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine							
3	Teilnahmevoraussetzungen: keine							

4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Usable Security and Privacy:</i> Menschliche Faktoren und Aspekte über die Benutzerfreundlichkeit nehmen in der IT-Sicherheit und in der Entwicklung sicherer Systeme traditionell eine geringe Rolle ein. Thematiken der Benutzerfreundlichkeit werden von Sicherheitsexperten weitgehend vernachlässigt, weil ihre Bedeutung nicht ausreichend geschätzt wird und diese nicht über ausreichende Kenntnisse verfügen, um sie anzugehen. Heute besteht ein Konsens darüber, wie wichtig es ist, das Verhalten der Benutzer zu verstehen und die Benutzerfreundlichkeit zu verbessern, um robuste IT-Sicherheit zu erreichen. Dieser Kurs vermittelt praktisches und forschungsorientiertes Wissen über nutzbare Sicherheit und Privatsphäre. Die Studierenden sammeln praktische Erfahrungen durch Präsenzübungen und arbeiten in kleinen Teams an einem semesterweiten Forschungsprojekt mit dem Ziel, eine Nutzerstudie zu menschenzentrierter Sicherheit und Privatsphäre zu entwerfen und durchzuführen. Dazu werden im Kurs Forschungsmethoden vorgestellt und eine Einführung in HCI- und Usability-Konzepte gegeben. Der Kurs wird sich auch mit grundlegenden und aktuellen Forschungsthemen in diesem Bereich befassen, wie z.B. Tools zur Verbesserung der Privatsphäre und Transparenz, benutzerfreundliche Authentifizierung und entwicklerzentrierte IT-Sicherheit. Durch die Sichtung relevanter Paper und das Halten von Präsentationen werden die Studierenden mit dem neuesten Stand der Forschung auf diesem Gebiet vertraut gemacht und lernen, wie man wissenschaftlich arbeitet. Die Veranstaltung umfasst folgende Inhalte: • Konzepte für Sicherheit und Datenschutz/Privatsphäre • Grundlagen der Kryptographie • Technologien zur Verbesserung der Privatsphäre und der Transparenz • HCI- und Usability-Forschungsmethoden • Ethik in der Technik • Quantitative und qualitative Datenanalyse • Nutzbare Authentifizierung • Nutzbare Privatsphäre • Entwickler-zentrierte Sicherheit
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Die Studierenden werden • ein Verständnis für die Bedeutung der Sicherheit und des Schutzes der Privatsphäre bei der Nutzung entwickeln • sich mit der Geschichte des Fachgebiets und den wichtigsten Forschungsbereichen und Herausforderungen vertraut machen • in der Lage sein, Methoden zur Durchführung von Nutzerforschung im Bereich Sicherheit und Datenschutz anzuwenden • den aktuellen Forschungsstand zum Thema kennenlernen Nichtkognitive Kompetenzen • Gruppenarbeit • Schreib- und Lesekompetenz (wissenschaftlich) • Selbststeuerungskompetenz

3 Wahlpflichtmodule

6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)			
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min	100%
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.			
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:			
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang	SL / QT
	a)	Praktische Arbeiten mit schriftlichem Bericht und Diskussion		SL
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.			
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung			
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.			
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).			
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine			
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Patricia Arias Cabarcos			

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Usable Security and Privacy:</i> Methodische Umsetzung Grundlegende Konzepte werden in Form einer Vorlesung präsentiert. Durch die Teilnahme an Präsenzübungen und die Durchführung eines Forschungsprojekts in kleinen Gruppen, das sich auf eine Nutzerstudie für die Forschung im Bereich Sicherheit und Privatsphäre konzentriert, können die Studierenden im Laufe des Semesters vertiefte theoretische und praktische Kenntnisse erwerben. Lernmaterialien, Literaturangaben • Lazar, J., Feng, J.H. and Hochheiser, H., 2017. Research methods in human-computer interaction. Morgan Kaufmann. • Redmiles, E.M., Acar, Y., Fahl, S. and Mazurek, M.L., 2017. A summary of survey methodology best practices for security and privacy researchers. • Folien und Verweise auf wissenschaftliche Literatur werden während der Veranstaltung bekanntgegeben.
----	--

3 Wahlpflichtmodule

VLSI-Testing							
VLSI-Testing							
Modulnummer: M.048.92027		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Wintersemester	
		Studiensemester: 1.-3. Semester		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.048.92027 VLSI Testing	2V 2Ü, WS	60	120	P	30/30
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: Keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: Keine <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung VLSI Testing:</i> Empfohlen: Digitaltechnik						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung VLSI Testing:</i> Kurzbeschreibung Die Lehrveranstaltung “VLSI Testing” behandelt systematische Verfahren zur Erkennung von Hardware-Defekten in mikroelektronischen Schaltungen. Es werden sowohl Algorithmen zur Erzeugung und Auswertung von Testdaten als auch Hardwarestrukturen zur Verbesserung der Testbarkeit und für den eingebauten Selbsttest vorgestellt. Inhalt Im einzelnen werden die folgenden Themen behandelt: • Fehlermodelle • Testbarkeitsmaße und Maßnahmen zur Verbesserung der Testbarkeit • Logik- und Fehlersimulation • Algorithmen zur Testmustererzeugung • Selbsttest, insbesondere Testdatenkompression und Testantwortkompaktierung • Speichertest						

3 Wahlpflichtmodule

5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Fachkompetenz: Die Studierenden sind nach dem Besuch der Lehrveranstaltung in der Lage, • Fehlermodelle, Maßnahmen zur Verbesserung der Testbarkeit und Werkzeuge zur Unterstützung des Tests zu beschreiben, • die grundlegenden Modelle und Algorithmen für Fehlersimulation und Test zu erklären und anzuwenden, sowie • Systeme im Hinblick auf ihre Testbarkeit zu analysieren und geeignete Teststrategien auszuwählen. Fachübergreifende Kompetenzen: Die Studierenden können • die trainierten Problemlösungsstrategien disziplinübergreifend einsetzen, • ihre Lösungen den anderen Teilnehmern präsentieren und • die erworbenen Kompetenzen im Selbststudium vertiefen.											
6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP) <table><tr><td>zu</td><td>Prüfungsform</td><td>Dauer bzw. Umfang</td><td>Gewichtung für die Modulnote</td></tr><tr><td>a)</td><td>Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat</td><td>120-180 min oder 30-45 min oder 30 min</td><td>100%</td></tr></table>				zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote	a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%
zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang	Gewichtung für die Modulnote									
a)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Referat	120-180 min oder 30-45 min oder 30 min	100%									
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme: keine											
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Keine											
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe der Leistungspunkte erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung (MAP) bestanden ist.											
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).											
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), Masterstudiengang Computer Engineering v3 (CEMA v3), englisch, Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), Masterstudiengang Computer Engineering v4 (CEMA v4), englisch, Master's Program Electrical Systems Engineering (ESEMA v2), Master's Program Electrical Systems Engineering v3 (ESEMA v3)											
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr. Sybille Hellebrand											

13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung VLSI Testing:</i> Lehrveranstaltungsseite https://ei.uni-paderborn.de/date/lehre/uebersicht Methodische Umsetzung * Vorlesung mit Beamer und Tafel * Präsenzübungen in kleinen Gruppen mit Übungsblättern zu den theoretischen Grundlagen, Präsentation der Lösungen durch Übungsteilnehmer * Praktische Übungen mit verschiedenen Software-Werkzeugen am Rechner Lernmaterialien, Literaturangaben Aktuelle Hinweise auf ergänzende Literatur und Lehrmaterialien im jeweiligen panda-Kurs • Michael L. Bushnell, Vishwani D. Agrawal, „Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory, and Mixed-Signal VLSI Circuits,“ Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 2000 • Laung-Terng Wang, Cheng-Wen Wu, Xiaoqing Wen, „VLSI Test Principles and Architectures: Design for Testability,“ Morgan Kaufmann Series in Systems on Silicon, ISBN: 0123705975
----	--

3 Wahlpflichtmodule

Web Security							
Web Security							
Modulnummer: M.079.4073		Workload (h): 180		Leistungspunkte: 6		Turnus: Sommersemester	
		Studiensemester:		Dauer (in Sem.): 1		Sprache: en	
1	Modulstruktur						
		Lehrveranstaltung	Lehrform	Kontaktzeit (h)	Selbststudium (h)	Status (P/WP)	Gruppengröße (TN)
	a)	L.079.05820 Web Security	V3 Ü2	75	105	P	40
2	Wahlmöglichkeiten innerhalb des Moduls: keine						
3	Teilnahmevoraussetzungen: <i>Teilnahmevoraussetzungen der Lehrveranstaltung Web Security:</i> Empfohlene Vorkenntnisse Kenntnisse in Programmierung, IT-Sicherheit und Basiskenntnisse in Kryptographie						
4	Inhalte: <i>Inhalte der Lehrveranstaltung Web Security:</i> Moderne Webapplikationen und Webservices sind oft vielschichtig und basieren auf unterschiedlichen (oft komplexen) Technologien, die ständig weiterentwickelt werden. Deren Komplexität ist oft der Grund für neuartige Angriffe, die im Web-Bereich täglich zu sehen sind. In dieser Vorlesung werden wir auf die wichtigsten Technologien eingehen und lernen, worauf man bei der sicheren Web-Entwicklung achten muss. Dabei werden wir prominente und weit verbreitete Angriffe vorstellen und zeigen, wie man die verhindert. Dazu gehören typische Angriffe aus der OWASP Top 10 Liste wie XSS oder SQL Injection bis hin zu Angriffen auf Webservices und Single Sign-On Standards (wie SAML und OpenID Connect). Basierend auf vielen Fällen werden wir lernen, was beim Design und bei der Implementierung von Webapplikationen wichtig ist.						
5	Lernergebnisse und Kompetenzen: Studierende verfügen nach erfolgreichem Abschluss über ein umfassendes Verständnis der technischen Aspekte von Webapplikationen, Webservices und diversen Authentizierungsmechanismen. Sie haben erkannt, dass die heutzutage eingesetzten Web-Technologien vielschichtig sind und dass deren Komplexität viele Sicherheitsprobleme mit sich bringt. Studierende haben einen Überblick über aktuelle Web-Angriffe und wissen wie man diese praktisch verhindert. Nichtkognitive Kompetenzen • Gruppenarbeit • Schreib- und Lesekompetenz (wissenschaftlich)						

3 Wahlpflichtmodule

6	Prüfungsleistung: ☒ Modulabschlussprüfung (MAP) ☐ Modulprüfung (MP) ☐ Modulteilprüfungen (MTP)		
	zu	Prüfungsform	Dauer bzw. Umfang
	a)	Klausur oder mündliche Prüfung	90-120 min bzw. 40 min
	Gewichtung für die Modulnote		
	100%		
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Prüfungsleistung konkret zu erbringen ist.		
7	Studienleistung, qualifizierte Teilnahme:		
	zu	Form	Dauer bzw. Umfang
	a)	Schriftliche Übungsaufgaben	
	SL / QT		SL
	Vom jeweiligen Lehrenden wird spätestens in den ersten drei Wochen der Vorlesungszeit bekannt gegeben, wie die Studienleistung konkret zu erbringen ist.		
8	Voraussetzungen für die Teilnahme an Prüfungen: Bestehen der Studienleistung		
9	Voraussetzungen für die Vergabe von Credits: Die Vergabe von Credits erfolgt, wenn die Modulabschlussprüfung bestanden ist.		
10	Gewichtung für Gesamtnote: Das Modul wird mit der Anzahl seiner Credits gewichtet (Faktor 1).		
11	Verwendung des Moduls in anderen Studiengängen: keine		
12	Modulbeauftragte/r: Prof. Dr.-Ing. Juraj Somorovsky		
13	Sonstige Hinweise: <i>Hinweise der Lehrveranstaltung Web Security:</i> Methodische Umsetzung Vorlesung mit Übungen Lernmaterialien, Literaturangaben • Folien der Vorlesung • Wissenschaftliche Artikel		

4 Focus Areas

4.1 Algorithm Design

Koordination

Prof. Dr. rer. nat. Johannes Blömer

Enthaltene Module

- Advanced Algorithms
- Advanced Complexity Theory
- Advanced Distributed Algorithms and Data Structures
- Algorithms for Complex Virtual Scenes
- Foundational Methods for Knowledge Representation and Reasoning
- Foundations of Cryptography
- Geometric Deep Learning
- Geometry Processing
- Introduction to Description Logics
- Introduction to Quantum Computation
- Post-Quantum Cryptography
- Quantum Algorithms
- Quantum Complexity Theory
- Quantum Information

Beschreibung

In diesem Vertiefungsgebiet konzentrieren sich Studierende auf

- wesentliche Techniken zum Entwurf effizienter Algorithmen
- Anwendungsgebiete des Entwurfs effizienter Algorithmen, z.B. Computergrafik, Netzwerke, Big Data, ...
- Grenzen für den Entwurf effizienter Algorithmen, d.h. Komplexitätstheorie
- konstruktiver Anwendungen der Grenzen des Entwurfs effizienter Algorithmen in Kryptographie und IT-Sicherheit

4.2 Computer Systems

Koordination

Prof. Dr. Marco Platzner

Enthaltene Module

- Advanced Computer Architecture
- Advanced Networked Systems
- Approximate Computing
- Human Factors in Security and Privacy
- Reconfigurable Computing
- Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies
- Usable Security and Privacy
- VLSI Testing

Beschreibung

Das Vertiefungsgebiet “Computersysteme” behandelt vertiefend und im technischen Detail verschiedene Aspekte von modernen Computersystemen. Im Vordergrund stehen dabei die Analyse und Bewertung von Rechnerarchitekturen, systematische Methoden für den Entwurf und die Optimierung von Computersystemen, insbesondere das Zusammenspiel von Hardware und Software, sowie Programmiermodelle und -methoden für die stark an Bedeutung gewinnenden parallelen und spezialisierten Rechnerarchitekturen.

4.3 Data Science

Koordination

Prof. Dr. Axel-Cyrille Ngonga Ngomo

Enthaltene Module

- Advanced Algorithms
- Advanced Distributed Algorithms and Data Structures
- Data Science for Software Engineering
- Data Science in Industrial Applications
- Digitale Sprachsignalverarbeitung
- Explainable Artificial Intelligence
- Foundational Methods for Knowledge Representation and Reasoning
- Foundations of Knowledge Graphs
- Introduction to Description Logics

4 Focus Areas

- Topics in Pattern Recognition and Machine Learning
- Topics in Signal Processing
- Unsupervised Learning and Evolutionary Optimisation Using R

Beschreibung

Data Science ist eine junge wissenschaftliche Disziplin im Schnittbereich von Informatik, Statistik, Mathematik und den Ingenieurwissenschaften, die sich in den letzten Jahren zu einem der einflussreichsten Gebiete der Forschungslandschaft entwickelt hat. Sie trägt maßgeblichen Anteil an der Digitalisierung und “Datafizierung” unserer Gesellschaft, nicht nur in der Industrie und Forschung sondern auch im privaten Umfeld. In der Wissenschaft wird sie neben dem empirischen, theoretischen und computationalen Ansatz oft als “viertes Paradigma” betrachtet. Grob gesagt besteht das Ziel der Data Science in der Entwicklung methodischer und algorithmischer Grundlagen einer automatisierten Erzeugung nützlichen Wissens aus Daten, sowie der Umsetzung entsprechender Grundlagen in Form von Computersystemen.

Das Vertiefungsgebiet “Data Science” stattet die Studierenden mit solidem theoretischem Grundwissen sowie praktischen Fertigkeiten aus, die ihnen das Profil eines modernen “Data Scientist” verleihen. Hierzu werden Veranstaltungen in drei Richtungen angeboten: Mathematische und algorithmische Grundlagen, Data Analytics, Software und Systeme. Die Studierenden erwerben grundlegende Kenntnisse des systematischen Erfassens, Archivierens, Komprimierens und Aggregierens großer, heterogener Datenbestände (Text, Bild, Audio, Video, etc.), sowie des Analysierens solcher Daten mithilfe von Methoden der Statistik, des maschinellen Lernens und des Data Mining. Darüber hinaus werden sie vertraut gemacht mit relevanten Programmiersprachen, Techniken des Software Engineering und Konzepten einer verteilten, skalierbaren Informationsverarbeitung. Praktische Erfahrungen und Soft Skills werden insbesondere im Rahmen einer Spezialisierung in einem Anwendungsbereich wie Industrial Data Science, Digital Humanities, Business Analytics und Cybersecurity vermittelt.

4.4 Intelligence and Data

Koordination

Prof. Dr. Axel-Cyrille Ngonga Ngomo

Enthaltene Module

- Explainable Artificial Intelligence
- Foundations of Knowledge Graphs
- Introduction to Description Logics
- Machine Learning 1
- Multi-Objective Optimisation
- Statistical Signal Processing
- Unsupervised Learning and Evolutionary Optimisation Using R

Beschreibung

Intelligente Systeme sind Computersysteme, deren Verhalten durch Methoden und Algorithmen der Künstlichen Intelligenz (KI) gesteuert wird. Solche Systeme gewinnen kontinuierlich an Bedeutung, nicht nur auf wissenschaftlicher Ebene innerhalb der Informatik, sondern auch im sozialen und gesellschaftlichen Kontext: Autonome oder teilautonome Systeme wie Serviceroboter, selbstfahrende PKWs oder medizinische Diagnosesysteme werden unser privates und berufliches Leben in absehbarer Zukunft tiefgreifend verändern. Neben methodischen Fortschritten und einer Steigerung der Rechenleistung durch schnellere Hardware ist die rasante Entwicklung von KI-Systemen in der letzten Dekade vor allem einer Datenexplosion zu verdanken: Die Verfügbarkeit großer Mengen von Daten oder sensorisch erfasster Beobachtungen aus ihrer Umgebung versetzt intelligente Systeme in die Lage, ihr Verhalten durch Adaption und Lernen selbständig zu optimieren.

Diese Focus Area greift wichtige Aspekte des Entwurfs intelligenter Systeme auf und vermittelt entsprechende theoretische und methodische Grundlagen. Die Inhalte erstrecken sich von Themen wie Maschinelles Lernen und Datenanalyse über das Datenmanagement bis hin zur graphischen Datenverarbeitung und Anwendungen in der Robotik und Schwarmintelligenz.

4.5 Networks and Communication

Koordination

Prof. Dr. Marco Platzner

Enthaltene Module

- Advanced Distributed Algorithms and Data Structures
- Advanced Networked Systems
- Real-Time Operating Systems: Designs and Implementations
- Web Security

Beschreibung

Das Vertiefungsgebiet "Netze und Kommunikation" lehrt Architekturen, Methoden und Systeme moderner Kommunikationstechnik. Hierzu werden Methoden unterschiedlicher Abstraktionsebenen untersucht, beginnend bei der physikalischen Übertragung bis hin zum Anwendungsentwurf in verteilten Umgebungen. Dabei werden unterschiedliche Systemklassen behandelt, von klassischer Mobilkommunikation über ad hoc Netze und Fahrzeugkommunikation bis zur Vernetzung in Rechenzentren und Architekturen des zukünftigen Internets. Dabei wird die Brücke zu verteilten System hergestellt. Neben Fragen des Architekturentwurfs, der Methoden- und Protokollgestaltung steht dabei stets die Frage der Bewertung solcher Verfahren im Raum; hierzu werden experimentelle und statistische Verfahren besprochen.

4.6 Security

Koordination

Prof. Dr. Yasemin Acar

Enthaltene Module

- Advanced Distributed Algorithms and Data Structures
- Designing code analyses for large-scale software systems 1
- Designing code analyses for large-scale software systems 2
- Foundations of Cryptography
- Hardware Security
- Human Factors in Security and Privacy
- Introduction to Quantum Computation
- Post-Quantum Cryptography
- Privacy and Technology
- Quantum Complexity Theory
- Quantum Information
- Real World Crypto Engineering
- Usable Security and Privacy
- Web Security

Beschreibung

In allen Lebensbereichen bieten digitale Technologien, wie zum Beispiel das (Industrial) Internet of Things, Cyber-Physical Systems, Digital Automotives, Digital Health oder Industrie 4.0, ein immenses Innovationspotenzial. Die zunehmende Digitalisierung erfordert jedoch neue Ansätze, um dieses Potenzial sicher nutzen zu können. Um diese Herausforderung angehen zu können, besteht in Industrie, Forschung und Lehre ein großer Bedarf an gut ausgebildeten Informatik-Experten mit fundierten Kenntnissen in der IT-Sicherheit. Im Vertiefungsgebiet "IT Security" wird ein solides theoretisches Grundwissen in Kombination mit praktischen Fertigkeiten vermittelt. Das Lehrangebot deckt fachliche Kompetenzen aus dem Bereich der IT-Sicherheit ab (z.B. Softwaresicherheit, formale Verifikation, Grundlagen der modernen Kryptographie und Kommunikationssicherheit) ab, in denen typische Sicherheitslücken und Angriffstechniken vorgestellt werden und Gegenmaßnahmen und ihre Wirksamkeit untersucht werden.

Da Sicherheit nicht unabhängig von konkreten Anwendungen gesehen werden kann und unterschiedliche Anwendungen unterschiedliche Sicherheitsanforderungen haben, werden darüber hinaus auch fachliche Kompetenzen in modernen Anwendungsfeldern mit besonderen Sicherheitsanforderungen (z.B. Kommunikationsprotokolle in den Bereichen Mobile und Automotive) sowie ergänzende Qualifikationen in den Bereichen Algorithmen und Quanten-Computing abgedeckt.

4.7 Software Engineering

Koordination

Prof. Dr. Eric Bodden

Enthaltene Module

- Data-Driven Engineering
- Data-Driven Innovation
- Data Science for Software Engineering
- Data Science in Industrial Applications
- Designing code analyses for large-scale software systems 1
- Designing code analyses for large-scale software systems 2
- Human Factors in Security and Privacy
- Model-Based Systems Engineering
- Software Architecture Design and Recovery
- Software Quality Assurance

Beschreibung

In dieser Studienrichtung können die Studierenden Konzepte, Sprachen, Methoden, Techniken und Werkzeuge für eine systematische Entwicklung von Softwaresystemen erlernen. Dies umfasst

- konstruktive Techniken zur Realisierung von funktionalen und nicht-funktionalen Aspekten eines Softwaresystems,
- formale and informelle analytische Techniken, um eine hohe Qualität eines Systems zu erzielen und
- systematische Techniken, um situationsspezifische Vorgehensmodelle zu definieren.

5 Module im Wintersemester

• M.079.4005 Advanced Computer Architecture	24
• M.079.4006 Advanced Distributed Algorithms and Data Structures	27
• M.079.4212 Agentic Software Engineering	32
• M.079.4070 Designing code analyses for large-scale software systems 1	48
• M.079.4054 Foundations of Knowledge Graphs	68
• M.079.4209 Geometric Deep Learning	71
• M.079.4092 Human Factors in Security and Privacy	80
• M.079.4059 Introduction to Quantum Computation	86
• M.079.4031 Logic Programming for Artificial Intelligence (MA v3)	89
• M.079.4032 Machine Learning 1	92
• Master-Abschlussarbeit	4
• M.079.4062 Model-Based Systems Engineering	95
• M.079.4087 Privacy and Technology	104
• M.079.4041 Projektgruppe	7
• M.079.4090 Quantum Information	112
• M.079.4067 Real World Crypto Engineering	118
• M.079.4213 Real-Time Operating Systems: Design and Implementations	115
• M.079.4043 Reconfigurable Computing	120
• M.048.55106 Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies	123
• M.079.4045 Seminar I	10
• M.079.4046 Seminar II	13
• M.079.4094 Software Architecture Design and Recovery	126
• M.048.92004 Statistical Signal Processing	132
• Studium Generale – Master	16
• M.048.92014 Topics in Signal Processing	134
• M.048.92027 VLSI-Testing	143

6 Module im Sommersemester

• M.079.4002 Advanced Algorithms	18
• M.079.4004 Advanced Complexity Theory (v3)	21
• M.079.4096 Advanced Networked Systems	29
• M.079.4009 Algorithms for Complex Virtual Scenes	36
• M.079.4068 Approximate Computing	40
• M.079.4101 Data Science for Software Engineering	45
• M.079.4076 Data-Driven Innovation	43
• M.079.4071 Designing code analyses for large-scale software systems 2	52
• M.048.24001 Digitale Sprachsignalverarbeitung	56
• M.079.4091 Explainable Artificial Intelligence	59
• M.079.4210 Foundational Methods for Knowledge Representation and Reasoning	62
• M.079.4020 Foundations of Cryptography	65
• M.079.4205 Geometry Processing	74
• M.079.4211 Hardware Security	77
• M.079.4098 Introduction to Description Logics	83
• M.079.4031 Logic Programming for Artificial Intelligence (MA v3)	89
• Master-Abschlussarbeit	4
• M.079.4095 Multi-Objective Optimisation	98
• M.079.4089 Post-Quantum Cryptography	101
• M.079.4041 Projektgruppe	7
• M.079.4072 Quantum Algorithms	107
• M.079.4063 Quantum Complexity Theory	109
• M.079.4045 Seminar I	10
• M.079.4046 Seminar II	13
• M.079.4048 Software Quality Assurance	129
• Studium Generale – Master	16
• M.079.4093 Unsupervised Learning and Evolutionary Optimisation Using R	136
• M.079.4086 Usable Security and Privacy	139
• M.079.4073 Web Security	146

7 Modules in English

• M.079.4002 Advanced Algorithms	18
• M.079.4004 Advanced Complexity Theory (v3)	21
• M.079.4005 Advanced Computer Architecture	24
• M.079.4006 Advanced Distributed Algorithms and Data Structures	27
• M.079.4096 Advanced Networked Systems	29
• M.079.4212 Agentic Software Engineering	32
• M.079.4009 Algorithms for Complex Virtual Scenes	36
• M.079.4068 Approximate Computing	40
• M.079.4101 Data Science for Software Engineering	45
• M.079.4076 Data-Driven Innovation	43
• M.079.4070 Designing code analyses for large-scale software systems 1	48
• M.079.4071 Designing code analyses for large-scale software systems 2	52
• M.048.24001 Digital Speech Signal Processing	56
• M.079.4091 Explainable Artificial Intelligence	59
• M.079.4210 Foundational Methods for Knowledge Representation and Reasoning	62
• M.079.4020 Foundations of Cryptography	65
• M.079.4054 Foundations of Knowledge Graphs	68
• M.079.4209 Geometric Deep Learning	71
• M.079.4205 Geometry Processing	74
• M.079.4211 Hardware Security	77
• M.079.4092 Human Factors in Security and Privacy	80
• M.079.4098 Introduction to Description Logics	83
• M.079.4059 Introduction to Quantum Computation	86
• M.079.4031 Logic Programming for Artificial Intelligence	89
• M.079.4032 Machine Learning 1	92
• Master Thesis	4
• M.079.4095 Multi-Objective Optimisation	98
• M.079.4089 Post-Quantum Cryptography	101
• M.079.4087 Privacy and Technology	104
• M.079.4041 Project Group	7
• M.079.4072 Quantum Algorithms	107
• M.079.4063 Quantum Complexity Theory	109
• M.079.4090 Quantum Information	112
• M.079.4067 Real World Crypto Engineering	118
• M.079.4213 Real-Time Operating Systems: Design and Implementations	115
• M.079.4043 Reconfigurable Computing	120
• M.048.55106 Resource-Efficient AI: Architectures and Methodologies	123
• M.079.4045 Seminar I	10
• M.079.4046 Seminar II	13
• M.079.4094 Software Architecture Design and Recovery	126

7 Modules in English

• M.079.4048 Software Quality Assurance	129
• M.048.92004 Statistical Signal Processing	132
• General Studies – Master	16
• M.048.92030 Topics in Pattern Recognition and Machine Learning	??
• M.048.92014 Topics in Signal Processing	134
• M.079.4093 Unsupervised Learning and Evolutionary Optimisation Using R	136
• M.079.4086 Usable Security and Privacy	139
• M.048.92027 VLSI-Testing	143
• M.079.4073 Web Security	146

Erzeugt am 10. Juli 2026 um 15:30.