Universität der Bundeswehr München
Werner-Heisenberg-Weg 39
85579 Neubiberg

Modulhandbuch des Studiengangs

Informatik
(Master of Science)

an der
Universität der Bundeswehr München

(Version 2027)

Stand: 16. November 2026

Inhaltsverzeichnis

Pflichtmodule - INF 2027

1531 Simulation 6
3491 Algorithmen und Komplexität 8

Überkonto Wahlpflicht - INF 2027

Wahlpflichtmodule, Vertiefung: Theoretische Informatik - INF 2027

1037 Informations- und Codierungstheorie 10
1163 Praxisprojekt 12
1195 Algorithmische Geometrie 14
1196 Ausgewählte Kapitel der Komplexitätstheorie 16
1198 Berechenbarkeit 18
1490 Operations Research, Complex Analytics and Decision Support Systems (ORMS I) 20
1518 Formale Entwicklung korrekter Software 23
1523 Reelle Berechenbarkeit 25
3394 Ausgewählte Kapitel der Logik in der Informatik 27
3395 Logikprogrammierung 29
5548 Modern Cryptography 31

Wahlpflichtmodule, Vertiefung: Software- und Informationsmanagement - INF 2027

1034 Softwareentwicklungsumgebungen 33
1144 Knowledge Discovery in Big Data 35
1163 Praxisprojekt 37
1165 Rechtsfragen der Informatik 39
1167 Mensch-Computer-Interaktion 40
1189 Visuelle Sprachen und Umgebungen 42
1190 Web Technologies 44
1398 Middleware und mobile Cloud Computing 46
1518 Formale Entwicklung korrekter Software 49
1630 Introduction to Machine Learning 51
2095 Ethik und Philosophie der Informatik 53
2319 Artificial Intelligence 55
2320 Responsible Artificial Intelligence 57
2536 Artificial Intelligence (erweitert) 59
2537 Responsible Artificial Intelligence (erweitert) 62
2668 Deep Learning (erweitert) 65
2821 Deep Learning 68
2994 Ausgewählte Kapitel des OR: Data-driven Optimization 70

3647 Compilerbau ... 73
3648 Compilerbau (erweitert) ... 75
3850 Natural Language Processing ... 78
3851 Information Retrieval ... 80

Wahlpflichtmodule, Vertiefung: Technische Informatik - INF 2027

1010 Cyber Defense ... 82
1032 Analytische Modelle ... 87
1033 Simulationstechnik ... 89
1163 Praxisprojekt ... 91
1197 Rechnernetze ... 93
4097 Intelligent vernetzte Systeme ... 95
5505 Systemsicherheit ... 97

Wahlpflichtmodule, Vertiefung: Informationstechnik in Organisationen - INF 2027

1163 Praxisprojekt ... 99
1165 Rechtsfragen der Informatik ... 101
1169 Vernetzte Operationsführung und Digitale Streitkräfte ... 102
1170 Projektmanagement INF ... 106
1171 Prozessmanagement und Engineering Standards ... 109
1360 IT-Governance ... 112
1398 Middleware und mobile Cloud Computing ... 114
1507 Enterprise Architecture und IT Service Management ... 117
2095 Ethik und Philosophie der Informatik ... 120

Wahlpflichtmodule, Vertiefung: Geoinformatik - INF 2027

1149 Geoinformatik Seminar ... 122
1150 Geoinformatik und Visual Computing ... 124
1163 Praxisprojekt ... 126
1490 Operations Research, Complex Analytics and Decision Support Systems (ORMS I) ... 128
1932 Computer Vision ... 131
1937 Advanced Computer Vision ... 134
1938 Computer Vision (erweitert) ... 137
2994 Ausgewählte Kapitel des OR: Data-driven Optimization ... 141
4044 Fernerkundung ... 144
4045 Fernerkundung (erweitert) ... 147

Wahlpflichtmodule, Vertiefung: Modellierung, Operations Research, Simulation und Experimentation - INF 2027

1032 Analytische Modelle ... 151
1033 Simulationstechnik ... 153
1163 Praxisprojekt ... 155
1490 Operations Research, Complex Analytics and Decision Support Systems (ORMS I) ... 157

2994 Ausgewählte Kapitel des OR: Data-driven Optimization..... 160
3579 Digital und Serious Games..... 163

Wahlpflichtmodule, Vertiefung: Künstliche Intelligenz - INF 2027

1144 Knowledge Discovery in Big Data..... 166
1630 Introduction to Machine Learning..... 168
1932 Computer Vision..... 170
1937 Advanced Computer Vision..... 173
1940 Graph Analytics and Machine Learning..... 176
1941 Generative KI..... 178
1942 Python programming for AI..... 180
1943 AI and simulation..... 182
1944 AI in military decision making..... 184
1945 AI/ML ops..... 187
1946 AI for Medicine and Healthcare..... 190
1947 Defence Analytics - AI-based Decison Making..... 192
1948 AI/ Automation/ OR - Legal and Ethical Implications in Warfare..... 194
2095 Ethik und Philosophie der Informatik..... 198
2180 Adaptive Artificial Intelligence..... 200
2181 Adaptive Artificial Intelligence (erweitert)..... 202
2182 Learning under Data Scarcity..... 204
2319 Artificial Intelligence..... 206
2320 Responsible Artificial Intelligence..... 208
2536 Artificial Intelligence (erweitert)..... 210
2537 Responsible Artificial Intelligence (erweitert)..... 213
2668 Deep Learning (erweitert)..... 216
2821 Deep Learning..... 219
2994 Ausgewählte Kapitel des OR: Data-driven Optimization..... 221
3396 Data Mining und IT- basierte Entscheidungsunterstützung..... 224
3579 Digital und Serious Games..... 227
3850 Natural Language Processing..... 230

Anwendungsfachmodule Elektrotechnik - INF 2027

1282 Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik..... 232
1326 Fragen der Mikro- und Nanosystemtechnik..... 234
1846 Biomedizinische Informationstechnik 1..... 235
1919 Advanced Analog Integrated Circuit Design..... 238
1924 Praxisanwendungen mit MATLAB oder LabVIEW..... 240
2317 Quantencomputing für Ingenieure..... 242
3684 MATLAB essentials..... 244
6050 Signalverarbeitung..... 246
6060 Digitale Filter und Array Processing..... 248

6067 Biomedizinische Informationstechnik 2 251

Anwendungsfachmodule Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften - INF 2027

1211 Algorithmen in der Mathematik 254

1232 System Analysis and Concept Development und Experimentation (ORMS III) 257

1513 Numerische Mathematik 259

1932 Computer Vision 261

1937 Advanced Computer Vision 264

1938 Computer Vision (erweitert) 267

2994 Ausgewählte Kapitel des OR: Data-driven Optimization 271

3396 Data Mining und IT- basierte Entscheidungsunterstützung 274

Seminar - INF 2027

1009 Seminarmodul 277

Masterarbeit - INF 2027

1142 Masterarbeit INF 279

Verpflichtendes Begleitstudium plus

9903 studium plus 3, Seminar und Training 280

Übersicht des Studiengangs: Konten und Module 282

Übersicht des Studiengangs: Lehrveranstaltungen 286

Modulname	Modulnummer
Simulation	1531

Konto	Pflichtmodule - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Oliver Rose	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11433	VÜ	Simulation	Pflicht	3
15312	P	Praktikum Modellbildung und Simulation (klein)	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen
Grundlegende Kenntnisse zu Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik.

Qualifikationsziele
Ziel der Lehrveranstaltungen dieses Moduls ist es, die Studierenden mit speziellen Techniken der Modellentwicklung und rechnergestützter Simulation vertraut zu machen. Insbesondere sollen sie Studierenden dabei lernen, wie Qualität, Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit komplexer Simulationsmodelle durch Auswahl entsprechender Entwurfs- und Testmethoden gewährleistet werden können.

Inhalt
Im Rahmen dieses Moduls werden die Studierenden zunächst anhand von Beispielen in die unterschiedlichen Einsatz- und Anwendungsbereiche der rechnergestützten Simulation eingeführt. Sie sollen dabei die unterschiedlichen, bei Entwurf und Implementierung eines Simulationsmodells zu berücksichtigenden Einfluss-, Steuer und Ausgabeparameter kennenlernen. Im Mittelpunkt dieser Einführung werden des Weiteren Klassifikationen von Anwendungsbereichen und Techniken der rechnergestützten Simulation stehen, mit dem Schwerpunkt auf der diskreten Simulation. Die Studierenden werden danach unterschiedliche Prinzipien von Ablaufsteuerungen, Zufallszahlenerzeugung, Datenerhebung und -auswertung sowie Möglichkeiten und Problematik der Modell-Verifikation und -Validierung kennenlernen. Außerdem werden Chancen, Risiken und Vorgehensweisen von Modellentwurfsprozessen sowie einer komponentenbasierten Modellentwicklung behandelt. Es wird der Einsatz von Modellierungsmethoden und Techniken rechnergestützter Simulation unter besonderen Randbedingungen bzw. für spezielle Verwendungszwecke behandelt. Dabei werden insbesondere die Datenaufbereitung für Simulationsmodelle, die Versuchsplanung bei Simulationsexperimenten und die Auswertung von Simulationsergebnissen betrachtet.

Im Praktikum werden die Inhalte der Vorlesung im Rahmen eines exemplarischen Simulationsprojektes zur Anwendung gebracht.
Leistungsnachweis
Mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer.
Verwendbarkeit
Die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen dieses Wahlpflichtmoduls ermöglicht den Studierenden die Übernahme einer Master-Arbeit auf dem Gebiet der Modellbildung und Simulation. Da außerdem in nahezu allen Disziplinen zunehmend rechnergestützte Simulation als Hilfsmittel für Analysen und bewertende Untersuchungen eingesetzt wird, erleichtert es den Studierenden bei Auswahl dieses Moduls Einschätzung des Potentials von Simulation und deren Anwendungen in vielen Fachgebieten.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Algorithmen und Komplexität	3491

Konto	Pflichtmodule - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Peter Hertling	Pflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
34911	VÜ	Algorithmen und Komplexität	Wahlpflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Die Studierenden sollten Grundkenntnisse in Informatik besitzen, insbesondere schon einige Erfahrung mit Algorithmen haben und die Sprache der Mathematik beherrschen. Nützlich sind außerdem generell Grundkenntnisse zur theoretischen Informatik, wie sie in entsprechenden Modulen im Bachelorstudiengang Informatik vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Die Studierenden sollen Algorithmen auf ihre Effizienz hinsichtlich Laufzeit und Speicherplatzverbrauch analysieren können. Sie sollen zu in der Praxis auftretenden Berechnungsproblemen effiziente Algorithmen entwerfen können. Schließlich sollen sie die wichtigsten Komplexitätsklassen kennen und mit den Begriffen der Reduktion von Berechnungsproblemen und der Vollständigkeit für eine Komplexitätsklasse vertraut sein, um für Berechnungsprobleme abschätzen zu können, wo diese in der Hierarchie der Komplexitätsklassen einzuordnen sind, das heißt, wieviel Rechenzeit und Speicherplatz man zu ihrer Lösung nach dem derzeitigen Wissensstand in etwa benötigt und welche anderen Probleme in etwa gleich schwer sind.

Inhalt

Es werden Techniken zur Algorithmenanalyse hinsichtlich Laufzeit und Speicherplatzverbrauch vermittelt, ebenso Techniken zum Entwurf von Algorithmen, auch von Approximationsalgorithmen. Für die komplexitätstheoretische Einordnung von Berechnungsproblemen werden die wichtigsten deterministischen, nichtdeterministischen und probabilistischen Komplexitätsklassen eingeführt und erläutert, außerdem Hierarchiesätze, der Reduktionsbegriff für Berechnungsprobleme und die Vollständigkeit von Berechnungsproblemen für Komplexitätsklassen. Alle Begriffe und Ergebnisse werden anhand von Beispielen erläutert.

Literatur

- C.H. Papadimitriou: Computational Complexity, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1994.

- D.-Z. Du, K.-I Ko: Theory of Computational Complexity, Wiley-Interscience, New York, 2000.
- K.R. Reischuk: Einführung in die Komplexitätstheorie, B.G. Teubner, Stuttgart, 1990.
- J. E. Hopcroft, J. D. Ullman: Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1979.
- I. Wegener: Komplexitätstheorie: Grenzen der Effizienz von Algorithmen, Springer, 2003. Oder die englische Version dieses Buches: I. Wegener: Complexity Theory. Exploring the Limits of Efficient Algorithms, Springer, 2005 (über die Bibliothek elektronisch verfügbar).
- Th. H. Cormen, Ch. E. Leiserson, R. Rivest, C. Stein: Algorithmen - Eine Einführung, 2. Auflage, Oldenbourg Verlag, München, Wien, 2007.
- U. Schöning: Algorithmik, Spektrum Akademischer Verlag, Springer, 2001.

Leistungsnachweis

Mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer.

Verwendbarkeit

- Pflichtmodul im Masterstudiengang Informatik
- Nützlich für alle Module, in denen die Effizienz von Algorithmen eine Rolle spielt.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester. Als Startzeitpunkt ist das Frühjahrstrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Informations- und Codierungstheorie	1037

Konto	WPFL Vert.: THI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Peter Hertling	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
1037	VÜ	Informations- und Codierungstheorie	Wahlpflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen
Es werden Grundkenntnisse in Analysis, linearer Algebra und Wahrscheinlichkeitstheorie vorausgesetzt.

Qualifikationsziele
Die Studierenden lernen einerseits grundlegende theoretische Begriffe zur Übertragung von Information durch einen Bitstrom kennen, sowie prinzipielle Grenzen der Informationsübertragung. Andererseits lernen sie wichtige Codierungsmethoden kennen, die in der digitalen elektronischen Datenübertragung verwendet werden. Sie lernen zu beurteilen, welche Codierungsmethoden in welcher Situation vorzuziehen sind. Außerdem sollen sie selbst Algorithmen zur Codierung und Decodierung (auch Fehlerkorrektur) implementieren können.

Inhalt
Grundlegende Fragen der Informationsverarbeitung sind, wieviel Information man in einen Bitstrom hineincodieren kann und wieviel Information man durch das Senden eines Bitstroms in einer bestimmten Zeit von einem Ort zu einem anderen Ort übertragen kann, wenn der Bitstrom nur mit einer bestimmten Geschwindigkeit gesendet werden kann und die Sendung womöglich noch gestört wird. Diese Fragen werden in der Shannonschen Informationstheorie behandelt, die Inhalt dieser Veranstaltung ist. Dazu werden Grundbegriffe zu Codes eingeführt, der Begriff der Entropie, Nachrichtenquellen und Kanäle. Ziele sind der Quellencodierungssatz und der Kanalcodierungssatz von Shannon. Anschließend werden in der Praxis wichtige Codierungsmethoden behandelt z.B. lineare Codes und Faltungscodes. Es werden Algorithmen und Ergebnisse zu derartigen Codierungsmethoden und zur Decodierung und Fehlerkorrektur einer übertragenen,

codierten, aber möglicherweise gestörten Nachricht behandelt werden. Am Ende soll noch eine kurze Einführung in die algorithmische Informationstheorie gegeben werden.

Literatur

- Thomas M. Cover, Joy A. Thomas: Elements of Information Theory, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1991.
- Werner Heise, Pasquale Quattrocchi: Informations- und Codierungstheorie, Springer-Verlag, Berlin, 2. Auflage, 1989.
- Rudolf Mathar: Informationstheorie, B. G. Teubner, Stuttgart, 1996.
- Robert J. McEliece: The Theory of Information and Coding, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, 1977.
- Wolfgang Willems: Codierungstheorie und Kryptographie, Birkhäuser, Basel, 2008.

Leistungsnachweis

Mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Informatik, Vertiefungsfeld Theoretische Informatik
- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Cyber-Sicherheit, Vertiefungsfeld Security Intelligence (SI)
- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Mathematical Engineering, Vertiefungsfeld IT-Sicherheit und Kommunikationssysteme (ITSK)
- Nützlich für alle Module, die mit Datenübertragung und elektronischen Kommunikationssystemen befasst sind.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.
Es findet üblicherweise im Wintertrimester statt, wird aber nicht in jedem Studienjahr angeboten. Die konkreten Angebotstermine können der Lehrveranstaltungsplanung der Fakultät für Informatik entnommen werden.

Modulname	Modulnummer
Praxisprojekt	1163

Konto	WPFL Vert.: THI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Siegle	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
360	0	360	12

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11631	P	Praxisprojekt	Pflicht	1
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				1

Empfohlene Voraussetzungen

Von den Studierenden werden erste Vorkenntnisse im Vertiefungsfeld, in dem das Praktikum angesiedelt ist, erwartet. Diese werden z.B. in den Veranstaltungen des Vertiefungsfeldes im WT und FT des ersten Studienjahres vermittelt.

Qualifikationsziele

Die Studierenden gewinnen Erfahrung in realen industriellen oder organisatorischen Projekten. Sie bekommen Einblick in die Durchführung und das Management realer Projekte im Umfeld dem gewählten Vertiefungsfeld.

Inhalt

Das Praktikum besteht aus der aktiven Mitarbeit in realen Projekten, in denen es um aktuelle Fragestellungen oder Anwendungen aus dem gewählten Vertiefungsfeld geht. Der Teilnehmer bearbeitet eigenständig eines oder mehrere Teilprobleme. Das Praktikum kann in einem Industriebetrieb, bei einer Behörde oder einer Dienststelle durchgeführt werden. Das Praxisprojekt kann nicht an der Universität der Bundeswehr durchgeführt werden.

Leistungsnachweis

Portfolio (Bearbeitungszeitraum 10 bis 12 Wochen; siehe auch Sonstige Bemerkungen): Die Praktikums-Tätigkeit wird in einem ausführlichen Praktikumsbericht mit einer Länge von 20 bis 40 Seiten beschrieben und in einem etwa halbstündigen Vortrag mit anschließender Diskussion / Befragung vorgestellt. Falls mehrere Studierende Praktika innerhalb desselben Betriebs / Projekts ablegen, sind getrennte Ausarbeitungen und Vorträge erforderlich. Praktikumsbericht und Vortrag ergeben zusammen die Noten für den Leistungsnachweis des Moduls.

Die Leistungen in Praktikumsbericht und Vortrag gehen im Verhältnis 50 zu 50 in die Note ein.

Verwendbarkeit
Die praktische Erfahrung ist eine wichtige Grundlage für die berufliche Tätigkeit nach dem Studium. Auch für den weiteren Verlauf des Master-Studiums, insbesondere die Master-Arbeit, ist diese Erfahrung von großem Vorteil. Das Praxisprojekt ist Pflicht für das Master-Vertiefungsfeld MORSE, es kann aber auch in andere Vertiefungsfelder eingebracht werden, wenn der Aufgabensteller / Betreuer Dozent in dem jeweiligen Vertiefungsfeld ist.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils in der vorlesungsfreien Zeit. Als Startzeitpunkt ist die vorlesungsfreie Zeit im 1. Studienjahr vorgesehen.
Sonstige Bemerkungen
Es wird eine mindestens 6-wöchige Vollzeittätigkeit bei einem Unternehmen oder einer Dienststelle erwartet. Die Workload ergibt sich aus der 6-wöchigen Tätigkeit plus Vor- und Nachbereitung. Das eigentliche Praktikum bedarf einer gründlichen Vorbereitung, während dessen der/die Studierende sich in die Thematik einarbeitet. Die Nachbereitung umfasst die Erstellung eines ausführlichen Berichts und die Vorbereitung und Durchführung eines Vortrags.

Modulname	Modulnummer
Algorithmische Geometrie	1195

Konto	WPFL Vert.: THI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Mark Minas	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11951	VÜ	Algorithmische Geometrie	Pflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Es werden Grundkenntnisse aus der elementaren Mathematik und der analytischen Geometrie sowie Kenntnisse von grundsätzlichen Datenstrukturen und Algorithmen vorausgesetzt, wie sie in entsprechend einführenden Modulen vermittelt werden.

Zur Vorbereitung kann die folgende Literatur dienen:

- Mark de Berg, Otfried Cheong, Marc van Kreveld, Mark Overmars: Computational Geometry - Algorithms and Applications, 3rd edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008, DOI: 10.1007/978-3-540-77974-2
- Rolf Klein: Algorithmische Geometrie - Grundlagen, Methoden, Anwendungen, 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005, DOI: 10.1007/3-540-27619-X

Qualifikationsziele

Die Studierenden lernen effiziente Lösungsverfahren für grundsätzliche geometrische Probleme kennen, wie sie in einer Vielzahl von Anwendungsgebieten (z.B. Computergraphik und Bildverarbeitung, Robotik, CAD/CAM, geographische Informationssysteme, kombinatorische Optimierung) vorkommen. Die Studierenden werden damit in die Lage versetzt, solche Probleme in der Praxis zu identifizieren, verschiedene Lösungsverfahren abzuwägen und die effizientesten auszuwählen sowie umzusetzen.

Inhalt

Die Studierenden erwerben umfassende theoretische Kenntnisse sowie praxisnahe Beispiele in der Algorithmischen Geometrie. Im Einzelnen

- werden die Studierenden mit den Problemstellungen der analytischen Geometrie vertraut gemacht, z.B. mit den Schnitten geometrischer Objekte.
- lernen sie, wie zusammenhängende Kurven und Flächen aus Punktmengen effizient
- berechnet werden können, z.B. konvexe Hüllen.

- lernen sie effiziente Suchverfahren in geometrischen Räumen kennen und anzuwenden, z.B. die Bestimmung kürzester Roboterwege.
- werden die Studierenden mit der Segmentierung von Räumen und dem Sortieren von Objekten vertraut gemacht (z.B. Triangulierungen und mehrdimensionale Bäume).
- lernen sie die im Zweidimensionalen effizient durchzuführende lineare Optimierung kennen und anzuwenden (z.B. an Hand der inkrementellen linearen Programmierung).

Leistungsnachweis

Mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer.

Verwendbarkeit

Die in dieser Veranstaltung erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten können in der Computergraphik und Bildverarbeitung, Robotik, CAD/CAM, geographische Informationssysteme etc. eingesetzt werden und können u.a. in Veranstaltungen über geographische Informationssysteme und Visuelle Sprachen und Umgebungen genutzt werden.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.
Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.
Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Ausgewählte Kapitel der Komplexitätstheorie	1196

Konto	WPFL Vert.: THI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Peter Hertling	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11961	VL	Ausgewählte Kapitel der Komplexitätstheorie	Pflicht	3
11962	UE	Ausgewählte Kapitel der Komplexitätstheorie	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden Kenntnisse über Komplexitätstheorie, wie sie z.B. im Modul Algorithmen und Komplexität vermittelt werden, sowie Grundkenntnisse in Mathematik und über Algorithmen.

Qualifikationsziele

Die Fähigkeiten der Studierenden, die Schwierigkeit von Berechnungsproblemen aus der Praxis abzuschätzen, werden erheblich erweitert. Dazu lernen sie verschiedene Komplexitätsbegriffe aus unterschiedlichen Gebieten der Informatik und neue Werkzeuge zum Vergleich der Komplexität unterschiedlicher Probleme miteinander kennen. Sie beschäftigen sich mit interaktiven Protokollen, die in einer vernetzten Welt immer wichtiger werden, und mit einem bedeutenden komplexitätstheoretischen Resultat jüngeren Datums, das es ihnen erlaubt, auch die Schwierigkeit von Optimierungsproblemen besser zu beurteilen.

Inhalt

Einerseits soll in diesem Modul die bereits im Modul Algorithmen und Komplexität entwickelte Theorie für die Komplexität von Entscheidungsproblemen vertieft und verfeinert werden. Stichworte sind Berechnungen mit Orakeln und die polynomielle Hierarchie. Diagonalisierungstechniken zur Separierung von Komplexitätsklassen werden diskutiert. Kolmogorovkomplexität als Maß für die Komprimierbarkeit von Objekten wird behandelt und der Begriff unter anderem auf K-triviale Mengen angewendet. Zuletzt werden moderne Entwicklungen in der Komplexitätstheorie behandelt: Interaktive Beweissysteme und das PCP-Theorem, ein wichtiges Ergebnis über die Schwierigkeit von Approximationslösungen von Optimierungsproblemen.

Leistungsnachweis
Mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer.
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Informatik, Vertiefungsfeld Theoretische Informatik • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Mathematical Engineering, Vertiefungsfeld IT-Sicherheit und Kommunikationssysteme (ITSK) • Nützlich für andere Module im Masterstudiengang Informatik, in denen die Komplexität von Berechnungsproblemen eine Rolle spielt.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Es wird nicht in jedem Studienjahr angeboten. Die konkreten Angebotstermine können der Lehrveranstaltungsplanung der Fakultät für Informatik entnommen werden.

Modulname	Modulnummer
Berechenbarkeit	1198

Konto	WPFL Vert.: THI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Vasco Brattka	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11981	VÜ	Berechenbarkeit	Pflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden Kenntnisse über Berechenbarkeit, wie sie z.B. im Modul "Grundlagen der Berechenbarkeit" vermittelt werden, und Grundkenntnisse über Algorithmen und Logik.

Qualifikationsziele

Die Berechenbarkeitstheorie beschäftigt sich mit der Frage, welche Berechnungsprobleme grundsätzlich mit Hilfe eines Computers gelöst werden können und welche nicht. Die Studierenden sollen zuerst lernen, wie man aufbauend auf den Berechenbarkeitsbegriffen für natürliche Zahlen oder endliche Wörter, die aus der Vorlesung Grundlagen der Berechenbarkeit bekannt sind, auch die Lösbarkeit von Problemen untersuchen kann, die über anderen Strukturen definiert sind. Zum Beispiel sollen sie einige berühmte Unlösbarkeitsaussagen aus der mathematischen Logik kennenlernen. Die Studierenden sollen auch befähigt werden, Berechnungsprobleme nach ihrem Schwierigkeitsgrad zu vergleichen und zu klassifizieren. Schließlich sollen sie lernen, wie man auch Probleme des numerischen Rechnens, d.h. des Rechnens mit reellen Zahlen, mit Hilfe der Berechenbarkeitstheorie analysieren kann.

Inhalt

In der Vorlesung Grundlagen der Berechenbarkeit wurde Berechenbarkeit über natürlichen Zahlen und endlichen Wörtern betrachtet. Diese Theorie soll einerseits ausgebaut werden, andererseits soll die Berechenbarkeitstheorie auf andere informatiknahe Disziplinen angewandt werden. So sollen einige berühmte Sätze der mathematischen Logik behandelt werden, die mit Hilfe von Berechenbarkeitstheorie hergeleitet werden. Weitere Themen sind das Rechnen mit Orakeln, i.e., mit Bitströmen, die arithmetische Hierarchie und die Berechenbarkeitstheorie für das Rechnen mit reellen Zahlen.

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
Das Modul kann als Wahlpflichtfach im Fach Theoretische Informatik gewählt werden. Die im Modul vermittelten Kenntnisse sind wesentlich für ein Verständnis der Schwierigkeit von Berechnungs- oder Entscheidungsproblemen aus Gebieten wie der Logik, der Programmierung, der Verifikation, des numerischen Rechnens und der Computerarithmetik.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul wird jedes zweite Studienjahr angeboten und beginnt jeweils im Wintertrimester.

Modulname	Modulnummer
Operations Research, Complex Analytics and Decision Support Systems (ORMS I)	1490

Konto	WPFL Vert.: THI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Stefan Pickl	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10333	VÜ	Moderne Heuristiken	Wahlpflicht	3
12325	P	Praktikum Operations Research - Entscheidungsunterstützung II	Wahlpflicht	3
12326	SE	Seminar Ausgewählte Kapitel des Operations Research II	Wahlpflicht	3
14901	VÜ	Ausgewählte Kapitel des Operations Research und der Entscheidungstheorie	Pflicht	3
149010	VÜ	Spieltheorie: Einführung in die mathematische Theorie strategischer Spiele	Wahlpflicht	3
149014	B	Geschichte des Operations Research	Wahlpflicht	3
14902	VÜ	Diskrete Optimierung	Wahlpflicht	3
14904	VÜ	Scheduling	Wahlpflicht	3
14905	VÜ	Schwarmbasierte Verfahren	Wahlpflicht	3
14906	VÜ	Soft Computing A: Management Science and Complex System Analysis - System Dynamics and Strategic Planning	Wahlpflicht	3
14907	VÜ	Soft Computing B: Fuzzy Systems - Network Operations	Wahlpflicht	3
14908	VÜ	Soft Computing C: Natural Computing - Evolutionary Algorithms	Wahlpflicht	3
14909	VÜ	Soft Computing D: Neural Networks and Network Analysis	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse in Mathematik und Informatik; insbesondere elementare Kenntnisse der Linearen Algebra.

Qualifikationsziele

Studierende sollen in die Lage versetzt werden, Probleme im Bereich der industriellen Anwendung, der öffentlichen Verwaltung, der internationalen Konflikte und des strategischen Managements als Operations Research zugehörige Probleme zu identifizieren und mit geeigneten Modellen und Lösungsverfahren zu behandeln.

Es ist das Ziel dieses Moduls, dass die Studierenden sicher mit den Standardverfahren des Operations Research und der Computational Intelligence umgehen können. Im Rahmen des heutigen unterstützenden Rechnereinsatzes sollen Sie in der Lage sein, zukünftige Potentiale zu erkennen und damit verbundene Komplexitätsaspekte im Ramen eines modernen Komplexitätsmanagements mit Methoden des Soft Computing kompetent zu behandeln.

Inhalt

Die Veranstaltung führt in das weite fachliche Gebiet des Operations Research ein. Der quantitativen Beschreibung und Lösung von komplexen Entscheidungsproblemen kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu (Operations Research im engeren Sinne). Ferner wird auf die Entwicklung von algorithmischen Verfahren und Lösungsstrategien großen Wert gelegt (im Rahmen einer anwendungsbetonten Mathematischen Programmierung/ Computational Intelligence). Die behandelten Modelle und Verfahren werden exemplarisch aus dem Bereich der industriellen Anwendung, der öffentlichen Verwaltung, der internationalen Konflikte und des strategischen Managements gewählt werden.

Das Gebiet "Computational Intelligence" umfasst Methoden der sogenannten subsymbolischen Informationsverarbeitung. Auch wenn derzeit noch keine allgemeingültige genaue wissenschaftliche Definition dieses Begriffes existiert, so dient er dazu, die Gebiete "Evolutionary Computation", "Fuzzy Computation" und "Neural Computation" zusammenzufassen. "Computational Intelligence" betont zum einen den algorithmischen Aspekt und zum anderen die Fundierung im Bereich der künstlichen Intelligenz, der Entscheidungstheorie und der multikriteriellen Optimierung.

Im Zentrum dieses Moduls steht die Vermittlung von grundlegenden Kenntnissen über die in diesen Bereichen angewendeten relevanten Algorithmen, Heuristiken und Methoden. Die praktischen Bezüge reichen von den Bereichen "Business Intelligence/Optimization" und "Experimental Design" (z.B. im Bereich einer vernetzten Operationsführung) bis hin zum "Algorithmic Engineering".

Eine inhaltliche Auswahl besteht aus folgenden Elementen: Einführung in die Problemstellung und Lösungsmethoden der allgemeinen Unternehmensforschung (inklusive Operations Management), Klassische Optimierungsverfahren (lineare, nichtlineare, dynamische und diskrete Optimierung, Spieltheoretische Modelle und Verfahren, Mathematische Programmierung, Theorie dynamischer und stochastischer Prozesse, Ausblick auf aktuelle Probleme der Logistik, Steuerung und Netzwerktheorie und Soft Computing).

Am Ende des Moduls wird ein Ausblick auf Cybergefahren und verwandte Optimierungsmodelle gegeben, die speziell aktuelle Cyberproblemstellungen und -gefahren behandeln. Das Modul gibt einen Überblick über „Security Operations“ und

„Cyber Threat Analysis Aktivitäten“ im Sinne eines zukunftsweisenden Operations Research.

Literatur

- Werners, B.: Operations Research. Springer 2018
- Hiller, Liebermann: Introduction to Operations Research. Mc Graw Hill 2020

Leistungsnachweis

Mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfelder Theoretische Informatik, Geoinformatik sowie Modellierung, Operations Research, Simulation und Experimentation
- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang WIN, Vertiefungsfeld Technologie- und Innovationsmanagement
- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang CYB, Vertiefungsfelder Public Security und Security Intelligence

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 bis 3 Trimester. Es wird nicht regelmäßig angeboten.

Sonstige Bemerkungen

Neben der Pflichtveranstaltung "Ausgewählte Kapitel des Operations Research und der Entscheidungstheorie" müssen zwei Lehrveranstaltungen mit Übungen im Umfang von je 3 TWS besucht werden.

Modulname	Modulnummer
Formale Entwicklung korrekter Software	1518

Konto	WPFL Vert.: THI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
PD Dr. Birgit Elbl	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
15174	VÜ	Spezifikation	Wahlpflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden die im Bachelor-Studium erworbenen Grundkenntnisse und Fertigkeiten in diskreter Modellierung (elementare Logik und Mengenlehre), systematischer Programmentwicklung und Theoretischer Informatik.

Qualifikationsziele

Die Studierenden erhalten einen Überblick über die wichtigsten Methoden formaler Spezifikation und erwerben die Fähigkeit, diese auf Beispiele anzuwenden.

Inhalt

Ein Schwerpunkt der Vorlesung sind abstrakte Datentypen, bei denen sowohl die initiale Semantik, als auch lose Spezifikationen behandelt werden. Den Studierenden werden Ansätze zur Strukturierung und zum schrittweisen Aufbau von Spezifikationen vorgestellt. Sie sehen Beispiele für die schrittweise Entwicklung von programmnahen aus rein deskriptiven Spezifikationen. Sie lernen die Kernbegriffe Verfeinerung, Erweiterung und abstrakte Implementierung und deren Rolle bei der Entwicklung von Spezifikationen kennen. Daneben werden auch Spezifikationselemente in verifikationsbewussten, imperativen Sprachen behandelt. Beispiele sind u.a. den Bereichen Spezifikation komplexer Datenstrukturen und zustandsorientierte Spezifikation sequentieller Systeme entnommen. Den Abschluss bildet eine kurze Einführung in die temporale Spezifikation nebenläufiger Systeme.

Leistungsnachweis

Mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul der Vertiefungsrichtungen Software- und Informationsmanagement und Theoretische Informatik im Studiengang Informatik (M. Sc.)
- Wahlpflichtmodul der Wahlpflichtgruppe ITSK im Studiengang Mathematical Engineering (M. Sc.)

- Wahlpflichtmodul in weiteren Studiengängen, sofern beliebige Wahlpflichtmodule aus dem Modulhandbuch Informatik wählbar sind

Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester.Es wird nicht in jedem Studienjahr angeboten. Die konkreten Angebotstermine können der Lehrveranstaltungsplanung der Fakultät für Informatik entnommen werden.

Modulname	Modulnummer
Reelle Berechenbarkeit	1523

Konto	WPFL Vert.: THI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Vasco Brattka	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
15231	VÜ	Reelle Berechenbarkeit	Pflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden Kenntnisse über Berechenbarkeit, wie sie z.B. im Modul Grundlagen der Berechenbarkeit vermittelt werden, Grundkenntnisse über Algorithmen und Logik, sowie Kenntnisse über die Analysis, wie sie etwa in den Vorlesungen Analysis 1 & 2 vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Die Berechenbarkeitstheorie beschäftigt sich mit der Frage, welche Berechnungsprobleme grundsätzlich mit Hilfe eines Computers gelöst werden können und welche nicht. Die Studierenden sollen hier lernen, wie sich Methoden und Inhalte der klassischen Berechenbarkeit auch in den Bereich der reellen Zahlen erweitern lassen. Dabei kommen zu den klassischen diskreten Methoden auch topologische Stetigkeitsargumente hinzu. Dabei soll auch vermittelt werden, zu welchen praktischen Implikationen die Berechenbarkeitseinschränkungen führen und wie realistische Algorithmen mit reellen Zahlen konzipiert werden können.

Inhalt

In der Vorlesung Reelle Berechenbarkeit wird das Rechnen mit reellen Zahlen, Funktionen und Mengen behandelt. Im Vordergrund steht dabei die Frage, wie mit solchen Objekten überhaupt realistisch gerechnet werden kann. Dabei geht es unter anderem um folgende Themen:

- wie man mit unendlichen Objekten auf Computern rechnen kann,
- welche reellen Funktionen und Zahlen berechenbar sind,
- wie reelle Zahlen und andere Objekte auf geeignete Weise darzustellen sind,
- welche Semantik man für das Rechnen mit reellen Zahlen realistisch zugrunde legen kann,
- welche Bilder sich mit beliebiger Auflösung plotten lassen,
- was man über die Berechenbarkeit des numerischen Differenzierens sagen kann,
- wie es sich mit der Berechenbarkeit des numerischen Integrieren verhält,
- in welchen Situationen sich Nullstellen berechnen lassen.

Das Thema der Vorlesung hat sowohl Berührungspunkte mit der Rechnerarithmetik als auch mit der numerischen Mathematik. Allerdings werden die Themen hier aus der Perspektive der Theoretischen Informatik behandelt und es geht darum, zu verstehen, welche Berechnungsprobleme mit reellen Zahlen grundsätzlich mit Computern gelöst werden können und welche nicht.
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
Das Modul kann als Wahlpflichtfach im Fach Theoretische Informatik gewählt werden. Die im Modul vermittelten Kenntnisse sind wesentlich für ein Verständnis der Schwierigkeit von Berechnungsproblemen aus den Gebieten der numerischen Mathematik und der Computerarithmetik.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul wird jedes zweite Studienjahr angeboten und beginnt jeweils im Herbsttrimester.

Modulname	Modulnummer
Ausgewählte Kapitel der Logik in der Informatik	3394

Konto	WPFL Vert.: THI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
PD Dr. Birgit Elbl	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10381	VÜ	Ausgewählte Kapitel der Logik in der Informatik	Wahlpflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden die im Bachelor-Studium Informatik vermittelten Grundkenntnisse und Fertigkeiten in Mathematik und Theoretischer Informatik, insbesondere Mathematischer Logik. Kenntnisse bzgl. formaler Methoden und Grundlagen, wie sie in den Informatik-Einführungsveranstaltungen des Bachelor-Studiums vermittelt werden, sind zur Einordnung der hier behandelten Fragen hilfreich.

Qualifikationsziele

Die Studierenden erwerben vertiefende Kenntnisse bzgl. der Verwendung der Logik in der Informatik. Sie lernen für die Informatik bedeutende logische Systeme näher kennen und befassen sich mit zugehörigen praktischen Aspekten. Sie entwickeln ein weitreichendes Verständnis für das Zusammenwirken theoretischer Untersuchungen und konkreter Verfahren in diesem Gebiet.

Inhalt

Gegenstand der Vorlesung sind ausgewählte praktische Aspekte von Aussagen- und Prädikatenlogik, insbesondere aus den Bereichen maschinengestütztes und automatisiertes Beweisen, wobei ein kalkülbasierter Zugang gewählt wird. Weitere Themen sind den Bereichen Grundlagen von SMT-Solvern, Termersetzungssysteme und Lambda-Kalkül entnommen. Hier erfolgt bei jedem Durchgang der Veranstaltung eine Auswahl und Schwerpunktsetzung, die vor Beginn kommuniziert wird.

Leistungsnachweis

Mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul der Vertiefungsrichtung Theoretische Informatik im Studiengang Informatik (M. Sc.)
- Wahlpflichtmodul in weiteren Studiengängen, sofern beliebige Wahlpflichtmodule aus dem Modulhandbuch Informatik wählbar sind

Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Es wird nicht in jedem Studienjahr angeboten. Die konkreten Angebotstermine können der Lehrveranstaltungsplanung der Fakultät für Informatik entnommen werden.

Modulname	Modulnummer
Logikprogrammierung	3395

Konto	WPFL Vert.: THI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
PD Dr. Birgit Elbl	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10382	VÜ	Logikprogrammierung	Wahlpflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden die im Bachelor-Studium Informatik vermittelten Grundkenntnisse und Fertigkeiten in Mathematik und Theoretischer Informatik, insbesondere Mathematischer Logik, sowie Grundkenntnisse in Programmierung.

Qualifikationsziele

Die Studierenden erwerben vertiefende Kenntnisse bzgl. der Verwendung der Logik als Grundlage einer Programmiersprache. Hierbei erfahren sie das Zusammenspiel der Logikprogrammierung als Teilgebiet der Mathematischen Logik mit der konkreten Umsetzung in einer Sprache der Prolog-Familie.

Die Studierenden verbessern zum einen ihre Fähigkeit zum Übertragen bekannter Konzepte in neue programmiersprachliche Kontexte, zum anderen üben sie die Einarbeitung in eine neue Sprache mit eigenen Konzepten und erhalten einen Überblick über die Besonderheiten der Logikprogrammierung.

Inhalt

Die Studierenden lernen das Programmierparadigma der Logikprogrammierung als Spezialfall deklarativer Sprachen und die ihm zugrunde liegende Theorie kennen. Themen sind insbesondere SLD-Resolution als Basis der Auswertung von Logikprogrammen, die Theorie der Herbrand-Modelle, sowie Korrektheit und Vollständigkeit der SLD-Resolution und theoretische Grundlagen von (rein logischem) Prolog. Die Studierenden erhalten ferner eine kurze Einführung in die Programmiersprache Prolog, einschließlich typischer Techniken und Anwendungen. Hier werden auch nicht "rein logische" Sprachmittel vorgestellt und eingesetzt.

Leistungsnachweis

Der Leistungsnachweis erfolgt durch ein Portfolio. Die Teilleistungen sind hierbei ein 15-minütiges Fachgespräch sowie erfolgreiche Teilnahme an den Übungen, die durch das Anfertigen und Präsentieren der Lösungen zu regelmäßig gestellten Übungsaufgaben (auch zu Prolog) nachgewiesen wird. Die Bearbeitungszeit für die Übungsaufgaben

beträgt jeweils 1-2 Wochen. Die beiden Teilleistungen gehen im Verhältnis 50 zu 50 in die Note ein.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul der Vertiefungsrichtung Theoretische Informatik im Studiengang Informatik (M. Sc.)
- Wahlpflichtmodul in weiteren Studiengängen, sofern beliebige Wahlpflichtmodule aus dem Modulhandbuch Informatik wählbar sind

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester. Es wird nicht in jedem Studienjahr angeboten. Die konkreten Angebotstermine können der Lehrveranstaltungsplanung der Fakultät für Informatik entnommen werden.

Modulname	Modulnummer
Modern Cryptography	5548

Konto	WPFL Vert.: THI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Mark Manulis	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
55481	VÜ	Modern Cryptography	Pflicht	4
55482	SE	Seminar Research Trends in Cryptography	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

Von den Studierenden werden grundlegende mathematischen Kenntnisse sowie ein generelles Interesse an moderner Kryptographie vorausgesetzt.

Qualifikationsziele

Die Studierenden kennen Designprinzipien und Funktionsweise von modernen kryptographischen Verfahren und Protokollen und beherrschen den Umgang mit entsprechender Sicherheitsmodellierung und -beweisführung. Sie sind in der Lage kryptographische Verfahren zu analysieren und kennen den aktuellen Stand in Forschung und Entwicklung rund um Kryptographie und ihren Anwendungen.

Inhalt

- **Modern Cryptography** - In dieser Vorlesung werden moderne Methoden der Kryptographie sowie weiterführende kryptographische Verfahren und Protokolle detailliert vorgestellt und analysiert. Neben der allgemeinen Funktionsweise wird auf die Sicherheitsmodellierung und beweisbare Sicherheit eingegangen. Dazu werden, z.B., moderne Beweisführungsmethoden wie kryptographische Reduktionen eingeführt. Zu den Themen der Veranstaltung gehören unterschiedliche kryptographische Funktionalitäten, darunter Einwegfunktionen, Pseudozufallszahlengeneratoren, Hashfunktionen, Blockchiffren, message authentication codes, digitale Signaturen und Verschlüsselungsverfahren, sowie weiterführende Techniken wie Identifikationsverfahren und zero-knowledge Beweise. Neben den weit verbreiteten auf diskreten Logarithmen oder Integer Faktorisierung basierenden Verfahren, werden weitere Konstruktionen vorgestellt, die mittels elliptischen Kurven und bilinearen Abbildungen aufgebaut sind. Die nötigen mathematischen Grundlagen für diese Verfahren werden im Rahmen der Veranstaltung eingeführt. In Übungen werden die Methoden der beweisbaren

Sicherheit sowie die Funktionsweise von eingeführten Verfahren anhand von Rechen- und Beweisbeispielen anschaulich dargestellt.
- **Research Trends in Cryptography** - In diesem Seminar bekommen Studierende ein Einblick in aktuelle Forschungsfelder der Kryptographie. Die Schwerpunkte liegen bei neuen kryptographischen Konzepten, Methoden, Verfahren und Protokollen sowie bei deren Implementierung, Standardisierung und Anwendungen. Zu Beginn der Veranstaltung wird eine Auswahlliste von aktuellen Themen vorgestellt, die von Studierenden über die Dauer der Veranstaltung ausgearbeitet und am Ende vorgestellt werden. Die Arbeiten sollen sich auf eine Auswahl relevanter Forschungsartikel (aus bekannten Tagungen) und Open-Source Quellen (z.B. Softwarebibliotheken, Standards) stützen.

In allen Lehrveranstaltungen werden die Lehrmaterialien in englischer Sprache zur Verfügung gestellt. Die Veranstaltungen werden zum Teil auch in englischer Sprache gehalten.

Literatur

Katz, J. and Lindell, Y. Introduction to Modern Cryptography (2nd Edition), Chapman & Hall/CRC Cryptography and Network Security Series, 2014.

Leistungsnachweis

Portfolio auf der Basis der folgenden Leistungen:

55481 VÜ Modern Cryptography: mündliches Fachgespräch von 20 Minuten,

55482 Seminar Research Trends in Cryptography: Erstellung und Abgabe einer schriftlichen Ausarbeitung (10 bis 20 Seiten) und eine Präsentation (10 bis 20 Minuten). Bearbeitungsdauer: 8 Wochen.

Die Leistungen in der Klausur/mündlichen Prüfung und im Seminar gehen im Verhältnis 80 zu 20 in die Note ein.

Verwendbarkeit

Die hier erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten vermitteln tiefes Verständnis von modernen kryptographischen Methoden und Verfahren. Die Veranstaltungen fördern analytisches Denken und entwickeln Fähigkeiten kryptographische Verfahren unter Verwendung von Security-by-Design Prinzipien zu entwerfen und zu analysieren sowie deren Einsatz in Anwendungen zu planen. Die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen dieses Wahlpflichtmoduls ermöglicht den Studierenden die Übernahme einer Master-Arbeit auf dem Gebiet der Kryptographie und dient als gute Vorbereitung für weiterführende Lehrveranstaltungen rund um Kryptographie und ihren Anwendungen zum Schutz der Datensicherheit und Privatheit, etwa im Rahmen des Moduls „Privacy Enhancing Cryptography“.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester und wird im WT angeboten. Als Startzeitpunkt ist das 1. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Softwareentwicklungsumgebungen	1034

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Mark Minas	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10122	VÜ	Software-Entwicklungsumgebungen	Pflicht	3
10342	SE	Seminar Ausgewählte Kapitel der Software-Entwicklung	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden grundlegende Kenntnisse in der Programmierung sowie des Software Engineerings, wie sie in den Bachelormodulen "Objektorientierte Programmierung" und "Einführung in die Praktische Informatik" vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Die Studierenden erhalten einen Überblick über Verfahren, Hilfsmittel und Werkzeuge, die sie bei der Realisierung von Software-Projekten unmittelbar einsetzen können. Dadurch verstehen sie die Vorteile der Werkzeugnutzung in der Software-Entwicklung und werden in die Lage versetzt, sich in den Gebrauch weiterer Verfahren, Hilfsmittel und Werkzeuge selbständig einzuarbeiten.

Inhalt

In diesem Modul ergänzen Studierende ihre Kenntnisse, die sie in den einführenden Modulen zur Programmierung und zum Software Engineering erhalten haben. Sie lernen ausgewählte Methoden und Werkzeuge kennen, die in der professionellen Software-Entwicklung eingesetzt werden und die den Software-Entwicklungsprozess vereinfachen sowie verbessern.

In der Vorlesung "Software-Entwicklungsumgebungen" lernen die Studierenden ausgewählte Methoden und Werkzeuge kennen. Ausgehend von klassischen Themen wie der Nutzung von XML und JSON sowie Parser- und Textgeneratoren sowie modernen Modularisierungsansätzen werden Themen der Metamodellierung und ihrer praktischen Anwendung in EMF und XText behandelt. Als Beispiel einer Integrationsplattform dienen Eclipse und seine Erweiterungsmöglichkeiten. In den Übungen werden sie in praktischen Beispielen eingesetzt.

Im Seminar erarbeiten die Teilnehmer selbständig Kenntnisse zu vertieften und speziellen Themen im Themenumfeld der Software-Entwicklungsumgebungen, etwa zur Unterstützung der Versions- und Konfigurationsverwaltung sowie die Unterstützung des Build- und Testprozesses, z.B. im Sinne von CI/CD. Zur Beherrschung aufwendiger Software-Entwicklungsaufgaben gehören Methoden der komponentenorientierten Softwareentwicklung (z.B. OSGi oder das Modulkonzept von Java) und die Nutzung von (modellbasierten) Code- und Textgeneratoren In der Regel arbeitet jeder Teilnehmer einen Vortrag zu vorgegebener Literatur aus, präsentiert ihn in der Gruppe und erstellt eine Seminararbeit.

Literatur

- Elliotte Rusty Harold & W. Scott Means: XML in a Nutshell, 3. Auflage, O'Reilly 2004, ISBN 978-1932690453
- Anthony J. Dos Reis & Laura L. Dos Reis: Compiler Construction Using Java, JavaCC, and Yacc, Wiley-IEEE Computer Society Press 2012, ISBN 978-0470949597
- Terence Parr: The Definitive ANTLR 4 Reference, O'Reilly 2013, ISBN 978-1934356999
- Jean Bézivin. On the unification power of models. Software and System Modeling, 4(2):171-188, 2005, DOI 10.1007/s10270-005-0079-0
- Dave Steinberg Frank Budinsky Marcelo Paternostro: EMF: Eclipse Modeling Framework, 2. Auflage, Pearson 2008, ISBN 978-0321331885
- Lorenzo Bettini: Implementing Domain-Specific Languages with Xtext and Xtend, 2. Auflage, Packt Publishing 2016, ISBN 978-1786464965
- Alexandru Jecan: Java 9 Modularity Revealed, Apress 2017, DOI: 10.1007/978-1-4842-2713-8
- Sander Mak & Paul Bakker: Java 9 Modularity: Patterns and Practices for Developing Maintainable Applications, O'Reilly 2017, ISBN 978-1491954164

Leistungsnachweis

Portfolio bestehend aus einem Fachgespräch (15min) über die Inhalte von Vorlesung und Übungen, einem Vortrag (20-40min) im Seminar und der Erstellung (Zeitaufwand 4-8 Wochen) einer schriftlichen Ausarbeitung (15-30 Seiten).

Das Fachgespräch, der Vortrag und die schriftliche Ausarbeitung werden separat bewertet und gehen gewichtet in die Gesamtnote ein. Das Fachgespräch wird dabei mit 60% gewichtet und der Vortrag sowie die schriftliche Ausarbeitung mit jeweils 20%.

Verwendbarkeit

Die in diesem Modul vermittelten Kenntnisse und Fertigkeiten werden von jedem Software-Entwickler erwartet. Sie lassen sich unmittelbar in der Master-Arbeit anwenden.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.
Das Modul beginnt jedes Studienjahr normalerweise im Herbsttrimester.

Modulname	Modulnummer
Knowledge Discovery in Big Data	1144

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. phil. Michaela Geierhos	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11441	VÜ	Knowledge Discovery	Wahlpflicht	3
11443	SE	Research Topics in Data Science	Wahlpflicht	3
11444	VÜ	Big Data Management	Wahlpflicht	3
11446	P	Data Science Praktikum	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

Die Studierenden sollen grundlegende Kenntnisse in Programmierung und Software-Entwurf sowie ein Grundverständnis von Algorithmen und Datenstrukturen haben.

Qualifikationsziele

Lernziele sind das kompetente Beherrschen grundlegender Verfahren und Methoden sowie ihrer praktischen Anwendung in den unter Inhalte dargestellten Bereichen.

Inhalt

- In der Vorlesung „Big-Data-Management“ lernen die Studierenden Architekturen kennen, die für die Erfassung, Verarbeitung und Analyse von Big Data konzipiert sind, wofür sich herkömmliche Datenbanksysteme nicht mehr eignen. In diesem Zusammenhang wird nicht nur die verteilte Big-Data-Infrastruktur behandelt, sondern auch Themen wie Datenstrukturierung, Datensynchronisation/Parallelität und Speicherverwaltung in den Fokus gerückt. In der Übung werden erste Erfahrungen mit Big-Data-Architekturen gemacht.
- In der Vorlesung „Knowledge Discovery“ geht es um den Umgang mit heterogenen Datenquellen, deren Kategorisierung sowie deren Analyse. Hierfür werden Methoden wie u.a. Visual Analytics/Knowledge sowie Techniken des Discovery & Data Mining und die explorative Datenanalyse unter Zuhilfenahme von KI-Methoden wie z. B. Machine Learning oder Computational Intelligence vorgestellt und in den Übungen praktisch vertieft.
- Im Seminar „Research Topics in Data Science“ werden ausgewählte, aktuelle Methoden aus dem Bereich Data Science, Machine Learning und Deep Learning vorgestellt. Das Seminar soll den Studierenden einen Einblick in State-of-the-Art Forschungsthemen geben. Die behandelten Themen orientieren sich am aktuellen Gartner Hyper Cycle for Artificial Intelligence (wie bspw. Decision Intelligence,

Responsible AI, Knowledge Graphs) und dem Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies (wie bspw. Self-Supervised Learning, Explainable AI, Social Data).
- Im „Data Science Praktikum" wir das in der Theorie gelernte Wissen in einem Projekt praktisch implementiert. Die Studierenden werden in Kleingruppen an einem größeren Projekt im Bereich Data Science arbeiten und dies am Ende des Trimesters präsentieren. Das Projekt umfasst dabei einen gesamten Projektzyklus – von der Idee und Konzeption, über die Datensammlung und deren Aufbereitung bis hin zum Tainieren eines Machine Learning-Modells und Auswertung der Ergebnisse. Das Plenum bietet dabei einen regelmäßigen Austausch und Feedback zwischen den Gruppen. Themen der Projekte beziehen sich auf die kennengelernten Forschungsbereiche aus „Research Topics in Data Science" und „Methoden der Data Science". Es wird dringend empfohlen einen der o.g. Kurse besucht zu haben.

Literatur

- Jiawei Han, Micheline Kamber, Jian Pei: Data Mining – Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann Publishers, 2011.
- Martin Ester, Jörg Sander: Knowledge Discovery in Databases – Techniken und Anwendungen, Springer Verlag, 2000
- Ayodele Oluleye: Exploratory Data Analysis with Python Cookbook, Packt Publishing, 2023.
- Steffen Herbold: Data-Science-Crashkurs, dpunkt, 2022.

Leistungsnachweis

Portfolio mit gleichen Anteilen zu jeder der Vorlesungen (mit Übung), zu jedem Seminar und im Praktikum. Die Studierenden können (je nach Angebot) entweder zwei Vorlesungen mit Übungen (11441 und 11444) oder eine Vorlesung mit Übung (11441 oder 11444) und ein Praktikum (11446) oder eine Vorlesung mit Übung (11441 oder 11444) und ein Seminar (11443) einbringen. Die geforderten Einzelleistungen sind wie folgt:

- 11441: Fachgespräch von 30 Minuten.
- 11443: Schriftliche Ausarbeitung, Bearbeitungszeit: 4 Wochen, Umfang 10 Seiten.
- 11444: Fachgespräch von 30 Minuten.
- 11446: Bearbeitung eines Projektes mit schriftlicher Ausarbeitung, Bearbeitungszeit: 4 Wochen, Umfang 20 Seiten.

Verwendbarkeit

Die hier erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten ergänzen die Ausbildung im Bereich der Softwaretechnik um einen Aspekt von hoher praktischer Bedeutung. Die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen dieses Wahlpflichtmoduls ermöglicht den Studierenden die Übernahme einer Master-Arbeit im Bereich Data Science.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester und beginnt jedes Jahr im FT.

Sonstige Bemerkungen

Die Vorlesungen, Seminare und das Praktikum werden nicht alle jedes Jahr angeboten, aber in jedem Jahr mindestens so viele Lehrveranstaltungen, dass 6 ECTS-Leistungspunkte erreichbar sind. Jeweils zu Beginn des Moduls wird den Studierenden das konkrete Angebot erläutert.

Modulname	Modulnummer
Praxisprojekt	1163

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Siegle	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
360	0	360	12

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11631	P	Praxisprojekt	Pflicht	1
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				1

Empfohlene Voraussetzungen

Von den Studierenden werden erste Vorkenntnisse im Vertiefungsfeld, in dem das Praktikum angesiedelt ist, erwartet. Diese werden z.B. in den Veranstaltungen des Vertiefungsfeldes im WT und FT des ersten Studienjahres vermittelt.

Qualifikationsziele

Die Studierenden gewinnen Erfahrung in realen industriellen oder organisatorischen Projekten. Sie bekommen Einblick in die Durchführung und das Management realer Projekte im Umfeld dem gewählten Vertiefungsfeld.

Inhalt

Das Praktikum besteht aus der aktiven Mitarbeit in realen Projekten, in denen es um aktuelle Fragestellungen oder Anwendungen aus dem gewählten Vertiefungsfeld geht. Der Teilnehmer bearbeitet eigenständig eines oder mehrere Teilprobleme. Das Praktikum kann in einem Industriebetrieb, bei einer Behörde oder einer Dienststelle durchgeführt werden. Das Praxisprojekt kann nicht an der Universität der Bundeswehr durchgeführt werden.

Leistungsnachweis

Portfolio (Bearbeitungszeitraum 10 bis 12 Wochen; siehe auch Sonstige Bemerkungen): Die Praktikums-Tätigkeit wird in einem ausführlichen Praktikumsbericht mit einer Länge von 20 bis 40 Seiten beschrieben und in einem etwa halbstündigen Vortrag mit anschließender Diskussion / Befragung vorgestellt. Falls mehrere Studierende Praktika innerhalb desselben Betriebs / Projekts ablegen, sind getrennte Ausarbeitungen und Vorträge erforderlich. Praktikumsbericht und Vortrag ergeben zusammen die Noten für den Leistungsnachweis des Moduls.

Die Leistungen in Praktikumsbericht und Vortrag gehen im Verhältnis 50 zu 50 in die Note ein.

Verwendbarkeit
Die praktische Erfahrung ist eine wichtige Grundlage für die berufliche Tätigkeit nach dem Studium. Auch für den weiteren Verlauf des Master-Studiums, insbesondere die Master-Arbeit, ist diese Erfahrung von großem Vorteil. Das Praxisprojekt ist Pflicht für das Master-Vertiefungsfeld MORSE, es kann aber auch in andere Vertiefungsfelder eingebracht werden, wenn der Aufgabensteller / Betreuer Dozent in dem jeweiligen Vertiefungsfeld ist.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils in der vorlesungsfreien Zeit. Als Startzeitpunkt ist die vorlesungsfreie Zeit im 1. Studienjahr vorgesehen.
Sonstige Bemerkungen
Es wird eine mindestens 6-wöchige Vollzeittätigkeit bei einem Unternehmen oder einer Dienststelle erwartet. Die Workload ergibt sich aus der 6-wöchigen Tätigkeit plus Vor- und Nachbereitung. Das eigentliche Praktikum bedarf einer gründlichen Vorbereitung, während dessen der/die Studierende sich in die Thematik einarbeitet. Die Nachbereitung umfasst die Erstellung eines ausführlichen Berichts und die Vorbereitung und Durchführung eines Vortrags.

Modulname	Modulnummer
Rechtsfragen der Informatik	1165

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. Manfred Mayer	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	24	66	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11651	VL	Rechtsfragen der Informatik	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				2

Qualifikationsziele

Das Modul Rechtsfragen der Informatik gibt allen Studierenden der Informatik und Wirtschaftsinformatik einen Überblick, die sich anhand der Rechtsgrundlagen fundiert sowie praxisnah über die Grundlagen informieren wollen, die durch die Umsetzung von Informatik und Wirtschaftsinformatik in das Wirtschaftsleben des Alltags tangiert werden.

Inhalt

Die Vorlesung führt in die wesentlichen Rechtsgebiete ein, die die Informatik, sowie die Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) berührt. Dabei werden die Grundlagen des IuK-Vertragsrechts, insbesondere der Hard- und Softwarebeschaffung, der Softwareerstellung und -pflege und des damit verbundenen Rechts der Leistungsstörungen aus diesen Verträgen behandelt. Die Erörterung der mit Entwicklungen der Hard- und Software verknüpften Fragen des Schutzes des geistigen Eigentums, insbesondere aus den Gebieten des Urheber-, Patent- und Markenrechts, sowie der Schutz der Software durch das Strafrecht schließen sich an. Erläuterungen über den Datenschutz, über die elektronischen Signaturen, über den Rechtsverkehr im Internet sowie über grundlegende Rechtsfragen, die sich aus der Nutzung des Internets (wie z.B. Domain-Recht) ergeben, schließen die Thematik ab.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben.

Verwendbarkeit

Grundlegende Kenntnisse des IuK-Vertragsrechts sowie des Schutzes des durch die Informatik und Wirtschaftsinformatik geschaffenen geistigen Eigentums sind für jeden Informatiker ein wichtiges Rüstzeug für die Praxis.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.
Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester.

Modulname	Modulnummer
Mensch-Computer-Interaktion	1167

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Michael Koch	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	60	210	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11671	VL	Mensch-Computer-Interaktion	Wahlpflicht	3
11672	VÜ	Projekt Mensch-Computer-Interaktion	Wahlpflicht	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				7

Empfohlene Voraussetzungen

Für das selbständige Durcharbeiten der Fachliteratur des Moduls sind grundlegende englische Sprachkenntnisse erforderlich.

Qualifikationsziele

Lernziel ist einen umfassenden Überblick über die Ziele und Forschungsfragen sowie der wissenschaftlichen Methoden des Gebietes Mensch-Computer Interaktion zu erhalten. Die Studierenden erhalten ein Grundverständnis dazu, wie man bei der Entwicklung interaktiver Produkte wissenschaftliche Erkenntnisse einsetzen kann und wie man wissenschaftliche Ergebnisse erarbeiten kann. An einem Beispielbereich lernen die Studierenden, wie man das in den verschiedenen Bereichen des Gebietes durchführen kann.

Inhalt

Die Inhalte des Kurses folgen den Empfehlungen des ACM Curriculum Human-Computer-Interaction und der GI Fachgruppe Software-Ergonomie. Hierbei wird insbesondere auf die Anwendung wissenschaftlicher Methoden eingegangen.
Neben dem Geben eines Überblicks über das Gesamtgebiet wird hierzu immer ein Teilbereich des Gebietes verstärkt behandelt und anhand aktueller wissenschaftlicher Veröffentlichungen vertieft. Die erlernten Grundprinzipien, Methoden und Vorgehensweisen werden im Projekt praktisch angewandt.

Literatur

- Preece J., Rogers Y., Sharp H.: Interaction Design, John Wiley & Sons, 2002 (www.id-book.com)
- Dahm M.: Grundlagen der Mensch-Computer Interaktion, Pearson Studium, 2006
- Donald A. Norman, The Design of Everyday Things, Currency Doubleday, 1990
- Shneiderman B., Plaisant C.: Designing the User Interface, Addison Wesley, 4nd Edition, 2005

Leistungsnachweis
Portfolio. Das Portfolio setzt sich im ersten Trimester des Moduls aus drei schriftlich zu erbringenden Ausarbeitungen zu Fragen zusammen, die auf das im zweiten Trimester anstehende Projekt hinführen. Die Ausarbeitungen haben jeweils einen Umfang von 2-3 Seiten, als Bearbeitungszeit sind jeweils 3 bis 6 Wochen vorgesehen, wobei genaue Deadlines am Anfang des Trimesters bekannt gegeben werden. Die Arbeit zum Projekt im zweiten Trimester ist in Kleingruppen anzufertigen - als Bearbeitungszeit ist das komplette Trimester vorgesehen, die Dokumentation des Projekts erfolgt im Rahmen eines Projektberichts im Umfang von ca. 30 Seiten. Die Bewertungen der Ausarbeitungen gehen zu 1/3 in die Gesamtnote ein (d.h. jede Ausarbeitung zu 1/9), die Bewertung des Projektes geht zu 2/3 in die Gesamtnote ein.
Verwendbarkeit
Das Modul ist nicht als Grundlage für weitere Module gedacht.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Der Projektanteil wird normalerweise im folgenden Frühjahrstrimester bearbeitet.

Modulname	Modulnummer
Visuelle Sprachen und Umgebungen	1189

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Mark Minas	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11891	VÜ	Visuelle Sprachen und Umgebungen	Pflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden grundlegende Kenntnisse formaler Sprachen sowie visueller Entwurfssprachen, wie sie in den Bachelormodulen Einführung in die Informatik 1, Objektorienrtierte Programmierung oder dem Wahlflichtmodul Grundlagen der Studienrichtung Mathematical Engineering vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Die Studierenden erhalten einen Überblick über die Methoden des Sprachentwurfs für visuelle Sprachen. Damit sind sie in der Lage, bestehende visuelle Sprachen für neue Anwendungsfälle anzupassen oder neue zu entwerfen. Sie können bestehende Werkzeuge einsetzen, um solche Sprachen schnell zu realisieren und zu verbessern, um Sprache und Implementierung an das Anwendungsgebiet anzupassen.

Inhalt

Im Modul lernen die Studierenden die Grundlagen des Entwurfs von visuellen Sprachen sowie von Programmen, die ihre Handhabung unterstützen. Damit erweitert diese Lehrveranstaltung die bereits im Bachelorstudium erworbenen und eingeübten Kenntnisse über die Verwendung von visuellen Sprachen z.B. in der Programmierung und dem Software Engineering. Während dort die Verwendung visueller Sprachen im Vordergrund steht, werden die Studierenden hier in die Systematik des visuellen Sprachentwurfs und die exakte Definition von Syntax und Semantik visueller Sprachen eingeführt. Zum Einsatz kommen dabei verschiedene Grammatikansätze, aber auch Ansätze aus der Logik und das heute am weitesten verbreitete Prinzip der Metamodellierung. Die Studierenden werden in Verfahren eingeführt, wie die Implementierung einer visuellen Sprachen, die mit solchen Ansätzen spezifiziert wurde, unmittelbar aus der Spezifikation abgeleitet werden kann.

In den Übungen zur Vorlesung ergänzen die Studierenden ihre Kenntnisse des visuellen Sprachentwurfs um praktische Erfahrungen mit verschiedenen visuellen Umgebungen. An Hand praktischer Übungen setzen sie außerdem ihre erworbenen Kenntnisse

um, indem sie einfache domänenspezifische visuelle Sprachen werkzeugunterstützt implementieren lernen.

Literatur

- G. Costagliola, M. DeRosa, V. Fuccella, and S. Perna. Visual languages: A graphical review. Information Visualization 17, 4 (2018), 335–350. https://doi.org/10.1177/1473871617714520
- F. Drewes, B. Hoffmann, and M. Minas. Formalization and correctness of predictive shift-reduce parsers for graph grammars based on hyperedge replacement. Journal of Logical and Algebraic Methods in Programming, 104:303–341, April 2019. http://doi.org/10.1016/j.jlamp.2018.12.006
- R. Heckel & G. Taentzer: Graph Transformation for Software Engineers: With Applications to Model-Based Development and Domain-Specific Language Engineering, Springer 2021
- G. Costagliola, Vincenzo Deufemia, and Giuseppe Polese: A Framework for Modeling and Implementing Visual Notations with Applications to Software Engineering. ACM Trans. Softw. Eng. Methodol. 13, 4 (Oct. 2004), 431– 487. https://doi.org/10.1145/1040291.1040293
- K. Marriott & B. Meyer: Visual Language Theory, Springer 1998, DOI 10.1007/978-1-4612-1676-6

Leistungsnachweis

Mündliche Prüfung über 30 min.

Verwendbarkeit

Domänenspezifische visuelle Sprachen, ihr Entwurf sowie ihre Implementierung spielen besonders bei der modellbasierten Softwareentwicklung (Stichworte MDD und MDA) eine immer größere Rolle. Die in diesem Modul erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten können hier unmittelbar angewandt werden.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.
Das Modul beginnt jedes Studienjahr normalerweise im Wintertrimester.

Modulname	Modulnummer
Web Technologies	1190

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Michael Koch	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	36	144	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11901	VÜ	Web Technologies	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				3

Empfohlene Voraussetzungen

Voraussetzung für das Modul ist die Kenntniss von Grundlagen zu Rechnernetzen, wie sie z.B. in der entsprechenden Veranstaltung im Bachelor-Studium Informatik vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Die Veranstaltung vermittelt die Grundlagen und praktische Kenntnisse der verschiedenen Techniken und Werkzeuge des World Wide Web (WWW).

Inhalt

In diesem Modul werden Techniken und Werkzeuge des World Wide Web (WWW) theoretisch und praktisch durch den Einsatz in Fallstudien und Projekten (Teil des Selbststudiums) vermittelt. Dabei werden je nach Ausrichtung sowohl aktuell verbreitete Technologien und Werkzeuge (z.B. HTML, CSS, Ajax, WordPress, ...) als auch neue Technologien und Werkzeuge wie z.B. des Semantik Web (z.B. RDF, Ontologien, ...) oder des Mobile Web (z.B. Mobile-Ajax, ...) betrachtet.

Literatur

J. C. Jackson: Web Technologies - A Computer Science Perspective, Pearson International, 2007

Leistungsnachweis

Portfolio. Das Portfolio setzt sich aus drei praktischen Arbeiten (Erstellen von Web-Anwendungen) zusammen. Die praktischen Arbeiten umfassen dabei zusammen die Erstellung von mindestens zwei HTML-Seitentemplates mit CSS-Stylesheets sowie von etwa 100-200 Zeilen Programmcode. Jede der drei praktischen Arbeiten ist im Laufe des Trimesters in einem Zeitraum von 3 bis 6 Wochen anzufertigen, wobei genaue Deadlines

am Anfang des Trimesters bekannt gegeben werden. Die Bewertungen der ersten beiden praktischen Arbeiten gehen zu je 20% in die Gesamtnote ein, die Bewertung der dritten praktischen Arbeit geht zu 60% in die Gesamtnote ein.
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfeld Software- und Informationsmanagement • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang WIN, Vertiefungsfeld Kooperations- und Wissensmanagement • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang CYB, Vertiefungsfelder Enterprise Security und Public Security und Security Intelligence
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester.Das Modul startet normalerweise im Frühjahrstrimester, wird aber nicht jedes Studienjahr angeboten.

Modulname	Modulnummer
Middleware und mobile Cloud Computing	1398

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Karcher	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13981	VL	Middleware und mobile Cloud Computing	Pflicht	3
13982	UE	Middleware und mobile Cloud Computing	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden Kenntnisse aus dem Bereich des Software Engineering, insbesondere der Objektorientierung (Modul Objektorientierte Programmierung). Wünschenswert sind Grundkenntnisse in der XML-Technologien sowie in einer der objektorientierten Programmiersprache, wie z. B. Java, Scala, C++.

Qualifikationsziele

Das *Modul Middleware und mobile Cloud Computing* zielt darauf ab, den Studierenden vertiefend die Bedeutung der Integration als Kernaufgabe der Angewandten Informatik näher zu bringen. Die Teilnehmer erhalten neben einem grundlegenden Verständnis für die Anforderungen an eine Middleware-basierte Integration theoretische und praktische Kenntnisse über Architektur, Aufbau und Anwendung aktueller Middleware-Konzepte und serviceorientierter Schnittstellen. In diesem Zusammenhang werden wissenschaftliche Methoden vermittelt, die die Teilnehmer in die Lage versetzen, in komplexen Anwendungssystemlandschaften eigenständig und systematisch einen höheren Integrationsgrad zu erreichen. Zudem werden grundlegende Aspekte von *Verteilten Systemen* wie Kommunikationsprotokolle, Austauschformate und Sicherheitsaspekte betrachtet. Die so vermittelten IT-technischen Kenntnisse befähigen die Teilnehmer darüber hinaus aus einer Cyber-Bedrohungsperspektive betrachtet, eine fundierte Analyse hinsichtlich möglicher Leistungsengpässe und Schwachstellen zu konzipieren sowie in der gegebenen IT-Landschaft zu implementieren. Ohne diese Kenntnisse und Fähigkeiten kann de-facto auf potenzielle Bedrohungsszenarien beim Betrieb komplexer IT-Systeme kaum geeignet begegnet werden. Die im Modul vermittelten Grundlagen versetzen die Teilnehmer in die Lage, geeignete Maßnahmen zur Cyber-Abwehr in Middleware-/ Cloud-Strukturen zu integrieren (Stichwort: *Security-as-a-Service*).

Im Übungsteil lernen die Teilnehmer parallel zur Vorlesung den praktischen Umgang mit Middleware-Technologien und Cloud-basierten, mobilen Anwendungen. Durch

eigenständige Anwendung von Technologien wie *Remote Method Invocation (RMI), Common Object Request Broker Architecture (CORBA), .NET, Simple Object Access Protocol (SOAP) oder Representational State Transfer (REST)* erhalten die Teilnehmer Methoden-, Fach- und Umsetzungskompetenz im Umgang mit grundlegenden Middleware-Konzepten und deren Basistechnologien. In der Kombination aus theoretischer Behandlung und praktischer Vertiefung versetzt das Modul die Teilnehmer in die Lage, verteilte Anwendungen auf der Basis von Middleware zu entwerfen und systematisch in die Praxis umzusetzen.

Inhalt

Im heutigen Digitalzeitalter mit *Industrie 4.0, Digital Governance* und *Künstlicher Intelligenz* etc. agieren fast alle Systeme als vernetzte Fähigkeitsträger. Moderne Enterprise Anwendungen basieren auf Standard-Middleware-Architekturen, wo Funktionalität zunehmend über Cloud-basierte Dienste plattformübergreifend den Clients – insbesondere zunehmend mobilen Endgeräten – zur Verfügung gestellt wird. Das Modul bietet einen fundierten Einstieg in die aktuellen Middleware-Basistechnologien. Auf den Grundlagenkenntnissen der Objektorientierten Programmierung aufbauend werden entlang der Entwicklungslinie Schritt für Schritt aktuelle Middleware-Konzepte und -Technologien eingeführt. Das Modul etabliert dazu zunächst die Basisabstraktion und das Grundverständnis Middleware-basierter Systeme. Dabei werden grundlegende Fähigkeiten zur Beherrschung heterogener Anwendungslandschaften und deren Komplexitätsparameter vermittelt. Diese berücksichtigen die Dimensionen der *Kommunikation* und *Transaktion* sowie Zugriffsmöglichkeiten und Schutzaspekte in *Schichtarchitekturen*. Unabhängig von der jeweils eingesetzten Technologie nimmt das Abstraktionskonzept der *Schnittstellen-Basierung* eine zentrale Rolle beim Design verteilter Anwendungen und somit im gesamten Modul ein.

Im Folgenden wird tiefer auf die unterschiedlichen Integrationsparadigmen und -technologien mit ihren jeweiligen spezifischen Stärken und Schwächen (Fähigkeiten, Schwachstellen, Angriffspunkte usw.) eingegangen. Aktuelle Middleware-Dienste und Architekturkonzepte wie *Verteilte Objektmodelle*, *Komponentenmodelle* und *Service Oriented Middleware (SOA)* bilden den Schwerpunkt des zweiten Teils des Moduls. Hier werden jeweils zunächst die allgemeinen Prinzipien erläutert und dann anhand konkreter Beispiele Standard-Middleware-Technologien und deren zugrunde liegenden Konzepte und Prinzipien vertieft.

Der dritte Teil stellt das *Cloud-Konzept* in den Mittelpunkt und zeigt Schritt für Schritt an einfachen Beispielen die Entwicklung Cloud-basierter Dienste und deren Zugriff über mobile Clients (Apps). Zudem werden erste Einblicke in aktuelle Trends wie *Mirco-Service-Architekturen* oder *Containerisierung* gegeben.

Die begleitende Übung bietet die Gelegenheit, aktuelle Technologien anhand einfacher Beispiele kennen zu lernen und erste praktische Erfahrung im Umgang mit Middleware und mobilen, Cloud-basierten Anwendungen zu sammeln.

Lehrmethoden

Das Modul unterteilt sich in eine Vorlesung und eine Übung pro Woche.

Es werden sowohl Lehrmethoden des fremdgesteuerten als auch des selbstgesteuerten Lernens angewendet.

Es wird auf die individuellen Voraussetzungen der Studierenden eingegangen, wobei hauptsächlich ein lehrgangsförmiger und kooperativer Unterricht mit Einzelarbeit stattfindet.

Literatur

1. Alexander Schill, Thomas Springer: Verteilte Systeme, Springer Vieweg, 2012
2. Chris Britton, Peter Bye: IT Architectures and Middleware: Strategies for Building Large, Integrated Systems; Addison-Wesley, 2004
3. Dieter Masak: Moderne Enterprise Architekturen, Springer, 2005
4. Binildas Christudas: Practical Microservices Architectural Patterns, Apress, 2019
5. Die Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik: SAGA-Modul Technische Spezifikationen, Version 5.0.0, 2011

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Die im Wahlpflichtmodul erworbenen Kenntnisse sind elementar für die IT-technische Gestaltung von verteilten Informationssystemen und stellen somit eine Grundlage für Masterstudiengänge im Bereich Informatik/Wirtschaftsinformatik/Ingenieurinformatik/ Cyber Sicherheit dar.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.

Modulname	Modulnummer
Formale Entwicklung korrekter Software	1518

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
PD Dr. Birgit Elbl	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
15174	VÜ	Spezifikation	Wahlpflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden die im Bachelor-Studium erworbenen Grundkenntnisse und Fertigkeiten in diskreter Modellierung (elementare Logik und Mengenlehre), systematischer Programmentwicklung und Theoretischer Informatik.

Qualifikationsziele

Die Studierenden erhalten einen Überblick über die wichtigsten Methoden formaler Spezifikation und erwerben die Fähigkeit, diese auf Beispiele anzuwenden.

Inhalt

Ein Schwerpunkt der Vorlesung sind abstrakte Datentypen, bei denen sowohl die initiale Semantik, als auch lose Spezifikationen behandelt werden. Den Studierenden werden Ansätze zur Strukturierung und zum schrittweisen Aufbau von Spezifikationen vorgestellt. Sie sehen Beispiele für die schrittweise Entwicklung von programmnahen aus rein deskriptiven Spezifikationen. Sie lernen die Kernbegriffe Verfeinerung, Erweiterung und abstrakte Implementierung und deren Rolle bei der Entwicklung von Spezifikationen kennen. Daneben werden auch Spezifikationselemente in verifikationsbewussten, imperativen Sprachen behandelt. Beispiele sind u.a. den Bereichen Spezifikation komplexer Datenstrukturen und zustandsorientierte Spezifikation sequentieller Systeme entnommen. Den Abschluss bildet eine kurze Einführung in die temporale Spezifikation nebenläufiger Systeme.

Leistungsnachweis

Mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul der Vertiefungsrichtungen Software- und Informationsmanagement und Theoretische Informatik im Studiengang Informatik (M. Sc.)
- Wahlpflichtmodul der Wahlpflichtgruppe ITSK im Studiengang Mathematical Engineering (M. Sc.)

- Wahlpflichtmodul in weiteren Studiengängen, sofern beliebige Wahlpflichtmodule aus dem Modulhandbuch Informatik wählbar sind

Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester.Es wird nicht in jedem Studienjahr angeboten. Die konkreten Angebotstermine können der Lehrveranstaltungsplanung der Fakultät für Informatik entnommen werden.

Modulname	Modulnummer
Introduction to Machine Learning	1630

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Marta Gomez-Barrero	Wahlpflicht	6

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
16301	VÜ	Introduction to Machine Learning	Pflicht	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse in Analysis, Lineare Algebra und Wahrscheinlichkeitstheorie.

Qualifikationsziele
Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls kennen die Studierenden die Standardalgorithmen des maschinellen Lernens, wissen, wie und wann diese Algorithmen anzuwenden sind, kennen ihre vergleichbaren Stärken und Schwächen und wissen, wie sie ihre Leistung kritisch bewerten können. Die Studierenden sind in der Lage, (i) grundlegende Methoden des maschinellen Lernens anzuwenden, um Vorhersagemodelle zu erstellen oder explorative Analysen durchzuführen, (ii) maschinelle Lernmodelle richtig abzustimmen, auszuwählen und zu validieren, (iii) ihre Ergebnisse zu interpretieren und (iv) ihre Beschränkungen zu verstehen.

Inhalt
Der Kurs bietet eine Einführung in Konzepte, Methoden, bewährte Verfahren und theoretische Grundlagen von Standardalgorithmen für maschinelles Lernen. Zu den behandelten Themen gehören: • ML-Grundlagen • Regression vs. Klassifizierung • Überwachtes Lernen: Ziel ist es, funktionale Abhängigkeiten für Klassifizierung und Regression zu lernen. Wir behandeln lineare Systeme, Basisfunktionsansätze, und Kernel-Ansätze. • Unüberwachtes Lernen: Hier geht es darum, wichtige Strukturen in den Daten kompakt zu beschreiben. Typische Vertreter sind Clustering und Principal Component Analysis (PCA), die eine einheitliche Beschreibung hochdimensionaler probabilistischer Abhängigkeiten erlauben Die technischen Themen werden mit einer Reihe von realen Anwendungen illustriert.

Literatur
• "Elements of Statistical Learning" by Hastie, Tibshirani & Friedman; • "Machine Learning" by Tom Mitchell ; • "Foundation of Machine Learning", by Mohri, Rostamizadeh, and Talwalkar; • "Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms" by Shalev-Shwartz and Ben-David
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester.Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester.Als Startzeitpunkt ist das Frühjahrstrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Ethik und Philosophie der Informatik	2095

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr. Tobias Skuban-Eiseler	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	36	144	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
20951	VÜ	Ethik und Philosophie der Informatik	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				3

Empfohlene Voraussetzungen

Das Seminar beschäftigt sich mit Fragen, die philosophische, insbesondere ethische Aspekte der Technik im Allgemeinen und der Informatik im Speziellen und der gesellschaftlichen Auswirkungen digitaler Technologien berühren. Daher ist eine Offenheit zu interdisziplinärem Denken eine Voraussetzung. Daneben sollte die Bereitschaft bestehen, philosophische Texte zu lesen und sich mit diesen sowohl in der Vorbereitung als auch innerhalb der Veranstaltungen aktiv auseinanderzusetzen.

Qualifikationsziele

Die Veranstaltung befähigt dazu, zentrale philosophische und ethische Problemstellungen der Informatik zu benennen und dazu reflektiert Stellung zu beziehen. Nach der Teilnahme besitzen die Studierenden einen Überblick über wesentliche Argumentationslinien zu den wichtigsten ethischen und philosophischen Fragestellungen der Informatik und sind in der Lage, sich kritisch und fundiert zu diesen zu positionieren bzw. eigene Ansichten und Argumente wirksam zu verteidigen.

Inhalt

Digitale Technologien können als Produkt einer wahren Erfolgsgeschichte der menschlichen Zivilisation betrachtet werden. Sie setzen uns nicht nur in die Lage, mit einer unüberschaubaren Anzahl an Menschen weltweit zu interagieren und kommunizieren, sie übernehmen auch mehr und mehr Aufgaben, die bislang nur von menschlichen Wesen geleistet werden konnten. Computer sind dem menschlichen Gehirn in vielerlei Hinsicht überlegen, Künstliche Intelligenz bietet Lösungen für bislang schwer oder nicht zu bewältigende Anforderungen, Virtuelle Realitäten spielen nicht nur im Bereich von Computerspielen eine Rolle, sondern nehmen Einzug in viele Bereiche des wissenschaftlichen, gesellschaftlichen und sozialen Lebens etc. Doch im Zuge einer zunehmend technisierten, komplexen und vernetzten Welt haben Handlungen des Einzelnen zahllose Auswirkungen, die für den Handelnden kaum mehr zu überschauen sind. Dabei stellen sich wichtige Fragen: Welche gesellschaftlichen Auswirkungen können digitale Technologien haben? Wer trägt für diese Verantwortung? Können

digitale Technologien selbst entscheiden? Wie verändert das, was wir Information nennen, Machtstrukturen? Sind digitale Technologien gerecht? Haben Computer ein Bewusstsein? Sind virtuelle Welten real und haben virtuelle Handlungen überhaupt moralische Relevanz? Um diese Fragen verstehen und einordnen zu können, erfolgt in der Veranstaltung zunächst eine Einführung in die allgemeine Ethik und die Computer- und Informationsethik, danach werden folgende Themen bearbeitet: (1) Verantwortung und Technik, (2) Umweltethische Aspekte der Informatik, (3) Auswirkungen von Wissen und Macht, die durch digitale Technologien bereitgestellt wird, (4) Gefährdung von Privatheit durch digitale Technologien, (5) algorithmische Gerechtigkeit, (6) Grundlagen der Ethik Künstlicher Intelligenz, (7) Human Enhancement, (8) autonome Waffen, (9) digitale Welten und virtuelle Realitäten, (10) Bewusstsein und moralischer Status Künstlicher Intelligenz.

Lehrmethoden

Die Veranstaltung wird sich jeweils in einen Teil gliedern, in dem das notwendige Wissen zu den einzelnen Themen vermittelt wird, dann werden wir dieses gemeinsam vertiefen. Dazu wird es erforderlich sein, jeweils im Vorfeld der Termine Texte zu lesen (diese werden selbstverständlich zur Verfügung gestellt). In den Veranstaltungen werden wir diese vertiefenden Texte dann gemeinsam analysieren und diskutieren.

Literatur

Auswahl; die zu bearbeitenden Texte werden in der Veranstaltung zur Verfügung gestellt.

- James H. Moor, What Is Computer Ethics? Metaphilosophy 1985, 16(4), 266-275
- Luciano Floridi, The Ethics of Information. Oxford University Press 2013
- Mark Coeckelbergh, AI Ethics. MIT Press 2020
- Hans Jonas, Das Prinzip Verantwortung: Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation. Insel Verlag 1979 (1. Aufl.)
- Robert Sparrow, Killer robots. Journal of Applied Philosophy 2007, 24(1): 62-77
- David J. Chalmers, Realität+: Virtuelle Welten und die Probleme der Philosophie. Suhrkamp 2023

Leistungsnachweis

Mündliche Prüfung, 30 Minuten

Verwendbarkeit

Die im Modul vermittelten Kenntnisse und Fähigkeiten sind wertvoll, um sich reflektiert mit ethischen Fragen digitaler Technologien auseinanderzusetzen. Sie können somit eine nützliche Ergänzung für alle IT-technischen Themen und insbesondere auch für Aspekte der Cyber-Sicherheit sein und helfen, reflektiert und verantwortet, Wissen in Informatik und Cyber-Sicherheit anzuwenden.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert ein Trimester und findet jeweils im Herbst- und Wintertrimester statt.

Modulname	Modulnummer
Artificial Intelligence	2319

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Eirini Ntoutsi	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
23191	VÜ	Artificial Intelligence	Pflicht	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse in den Bereichen Algorithmen, Datenstrukturen, Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Qualifikationsziele

Der Kurs bietet eine Einführung in das Gebiet der Künstlichen Intelligenz und führt in die grundlegenden Ideen und Techniken ein, die dem Design von intelligenten Maschinen zugrunde liegen. Am Ende dieses Kurses werden Sie gelernt haben, wie man autonome (Software-)Agenten entwickelt, die in vollständig informierten, teilweise beobachtbaren und gegnerischen Umgebungen effizient Entscheidungen treffen. Zudem werden Sie erforschen, wie KI eingesetzt werden kann, um Entscheidungsprozesse zu optimieren, Bedrohungen zu erkennen und in dynamischen und unsicheren Umgebungen auf Sicherheitsvorfälle zu reagieren.

Inhalt

Künstliche Intelligenz hat fast jeden Aspekt unseres Lebens durchdrungen, von der Empfehlung von Inhalten und der Gesundheitsfürsorge bis hin zur vorausschauenden Polizeiarbeit und zum autonomen Fahren, und betrifft jeden, überall und jederzeit. Da die Nachfrage nach KI-Spezialisten steigt, wächst auch der Bedarf an Studierenden, die neue KI-Technologien entwickeln und anwenden können. Themen:

- Informed search
- Uninformed search
- Constraint Satisfaction Problems
- Adversarial search
- Markov Decision Processes
- Reinforcement Learning
- Local search and Optimization
- Concrete Cybersecurity Applications

Literatur
• Stuart Russell and Peter Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach • Richard Sutton and Andrew Barto, Reinforcement Learning: An Introduction Zusätzlich erhalten die Studierenden ausgewählte aktuelle Fachartikel, die sich auf die neuesten Fortschritte in der KI und deren Anwendungen in der Cybersicherheit konzentrieren.
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 80 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Studiengang Master Cyber-Sicherheit in der Vertiefung Security Intelligence (SI)
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester und wird im Wintertrimester (WT) angeboten.

Modulname	Modulnummer
Responsible Artificial Intelligence	2320

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Eirini Ntoutsi	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
23201	VÜ	Responsible Artificial Intelligence	Pflicht	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

Gute Kenntnisse in maschinellem Lernen, Algorithmen, Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Qualifikationsziele

Der Bereich der verantwortungsvollen Künstlichen Intelligenz (KI) hat sich entwickelt, um den Menschen stärker in den Mittelpunkt von KI-basierten Systemen zu stellen. Dabei werden zentrale Aspekte wie Bias, Fairness, Erklärbarkeit, Robustheit und Datenschutz systematisch berücksichtigt.

In diesem Kurs werden grundlegende Konzepte und Methoden der verantwortungsvollen KI vermittelt, mit besonderem Schwerpunkt auf Verzerrungen (Bias) und Fairness im maschinellen Lernen, erklärbarer KI (Explainable AI, XAI) sowie adversarieller Robustheit.

Inhalt

Dieser Kurs vermittelt grundlegende Konzepte und Methoden der verantwortungsvollen Künstlichen Intelligenz (KI) mit besonderem Schwerpunkt auf Verzerrungen (Bias) und Fairness im maschinellen Lernen, erklärbarer KI (Explainable AI, XAI) sowie adversarieller Robustheit. Dabei werden sowohl theoretische Grundlagen als auch praktische Ansätze zur Analyse und Bewertung von KI-Systemen behandelt.
Nach erfolgreichem Abschluss des Kurses sind die Studierenden in der Lage, Verzerrungen in KI-Systemen zu identifizieren, zu analysieren und zu bewerten, Methoden zur Erklärung von Modellverhalten anzuwenden sowie Aspekte der Fairness, Erklärbarkeit und Robustheit systematisch in den Entwurf und die Anwendung von KI-Systemen zu integrieren.

Themen:
- Aspects of responsible/trustworthy AI
- Bias in AI systems
- Explainable AI (XAI)
- Adversarial robustness

Literatur

- Virginia Dignum, Responsible Artificial Intelligence - How to Develop and Use AI in a Responsible Way, Springer, 2019
- Solon Barocas, Moritz Hardt, Arvind Narayanan, FAIRNESS AND MACHINE LEARNING Limitations and Opportunities, online, 2022
- Christopher Molnar, Interpretable Machine Learning - A Guide for Making Black Box Models Explainable, 2022
- Moritz Hardt, The Emerging Science of Machine Learning Benchmarks, Princeton University Press, 2026

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 80 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Studiengänge: MCYBSI, MINFSIT, MINFKI,MCYBSI, MINFSIT, MINFKI

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester und wird jeweils im Herbsttrimester (HT) angeboten.

Modulname	Modulnummer
Artificial Intelligence (erweitert)	2536

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Eirini Ntoutsi	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	96	174	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
23191	VÜ	Artificial Intelligence	Pflicht	6
23192	SE	Seminar Selected topics in Artificial Intelligence	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				8

Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse in den Bereichen Algorithmen, Datenstrukturen, Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Qualifikationsziele

Vorlesung **Artificial Intelligence**: Der Kurs ist eine Einführung in das Gebiet der Künstlichen Intelligenz und führt in die grundlegenden Ideen und Techniken ein, die dem Design von intelligenten Maschinen zugrunde liegen. Am Ende dieses Kurses werden Sie gelernt haben, wie man autonome (Software-)Agenten entwickelt, die in vollständig informierten, teilweise beobachtbaren und gegnerischen Umgebungen effizient Entscheidungen treffen. Zudem werden Sie erforschen, wie KI eingesetzt werden kann, um Entscheidungsprozesse zu optimieren, Bedrohungen zu erkennen und in dynamischen und unsicheren Umgebungen auf Sicherheitsvorfälle zu reagieren.

Seminar **Selected topics in Artificial Intelligence**: Die Seminare zielen auf die eigenständige Erforschung eines wissenschaftlichen Themas auf der Grundlage einiger Veröffentlichungen und einer qualitativ hochwertigen Präsentation des Themas sowohl in schriftlicher (Report) als auch in mündlicher Form (Vortrag und Frage- und Antwortrunde). Dieses Seminar beschäftigt sich mit der Diskussion ausgewählter Themen der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens. Jedes Trimester steht ein anderes Thema im Mittelpunkt, z.B. spezifische Lernaufgaben und -methoden, Lernen für verschiedene Datentypen, Lernen unter spezifischen Datenherausforderungen, etc.

Inhalt

Künstliche Intelligenz hat fast jeden Aspekt unseres Lebens durchdrungen, von der Empfehlung von Inhalten und der Gesundheitsfürsorge bis hin zur vorausschauenden Polizeiarbeit und zum autonomen Fahren, und betrifft jeden, überall und jederzeit. Da

die Nachfrage nach KI-Spezialisten steigt, wächst auch der Bedarf an Studierenden, die neue KI-Technologien entwickeln und anwenden können.

Vorlesung **Artificial Intelligence:**

- Informed search
- Uninformed search
- Constraint Satisfaction Problems
- Adversarial search
- Markov Decision Processes
- Reinforcement Learning
- Local search and Optimization
- Concrete Cybersecurity Applications

Seminar **Selected topics in Artificial Intelligence:** Die Studentinnen und Studenten wählen ein Thema aus der Liste der vorgegebenen Themen. Für jedes Thema erhalten die Studentinnen und Studenten 3-5 Forschungspapiere. Ausgehend von den Seed Papers sollen die Studentinnen und Studentendie einschlägige Literatur untersuchen und ihre Ergebnisse, einschließlich einer vergleichenden Bewertung der verschiedenen Ansätze und offenen Herausforderungen, in einem 5-seitigen Report zusammenfassen. Darüber hinaus sollen die Studentinnen und Studenten ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen konstruktives Feedback zu ihren Reports und Präsentationen geben (Peer Review). Schließlich sollen die Studentinnen und Studenten ihre Arbeit - in einer 20-minütigen Präsentation und einer 10-minütigen Fragerunde - während eines Blockseminars am Ende des Trimesters vorstellen.

In allen Lehrveranstaltungen werden die Lehrmaterialien in englischer Sprache zur Verfügung gestellt. Die Veranstaltungen werden in englischer Sprache gehalten.

Literatur

- Stuart Russell and Peter Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach
- Richard Sutton and Andrew Barto, Reinforcement Learning: An Introduction

Zusätzlich erhalten die Studierenden ausgewählte aktuelle Fachartikel, die sich auf die neuesten Fortschritte in der KI und deren Anwendungen in der Cybersicherheit konzentrieren.

Leistungsnachweis

Portfolio. Es sind die folgenden Leistungen zu erbringen: Zur Vorlesung mit Übung ist entweder eine Klausur (80 min) oder ein Fachgespräch (30 min) zu absolvieren; die Art der Leistung wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben. Im Seminar sollen die Studierenden einschlägige Literatur untersuchen, ihre Ergebnisse in einem Bericht (5 Seiten) zusammenfassen, auch die Ergebnisse der anderen Studierenden diskutieren und am Ende Ihre Arbeit präsentieren (20 Minuten Präsentation und 10 Minuten Fragerunde); Bearbeitungsdauer: 10 bis 12 Wochen. Die Leistungen in der Klausur/ Fachgespräch und im Seminar gehen im Verhältnis 80 zu 20 in die Note ein.

Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Studiengang Master Cyber-Sicherheit in der Vertiefung Security Intelligence (SI)
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester und wird im Wintertrimester (WT) angeboten.

Modulname	Modulnummer
Responsible Artificial Intelligence (erweitert)	2537

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Eirini Ntoutsi	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	96	174	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
23201	VÜ	Responsible Artificial Intelligence	Pflicht	6
23202	SE	Responsible Artificial Intelligence	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				8

Empfohlene Voraussetzungen

Gute Kenntnisse in maschinellem Lernen, Algorithmen, Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Qualifikationsziele

Vorlesung **Responsible Artificial Intelligence:** Der Bereich der verantwortungsvollen KI ist in letzter Zeit in dem Versuch entstanden, den Menschen in den Mittelpunkt von KI-basierten Systemen zu stellen, indem Aspekte wie Fairness, Erklärbarkeit, Zuverlässigkeit und Privatsphäre von KI-Systemen berücksichtigt werden. In diesem Kurs werden verschiedene Aspekte der verantwortungsvollen KI behandelt, wobei der Schwerpunkt auf fairnessbewusstem maschinellem Lernen und erklärbarer KI (XAI) liegt.

Am Ende des Kurses werden Sie gelernt haben, wie man Verantwortungsaspekte wie Fairness und XAI in den Entwurf und die Anwendung von KI einbeziehen kann.

Seminar **Responsible Artificial Intelligence**: Die Seminare zielen auf die unabhängige Erforschung eines wissenschaftlichen Themas auf der Grundlage einiger Veröffentlichungen und einer qualitativ hochwertigen Präsentation des Themas sowohl in schriftlicher (Bericht) als auch in mündlicher Form (Präsentation und Frage- und Antwortsitzungen). Dieses Seminar widmet sich der Diskussion ausgewählter Themen der verantwortungsvollen Künstlichen Intelligenz. Jedes Trimester steht ein anderes Thema im Mittelpunkt, z.B. Multi-Diskriminierung, post-hoc Erklärbarkeit, kontrafaktische Erklärungen, Erklärbarkeit für bestimmte Datentypen, etc.

Inhalt

Die diskriminierenden Effekte der KI-basierten Entscheidungsfindung auf bestimmte Bevölkerungsgruppen wurden bereits in einer Reihe von Fällen beobachtet, was zu einer zunehmenden Besorgnis der Öffentlichkeit über die Auswirkungen der KI auf unser Leben geführt hat; außerdem nimmt die Komplexität der KI-Modelle zu, was es schwierig

macht zu verstehen, wie Entscheidungen getroffen werden und ob die Modelle sinnvolle Muster aus den Daten lernen.

Vorlesung **Responsible Artificial Intelligence**:
- Responsibility aspects
- Fairness-aware learning
- Explainable AI
- Responsibility aspects in AI/ML pipelines

Seminar **Responsible Artificial Intelligence**: Die Studentinnen und Studenten wählen ein Thema aus der Liste der vorgegebenen Themen. Für jedes Thema erhalten die Studentinnen und Studenten 3-5 Forschungspapiere. Ausgehend von den Seed Papers sollen die Studentinnen und Studentendie einschlägige Literatur untersuchen und ihre Ergebnisse, einschließlich einer vergleichenden Bewertung der verschiedenen Ansätze und offenen Herausforderungen, in einem 5-seitigen Report zusammenfassen. Darüber hinaus sollen die Studentinnen und Studenten ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen konstruktives Feedback zu ihren Reports und Präsentationen geben (Peer Review). Schließlich sollen die Studentinnen und Studenten ihre Arbeit - in einer 20-minütigen Präsentation und einer 10-minütigen Fragerunde - während eines Blockseminars am Ende des Trimesters vorstellen.

In allen Lehrveranstaltungen werden die Lehrmaterialien in englischer Sprache zur Verfügung gestellt. Die Veranstaltungen werden in englischer Sprache gehalten.

Literatur

- Virginia Dignum, Responsible Artificial Intelligence - How to Develop and Use AI in a Responsible Way, Springer, 2019
- Solon Barocas, Moritz Hardt, Arvind Narayanan, FAIRNESS AND MACHINE LEARNING Limitations and Opportunities, online, 2022
- Christopher Molnar, Interpretable Machine Learning - A Guide for Making Black Box Models Explainable, 2022

Für das Seminar: Je nach dem Thema des Seminars kann jedes Trimester zusätzliches Lesematerial bereitgestellt werden.

Leistungsnachweis

Portfolio. Es sind die folgenden Leistungen zu erbringen: Zur Vorlesung mit Übung ist entweder eine Klausur (80 min) oder ein Fachgespräch (30 min) zu absolvieren; die Art der Leistung wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben. Im Seminar sollen die Studierenden einschlägige Literatur untersuchen, Ihre Ergebnisse in einem Bericht (5 Seiten) zusammenfassen, auch die Ergebnisse der anderen Studierenden diskutieren und am Ende Ihre Arbeit präsentieren (20 Minuten Präsentation und 10 Minuten Fragerunde); Bearbeitungsdauer: 10 bis 12 Wochen. Die Leistungen in der Klausur/ mündlichen Prüfung und im Seminar gehen im Verhältnis 80 zu 20 in die Note ein.

Verwendbarkeit

Wahlpflichtmodul im Studiengang Master Cyber-Sicherheit in der Vertiefung Security Intelligence (SI)

Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester und wird jeweils im Herbsttrimester (HT) angeboten.

Modulname	Modulnummer
Deep Learning (erweitert)	2668

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Marta Gomez-Barrero	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
26681	SE	Selected Topics in Deep Learning	Pflicht	2
42121	VL	Deep Learning	Pflicht	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				

Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse in den Bereichen Machine Learning, Algorithmen. Gute Programmierkenntnisse (Python).

Qualifikationsziele
Vorlesung: Die Studierenden verstehen die Grundprinzipien von Deep Learning Methoden, welche heutzutage weit verbreitet in der Künstlichen Intelligenz sind, insbesondere für Muster Erkennung. Sie werden nicht nur mit linearen Netzen arbeiten, sondern auch mit Convolutional Neural Networks (CNN) für Bildverarbeitung und Long Short-Term Memory (LSTM) Networks fu#r die Verarbeitung von Sequenzen. Die Studierenden können verschiedene Ansätze vergleichen, ihre Vorteile und Nachteile besprechen, und entscheiden, welches der beste Ansatz zur Bewältigung der anstehenden Herausforderungen ist. Seminar: Die Studierenden können aktuelle deep learning Architekturen implementieren und evaluieren. Die Studierenden sind in der Lage, aktuelle Herausforderungen des deep learnings zu verstehen, zu analysieren, zu evaluieren und zu diskutieren, um neue Lösungen zu finden. Darüber hinaus können sie fachliche Literatur und aktuelle Veröffentlichungen recherchieren, um Methoden zu finden, welche ihnen bei der Entwicklung neuer Lösungen helfen können. Die Studierenden können ihre Arbeit im Team präsentieren und Herausforderungen diskutieren. Des Weiteren können die Studierenden Fragen zu den anderen Vorträgen formulieren und mit Ideen beitragen, um die Herausforderungen zusammen zu lösen.

Inhalt

In dieser Vorlesung erwerben die Studierenden umfassende Kenntnisse über:In dieser Vorlesung erwerben die Studierenden umfassende Kenntnisse über:

- Grundlagen der deep learning
- Convolutional Neural Networks
- Long Short-Term Memory (LSTM) Networks
- Generative Adversarial Networks (GAN) und Autoencoders (AE)
- Biometrische Erkennung und deep learning
- Angriffserkennug in der Biometrie: Presentation Attack Detection (PAD) und deep learning

Seminar:

Die Studierenden wählen ein Projekt aus der Liste der angebotenen Projekte aus. Am Ende des Trimesters sollten die Studierenden eine Ausarbeitung und ggf. Code abliefern und ihre Arbeit in einer 20- bis 40-minütigen Präsentation (inkl. Q&A-Slot) vorstellen.

Literatur

- I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville: Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series), The MIT Press; Illustrated Edition (18. November 2016), ISBN: 978-0262035613
- F. Chollet: Deep Learning with Python, Manning Publications, 2017, ISBN: 978-1617294433
- B. Bhanu, A. Kumar: Deep Learning for Biometrics, Springer, 2017, ISBN: 978-3319616568
- Forschungsartikel in peer-reviewed Konferenzen oder Journalen

Leistungsnachweis

Portfolio: zur Vorlesung ein 60-minütige schriftliche Klausur und zum Seminar eine Ausarbeitung (6 bis 10 Seiten), ggf. Code und eine 20- bis 40-minütige Präsentation (inkl Q&A-Slot). Die Bearbeitungsdauer für die Ausarbeitung und die Vorbereitung der Präsentation beträgt 4 bis 6 Wochen. Die Leistungen in der Klausur und im Seminar gehen im Verhältnis 60 zu 40 in die Note ein.

Verwendbarkeit

Die hier erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten vermitteln tiefes Verständnis von modernen Verfahren des deep learnings. Die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen dieses Wahlpflichtmoduls ermöglicht den Studierenden die Übernahme einer Master-Arbeit mit Anwendungen der Methoden des Deep Learnings auf verschiedenen Gebieten.

Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert ein Trimester und beginnt jedes Jahr im FT.

Modulname	Modulnummer
Deep Learning	2821

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Marta Gomez-Barrero	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
120	48	72	4

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
42121	VL	Deep Learning	Pflicht	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				

Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse in den Bereichen Machine Learning, Algorithmen. Gute Programmierkenntnisse (Python).

Qualifikationsziele

Die Studierenden verstehen die Grundprinzipien von Deep Learning Methoden, welche heutzutage weit verbreitet in der Künstlichen Intelligenz sind, insbesondere für Muster Erkennung. Sie werden nicht nur mit linearen Netzen arbeiten, sondern auch mit Convolutional Neural Networks (CNN) für Bildverarbeitung und Long Short-Term Memory (LSTM) Networks fu#r die Verarbeitung von Sequenzen. Die Studierenden können verschiedene Ansätze vergleichen, ihre Vorteile und Nachteile besprechen, und entscheiden, welches der beste Ansatz zur Bewältigung der anstehenden Herausforderungen ist.

Inhalt

In dieser Vorlesung erwerben die Studierenden umfassende Kenntnisse über:In dieser Vorlesung erwerben die Studierenden umfassende Kenntnisse über:

- Grundlagen der deep learning
- Convolutional Neural Networks
- Long Short-Term Memory (LSTM) Networks
- Generative Adversarial Networks (GAN) und Autoencoders (AE)
- Biometrische Erkennung und deep learning
- Angriffserkennug in der Biometrie: Presentation Attack Detection (PAD) und deep learning

Literatur

- I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville: Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series), The MIT Press; Illustrated Edition (18. November 2016), ISBN: 978-0262035613

- F. Chollet: Deep Learning with Python, Manning Publications, 2017, ISBN: 978-1617294433
- B. Bhanu, A. Kumar: Deep Learning for Biometrics, Springer, 2017, ISBN: 978-3319616568
- Forschungsartikel in peer-reviewed Konferenzen oder Journalen

Leistungsnachweis

60-minütige schriftliche Klausur.

Verwendbarkeit

Die hier erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten vermitteln tiefes Verständnis von modernen Verfahren des deep learnings. Die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen dieses Wahlpflichtmoduls ermöglicht den Studierenden die Übernahme einer Master-Arbeit mit Anwendungen der Methoden des Deep Learnings auf verschiedenen Gebieten.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert ein Trimester und beginnt jedes Jahr im FT.

Modulname	Modulnummer
Ausgewählte Kapitel des OR: Data-driven Optimization	2994

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Juniorprof. Dr. rer. nat. Maximilian Moll	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
29941	VÜ	Ausgewählte Kapitel des Data-driven Optimization	Pflicht	3
29942	VÜ	Quantum Machine Learning & Optimization	Wahlpflicht	3
29943	SE	Seminar: Ausgewählte Kapitel des OR	Wahlpflicht	3
29944	P	Praktikum: Ausgewählte Kapitel des OR	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen

Grundlegende Kenntnisse in Methoden des Operations Research und des Data Minings oder der Statistik werden vorausgesetzt.

Qualifikationsziele

Studierende sollen in die Lage versetzt werden, sich selbstständig mit neuartigen Methoden der data-driven Optimization in Theorie und Praxis auseinander zu setzen. Hierzu sollen sie im Rahmen der Vorlesung, sowie vertiefend in Seminar und Praktikum, verschiedene Methoden analysieren und anwenden.

Hierbei soll nicht nur die Fähigkeit entwickelt werden Ansätze auf ihre theoretische Richtigkeit und praktische Anwendbarkeit zu beurteilen, sondern diese auf ein Problem hin anpassen zu können.

Schließlich soll das Identifizieren geeigneter Probleme und passender Lösungsansätze geschult werden.

Inhalt

Data-driven Optimization beschäftigt sich zukunftsweisend mit der Kombination von klassischen Optimierungsmethoden und daten-basierten Ansätzen. Im Gegensatz zu der klassischen Optimierung der letzten Jahrhunderte, die ausgehend von einem zu optimierenden Modell eine Lösung sucht, bietet das Data-driven Optimization die Möglichkeit, ohne eine exakte mathematische Abstrahierung des zugrunde liegenden Modells Optimierungsmethoden anzuwenden.

Das Modul bietet aufbauend auf dem vorhandenen Grundwissen einen vertiefenden Einblick in ausgewählte Themengebiete des data-driven Optimization. Neben der grundlegenden Problematik werden Themen aus dem Reinforcement Learning, Prescriptive Analytics und der konvexen Optimierung unter Unsicherheit behandelt.

Das Reinforcement Learning ist neben Supervised und Unsupervised Learning das dritte Teilgebiet des Machine Learnings und beschäftigt sich mit daten-basierten Ansätzen zu Problemen der klassischen Kontrolltheorie. Hierbei soll im Modul auch die Anwendung auf praxis-relevante Probleme herausgestellt werden, die über die bekannten Lösungen von Spielen, wie z.B. Go, hinausgehen.

Prescriptive Analytics stellt aufbauend auf Descriptive und Predictive Analytics die nützlichste und schwerste Stufe des Data Science dar. Hier müssen nicht nur datan-basierte Vorhersagen getroffen werden, sondern das zukünftige System auf eine gegebene Zielvorstellung hin optimiert werden. In der Vorlesung werden verschiedene grundsätzliche Herangehensweisen mit ihren Vor- und Nachteilen diskutiert, sowie die Abgrenzung zu Predictive Analytics konkretisiert.

Die konvexe Optimierung stellt ein zentrales Element des Operations Research und der modernen Entscheidungsunterstützung dar. In vielen Fällen sind jedoch die Parameter der Optimierungsmodelle nicht explizit bekannt, sondern müssen zunächst aus Daten abgeleitet werden. Die Vorlesung thematisiert, wie sich dies auf die zu wählenden Optimierungsverfahren auswirken muss.

Das Seminar greift aktuelle Publikationen zu den Themen der Vorlesung auf.

Im Praktikum setzen sich die Studierenden mit einer konkreten, praxis-nahen Problemstellung des data-driven Optimization auseinander.

In der Vorlesung Quantum Machine Learning and Optimization wird spezifisch auf die Verwendung von Quantum Computern für effizientere Algorithmen im Kontext der NISQ-Maschinen eingegangen.

Im Praktikum werden die Studierenden an die Lösung eines konkreten RL-Problems unter praxis-nahen Bedingungen herangeführt. Hierfür wird Ihnen ein entsprechendes Environment gestellt. Während jeder Student sich mit einem anderen konkreten Algorithmus aus der Vorlesung beschäftigt, werden sie durch verschiedenen Arbeitsschritte geführt. Abschließend werden die Performances der verschiedenen trainierten Algorithmen verglichen – der Vergleich untereinander dient dabei als Teil der Lernerfahrung, nicht aber der Bewertung.

Literatur

- Sutton, Richard S., and Andrew G. Barto. *Reinforcement learning: An introduction.* MIT press, 2018.
- Jacquier, Antoine, et al.*Quantum Machine Learning and Optimisation in Finance: On the Road to Quantum Advantage*. Packt Publishing Ltd, 2022

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfelder Software- und Informationsmanagement, Geoinformatik sowie Modellierung, Operations Research, Simulation und Experimentation, außerdem im Anwendungsfach Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang WIN, Vertiefungsfeld Technologie-und Innovationsmanagement • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang CYB, Vertiefungsfelder Enterprise Security, Public Security sowie Security Intelligence
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester. Es beginnt immer im Frühjahrstrimester.
Sonstige Bemerkungen
Zum Absolvieren des Moduls sind neben der Pflichtveranstaltung "Ausgewählte Kapitel des Data-driven Optimization" zwei der drei Wahlpflichtveranstaltungen zu belegen.

Modulname	Modulnummer
Compilerbau	3647

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Stefan Brunthaler	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36471	VL	Compilerbau	Pflicht	2
36472	UE	Compilerbau	Pflicht	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

Von den Studierenden werden Kenntnisse in der maschinennahen Programmierung vorausgesetzt, wie sie z.B. in der gleichnamigen Bachelorveranstaltung vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Studierende erwerben fundierte Kenntnisse sowohl über theoretische Grundlagen des Compilerbaus, als auch deren praktische Anwendung zur systematischen, Werkzeug-unterstützten Erstellung von Compilern.

Inhalt

Die Vorlesung Compilerbau studiert die systematische Konstruktion von Compilern in allen Phasen, mithin der lexikalischen, syntaktischen und semantischen Analyse mit gängigen Verfahren. Die Vorlesung startet mit einer kleinen Untermenge der C Programmiersprache und vergrößert diese Menge schrittweise wie folgt:

- Unterstützung mehrerer skalarer Datentypen, z.B. Bool'sche Variablen
- Unterstützung mehrerer zusammengesetzter Datentypen, z.B. Records
- Unterstützung von komplexeren lokalen Variablen
- Unterstützung von Funktionen

Innerhalb der wachsenden Programmiersprache werden verschiedene Konzepte erörtert:

- Typüberprüfung
- Feldgrenzenüberprüfung
- Direkte Erzeugung von Maschinencode
- Optimierungen (Register Allokation, Peephole Optimization, etc.)
- Virtuelle Maschinen, Konstruktion und Optimierung.

Literatur
• Engineering a Compiler, Cooper & Torczon. • Modern Compiler Implementation in ML, Andrew Appel. • Modern Compiler Design, Grune et al. • Principles of Program Analysis, Fleming et al. • Compiler Construction, Waite und Goos. • Übersetzerbau: Band 1: Virtuelle Maschinen; Wilhelm, Seidl. • Übersetzerbau: Band 2: Syntaktische und semantische Analyse; Wilhelm, Seidl, Hack. • Übersetzerbau: Band 3: Analyse und Transformation; Seidl, Wilhelm, Hack. • Structure and Interpretation of Computer Programs; Abelson und Sussman. • How to Design Programs, Matthias Felleisen, Robert Bruce Findler, Matthew Flatt, Shriram Krishnamurthi. • Schreibe Dein Programm!; Herbert Klaeren, Michael Sperber. • The Little Schemer, Friedman, Felleisen.
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 120 Minuten Dauer.
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfeld Software- und Informationsmanagement • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang CYB, Vertiefungsfelder Enterprise Security und Cyber Network Capabilities
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester.

Modulname	Modulnummer
Compilerbau (erweitert)	3648

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Stefan Brunthaler	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36471	VL	Compilerbau	Pflicht	2
36472	UE	Compilerbau	Pflicht	4
36481	P	Praktikum Compilerbau	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen

Von den Studierenden werden Kenntnisse in der maschinennahen Programmierung vorausgesetzt, wie sie z.B. in der gleichnamigen Bachelorveranstaltung vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Studierende erwerben fundierte Kenntnisse sowohl über theoretische Grundlagen des Compilerbaus, als auch deren praktische Anwendung zur systematischen, Werkzeug-unterstützten Erstellung von Compilern.

Inhalt

Die Vorlesung Compilerbau studiert die systematische Konstruktion von Compilern in allen Phasen, mithin der lexikalischen, syntaktischen und semantischen Analyse mit gängigen Verfahren. Die Vorlesung startet mit einer kleinen Untermenge der C Programmiersprache und vergrößert diese Menge schrittweise wie folgt:

- Unterstützung mehrerer skalarer Datentypen, z.B. Bool'sche Variablen
- Unterstützung mehrerer zusammengesetzter Datentypen, z.B. Records
- Unterstützung von komplexeren lokalen Variablen
- Unterstützung von Funktionen

Innerhalb der wachsenden Programmiersprache werden verschiedene Konzepte erörtert:

- Typüberprüfung
- Feldgrenzenüberprüfung
- Direkte Erzeugung von Maschinencode
- Optimierungen (Register Allokation, Peephole Optimization, etc.)
- Virtuelle Maschinen, Konstruktion und Optimierung.

Das Praktikum Compilerbau vertieft die Kenntnisse des Compilerbaus in verschiedene Richtungen (siehe Leistungsnachweis). Im Praktikum gibt es einen spezifischen Fokus auf Sicherheit-basierte Themen, es besteht z.B. die Moeglichkeit Control-Flow Integrity oder Software Diversity im eigenen Compiler aus dem vorhergehenden Trimester (also WT oder FT) zu implementieren.

Literatur

- Engineering a Compiler, Cooper & Torczon.
- Modern Compiler Implementation in ML, Andrew Appel.
- Modern Compiler Design, Grune et al.
- Principles of Program Analysis, Fleming et al.
- Compiler Construction, Waite und Goos.
- Übersetzerbau: Band 1: Virtuelle Maschinen; Wilhelm, Seidl.
- Übersetzerbau: Band 2: Syntaktische und semantische Analyse; Wilhelm, Seidl, Hack.
- Übersetzerbau: Band 3: Analyse und Transformation; Seidl, Wilhelm, Hack.
- Structure and Interpretation of Computer Programs; Abelson und Sussman.
- How to Design Programs, Matthias Felleisen, Robert Bruce Findler, Matthew Flatt, Shriram Krishnamurthi.
- Schreibe Dein Programm!; Herbert Klaeren, Michael Sperber.
- The Little Schemer, Friedman, Felleisen.

Leistungsnachweis

Der Leistungsnachweis ist ein Portfolio und besteht aus einer praktischen Ausarbeitung eines komplexeren Teilgebiets des Compilerbaus in dem eigenen, in der Compilerbau Übung erstellten Compiler. Die Teilgebiete umfassen folgende Aufgaben:

- Design und Implementierung eines einfachen Python Frontends für den erstellten Beispielcompiler.
- Design und Implementierung komplexer Datentypen, Unterstützung für Klassen, Objekte und dynamische Bindung von Methodenaufrufen.
- Backend-Optimierungen: Design und Implementierung eines automatischen Befehlsauswahlverfahrens auf Grundlage von Bottom-Up Rewriting Systems (BURS).
- Backend: Unterstützung einer zusätzlichen Backend-Architektur, z.B. RISC-V oder ARM.
- Sprachbasierte Sicherheit: Implementierung verschiedener Compiler-gestützter Verteidigungstechniken

Es kann nur ein Thema gewählt werden, die Bearbeitungszeit umfasst 6 bis 12 Wochen. Die Bearbeitung wird durch eine Präsentation mit einer Dauer von 20 - 40 Minuten, durch die Abgabe des Quelltextes der erbrachten Lösung (Umfang: 1000 - 2000 Codezeilen) und durch ein Fachgespräch mit zugehörigen Verständnisfragen, ebenfalls im Umfang von 20 - 40 Minuten, abgeschlossen.

Die Note wird wie folgt berechnet:

- 1/3: Implementierung zu Compilerbau Uebung
- 1/3: Implementierung des Praktikums

• 1/3: Muendliche Pruefung zum Thema der Praktikumsimplementierung
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfeld Software- und Informationsmanagement • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang CYB, Vertiefungsfelder Enterprise Security und Cyber Network Capabilities
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester.

Modulname	Modulnummer
Natural Language Processing	3850

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. phil. Michaela Geierhos	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
38501	VÜ	Natural Language Processing	Pflicht	3
38502	P	Praktikum Natural Language Processing	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen
Die Studierenden sollten Grundkenntnisse in Informatik besitzen, insbesondere Erfahrung mit Algorithmen sowie Programmierkenntnisse in Python haben.

Qualifikationsziele
Ziel der Lehrveranstaltungen dieses Moduls ist es, die Studierenden mit speziellen Techniken des Natural Language Processing vertraut zu machen. Insbesondere sollen die Studierenden dabei lernen, wie Qualität, Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit komplexer Sprachmodelle durch Auswahl entsprechender Entwicklungs- und Evaluationsmethoden gewährleistet werden können.

Inhalt
Die Studierenden lernen die wichtigsten Phänomene in natürlichen Sprachen auf verschiedenen Granularitätsebenen kennen, angefangen bei der Kombination von Lauten bis hin zur Bedeutung von Wörtern, Sätzen und Texten. Sie erhalten eine Einführung in die wichtigsten symbolischen und statistischen Ansätze des Natural Language Processing (NLP) zur Modellierung dieser Phänomene. Alle theoretischen Themen werden von Übungen begleitet, die sich mit diesen Phänomenen befassen und die ihre Anwendung in praktischen Szenarien demonstrieren, wie z. B. Rechtschreibkorrektur, automatische Vervollständigung, Schlüsselwortextraktion, Themenerkennung, Erkennung von benannten Entitäten (Eigennamen), Relationsextraktion, Synonymerkennung, etc. Im Praktikum werden die Inhalte der Vorlesung im Rahmen eines exemplarischen NLP-Projekts zur Anwendung gebracht.

Literatur
• Dan Jurafsky, James H. Martin: Speech and Language Processing, 3. Auflage, 2023. https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/ • Steven Bird, Ewan Klein, Edward Loper: Natural Language Processing with Python – Analyzing Text with the Natural Language Toolkit, 2019. https://www.nltk.org/book/ • Akshay Kulkarni, Adarsha Shivananda: Natural Language Processing Recipes: Unlocking Text Data with Machine Learning and Deep Learning Using Python, Apress, 2021.
Leistungsnachweis
Leistungsnachweis für das Gesamtmodul ist ein Portfolio, das sich aus den Einzelleistungen in den beiden Teilveranstaltungen zusammensetzt. Die geforderten Einzelleistungen sind wie folgt: • 38501: Schriftliche Klausur von 60 Minuten Dauer. • 38502: Präsentation, Bearbeitungszeit: 4 Wochen, Umfang 20 Minuten. Die Leistungen zur Vorlesung (mit Übung) und im Praktikum gehen mit gleichen Anteilen in die Note ein.
Verwendbarkeit
Die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen dieses Wahlpflichtmoduls ermöglicht den Studierenden die Übernahme einer Master-Arbeit im Bereich Data Science mit Fokus auf Natural Language Processing.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester und beginnt jedes Jahr im WT.

Modulname	Modulnummer
Information Retrieval	3851

Konto	WPFL Vert.: SIM - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. phil. Michaela Geierhos	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
38511	VÜ	Information Retrieval	Pflicht	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

Die Studierenden sollen grundlegende Programmierkenntnisse sowie ein Grundverständnis von Algorithmen und Datenstrukturen haben.

Qualifikationsziele

Studierende lernen Aufgabenstellung, Modelle und Methoden des Information Retrieval kennen. Dabei soll die Fähigkeit zur Nutzung und zur Mitwirkung bei der Konzeption und Konfiguration von Suchmaschinenlösungen für Web und Enterprise Search vermittelt werden. Darüber hinaus sollen die Vor- und Nachteile der zugrundeliegenden Konzepte und Modelle sowie der verschiedenen Implementierungstechniken verstanden werden.

Inhalt

Dieses Modul gibt einen Einblick in die wichtigsten Themen des Information Retrieval. Hierfür werden die Grundlagen der wichtigsten Modelle aus dem Bereich des Information Retrieval vermittelt. Außerdem werden Techniken und Verfahren wie z. B. Term-Gewichtungen, Ähnlichkeitsmaße und Rankingmechanismen, Evaluierungsprinzipien, Benutzerinteraktion und Feedbackmechanismen sowie Indexierung und computerlinguistische Hilfsmittel für dem Bereich des Information Retrieval detailliert behandelt.

In der Übung werden theoretische und praktische Fragestellungen gleichermaßen behandelt. Der theoretische Teil dient zur Wiederholung der Vorlesungsinhalte. Im praktischen Teil sind die Studierenden aufgefordert, ausgewählte Verfahren aus dem Information Retrieval eigenständig zu implementieren. Für die Übungen sind Programmierkenntnisse erforderlich.

Literatur

- Chris Manning, Prabhakar Raghavan, Hinrich Schütze: Introduction to Information Retrieval, 2009 Cambridge University Press. https://nlp.stanford.edu/IR-book/pdf/irbookonlinereading.pdf

- Dirk Lewandowski: Web Information Retrieval – Technologien zur Informationssuche im Internet, Deutsche Gesellschaft f. Informationswissenschaft u. Informationspraxis, 2005.

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer.
Verwendbarkeit
Die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen dieses Wahlpflichtmoduls ermöglicht den Studierenden die Übernahme einer Master-Arbeit im Bereich Data Science mit Fokus auf Information Retrieval.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert ein Trimester und beginnt jedes Jahr im WT.

Modulname	Modulnummer
Cyber Defense	1010

Konto	WPFL Vert.: TEI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Gabi Dreo Rodosek	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
360	144	116	12

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10101	VÜ	Ausgewählte Kapitel der IT-Sicherheit	Wahlpflicht	3
10102	VÜ	Netzsicherheit	Wahlpflicht	3
10103	P	Praktikum Netzsicherheit	Wahlpflicht	3
10104	VÜ	IT-Forensik	Wahlpflicht	3
10106	VÜ	Sicherheitsmanagement	Pflicht	3
10107	VÜ	Sichere vernetzte Anwendungen	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				12

Empfohlene Voraussetzungen

Für die Vorlesung und Übung System- und Software-Sicherheit werden grundlegende Kenntnisse in der Programmierung sowie des Software Engineerings vorausgesetzt, wie sie in den Bachelormodulen "Objektorientierte Programmierung" und "Einführung in die Praktische Informatik" vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Durch die Vorlesung Ausgewählte Kapitel der IT-Sicherheit erhalten die Studierenden einen vertiefenden Einblick in verschiedene Aspekte der IT-Sicherheit mit hoher praktischer Relevanz. Durch die Kombination der ausgewählten Bereiche sind sie in der Lage, die Bedeutung und Zusammenhänge verschiedener technischer und organisatorischer Einflussfaktoren auf die IT-Sicherheit zu verstehen Mit den erworbenen Kenntnissen können die Studierenden systematische Bewertungen des Schutzbedarfs und der IT-Sicherheit moderner Systeme und IT-Infrastrukturen vornehmen, in die auch in der Praxis noch häufig unterschätzte nicht-technische Faktoren einfließen.

Die Studierenden lernen in der Vorlesung Netzsicherheit die Gefährdungsaspekte von Netzen und deren Entwicklung detailliert kennen. Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden befähigt, sicherheitsrelevante Aspekte in vernetzten Strukturen zu erkennen und Betrachtungen von Netzen in Bezug auf Sicherheitsaspekte durchzuführen. Sie werden in die Lage versetzt, Verfahren zum Schutz und der Absicherung jeweiliger Netzen zu identifizieren. Mittels der Vorstellung von aktuellen Geräten und neuer Verfahren werden die Studierenden zusätzlich befähigt, Abschätzungen von Sicherheitsgefährdungen durch neue Technologien zu geben.

Nach dem Praktikum Netzsicherheit sind die Studierenden in der Lage, Maßnahmen zur Abwehr von gängigen Bedrohungen und zur Absicherung von IT-Systemen zu implementieren und deren Wirksamkeit zu verifizieren. Durch die eigenständige Bearbeitung von angeleiteten, praktischen Aufgaben vertiefen und festigen die Studierenden ihre Kenntnisse im Bereich Cyber Defence.

In IT-Forensik lernen die Studierenden die typischen Schritte eines Angriffs auf ein IT-System kennen und entwickeln ein Verständnis für die Prinzipien und Vorgehensweisen bei der Untersuchung von Sicherheitsvorfällen. Sie kennen die grundlegenden Schritte eines Computerforensikers und können diese auf konkrete Angriffsszenarien anwenden. Insbesondere verstehen sie die verschiedenen Analysemethoden und sind in der Lage diese in Form einer gerichtsverwertbaren Aufarbeitung anwenden zu können. Spezieller Wert wird hierbei auf die forensische Analyse einer Festplatte mittels eines Open-Source-Tools sowie der Erarbeitung eines Konzeptes zur Sicherheitsüberprüfung eines komplexen Systems gelegt. Ferner lernen die Studenten Methoden zur Sicherung und Analyse von Festplatteninhalten und anderen Datenträgern auf sichtbaren und versteckten Bereichen sowie Grundlagen der Steganographie kennen.

Die Vorlesung Sicherheitsmanagement vermittelt die Kompetenz, den Themenkomplex Informationssicherheit in seiner Breite strukturiert und nach technischen und organisatorischen Aspekten differenziert anzugehen und je nach Einsatzszenario systematisch Schwerpunkte im operativen Sicherheitsmanagement zu setzen. Studierende werden in die Lage versetzt, in realistischen Anwendungsbeispielen den Erfüllungsgrad von Anforderungen durch internationale Normen zu beurteilen und Maßnahmen zu planen, um identifizierte Defizite zu beseitigen.

Durch die Vorlesung Entwicklung und Betrieb sicherer vernetzter Anwendungen wird die Kompetenz vermittelt, grundlegende Designfehler, weit verbreitete Sicherheitslücken und typische Implementierungsfehler auf Quelltextebene zu erkennen und zu vermeiden. Studierende lernen praxisrelevante Penetration-Testing-Ansätze, ausgewählte wichtige Software-Härtungsmaßnahmen und Bausteine sicherer vernetzter Anwendungen samt ihren betrieblichen Aspekten kennen.

Inhalt

Die Vorlesung Ausgewählte Kapitel der IT-Sicherheit behandelt eine Reihe komplementärer Fragestellungen, die das Zusammenspiel technischer Angriffe und korrespondierender Abwehrmechanismen mit dem „Faktor Mensch" in der IT-Sicherheit aufzeigen. Zunächst werden verschiedene Paradigmen der IT-Sicherheit und häufig anzutreffende Designprobleme bei heutigen Kommunikationsprotokollen und komplexen IT-Infrastrukturen betrachtet. Im weiteren Verlauf werden aktuelle technische und Social-Engineering-basierte Angriffsverfahren, die in der Praxis häufig kombiniert anzutreffen sind, und Konsequenzen für die Gewährleistung der IT-Sicherheit und die systematische Auswahl und Kombination von Sicherheitsmaßnahmen vorgestellt. Das inhärente Konfliktpotential zwischen umfassendem technischen Security-Monitoring und Datenschutz wird im Kontext von Privacy Enhancing Technologies analysiert und anhand ausgewählter Verfahren zur Datenanonymisierung und Internet-Anonymisierungsdiensten auf Basis von Mix-Netzen und Onion-Routing veranschaulicht. Anhand exemplarischer Dienste wie dem Hosting virtueller Server und kollaborativer Dateiablagen werden die Methoden abschließend auf den Themenkomplex Cloud Computing Security angewandt

und ein Ausblick auf aktuelle Weiterentwicklungen in Forschung und Entwicklung gegeben.

In der Vorlesung Netzsicherheit erhalten Studierende einen vertieften Einblick in Fragestellungen der Netzsicherheit. Hierbei werden zunächst die Sicherheitsbedrohungen im Wandel von klassischen Angriffen hin zum Cyber War mit Schadsoftware und deren Verbreitung betrachtet, sowie u.a. aktive und passive Angriffe, Blended Attacks, Web Hacking, Spam, Botnetze und Aspekte der Internet-Kriminalität behandelt.

Im weiteren Verlauf stehen sowohl Firewall-Architekturen, -konzepte, -Systeme als auch Intrusion Detection und Prevention Systeme, Honeypots (Low- und High-Interaction), Honeynets sowie Early Warning Systeme im Fokus. Eine vertiefende Auseinandersetzung mit sicherheitsrelevanten Protokollen wie IPSec und den Auswirkungen der breitbandigen Nutzung von IPv6 auf die Netzsicherheit ist ebenso Bestandteil der Vorlesung. Wesentliche Techniken und Besonderheiten neuer Verfahren und Ansätze zur Angriffserkennung im Bereich der mobilen Endgeräten wie Smartphones und Tablet-PCs sowie des Cloud Computings schließen die Thematik ab.

Schwerpunkt im Praktikum Netzsicherheit ist die selbstständige Durchführung von praktischen Aufgaben zu aktuellen Themen und Fragestellungen der Absicherung von IT-Systemen. Zu Beginn werden einfache Angriffe auf den Ebenen 2 bis 4 sowie 7 des ISO/OSI-Referenzmodells vorgestellt, bspw. durch die Manipulation von ARP

oder Subnetting oder Angriffe gegen Webseiten auf Applikationsebene (z.B. XSS) betrachtet. Entsprechende Gegenmaßnahmen werden untersucht und integriert (z.B. Einrichtung und Betrieb einer Firewall, Absicherung von Webservern, Aufbau und Betrieb von Tunneln). Darauf aufbauend werden weitere, aktuelle Angriffsverfahren behandelt, bspw. Bot-Netz-Attacken oder spezialisierte Angriffe wie z.B. zielgerichtete Angriffe. Hierzu werden ebenfalls geeignete Gegenmaßnahmen entwickelt und praktisch implementiert (z.B. Intrusion Detection/Prevention Systeme, low/high interaction Honeypots/Honeynets).

IT-Forensik beschäftigt sich mit der Untersuchung von Vorfällen (Incidents) von IT-Systemen. Durch Erfassung, Analyse und Auswertung digitaler Spuren in Computersystemen werden nach Möglichkeit sowohl der Tatbestandes als auch der oder die Täter festgestellt. Im Rahmen der Veranstaltung erhalten die Studenten zunächst einen grundlegenden Überblick über die Thematik IT-Forensik (z.B. Forensik vs. Incident-Response). Im nächsten Schritt erfolgt ein vertiefender Einblick in den Aufbau von Speichermedien (Festplatten, Flashspeicher, Magnetbänder) sowie Arten, Standards, Schnittstellen (Aufbau und Analyse von Standarddateisystemen, bspw. FAT, NTFS, ext). Darauf aufbauend erfolgt eine Klassifikation von Datenträgern, Partitionierungsverfahren sowie prinzipiellen Analysemöglichkeiten (z.B. vor dem Hintergrund einer Verschlüsselung von Dateien). Als nächstes werden typische Angriffsmethodiken untersucht, bevor am praktischen Beispiel einer forensischen Post-Mortem-Analyse ein konkretes Szenario bearbeitet wird. Hierbei wird u.a. ein spezieller Fokus auf die Einbeziehung von Behörden im Sinne einer gerichtsverwertbaren Auswertung gelegt.

Die Vorlesung Sicherheitsmanagement führt in die organisatorischen und technischen Aspekte des Umgangs mit dem Thema Informationssicherheit in komplexen Umgebungen ein, beispielsweise in Konzernen mit mehreren Standorten und bei organisationsübergreifenden Kooperationen wie Zulieferpyramiden oder internationalen Forschungsprojekten. Auf Basis der internationalen Normenreihe ISO/IEC 27000, das u.a. im Rahmen des IT-Sicherheitsgesetzes auch national stark an Bedeutung gewinnt, und weiterer Frameworks wie COBIT werden die Bestandteile so genannter Informationssicherheits-Managementsysteme (ISMS) analysiert und Varianten ihrer Umsetzung mit den damit verbundenen Stärken und Risiken diskutiert. Neben der Integration vorhandener technischer Sicherheitsmaßnahmen in ein ISMS werden auch die Schnittstellen zu branchenspezifischen Vorgaben, beispielsweise dem Data Security Standard der Payment Card Industry, zum professionellen IT Service Management bei IT-Dienstleistern und zu gesetzlichen Auflagen betrachtet.

Die Vorlesung Sichere vernetzte Anwendungen betrachtet Methoden, Konzepte und Werkzeuge zur Absicherung von verteilten Systemen über deren gesamten Lebenszyklus. Anhand von Webanwendungen und anderen serverbasierten Netzdiensten werden zunächst Angreifer-, Bedrohungs- und Trustmodelle sowie typische Design-, Implementierungs- und Konfigurationsfehler und deren Zustandekommen analysiert. Auf Basis dieser Grundlagen wird ein systematisches Vorgehen bei der Entwicklung möglichst sicherer vernetzter Anwendungen erarbeitet. Nach einem Überblick über die Besonderheiten der auf IT-Sicherheitsaspekte angepassten Entwicklungsprozesse werden ausgewählte Methoden und Werkzeuge, u.a. zur statischen bzw. dynamischen Code-Analyse und für Penetration Tests, und ihr Einsatz in den einzelnen Phasen des Softwarelebenszyklus mit den Schwerpunkten Implementierung und operativer Einsatz vertieft. Am Beispiel von Authentifizierungs- und Autorisierungsverfahren u.a. auf Basis von LDAP, SAML, XACML und OAuth wird die Integration klassischer und moderner Access-Control-Modelle in neu entwickelte Systeme und Legacy-Anwendungen mit ihren betrieblichen Aspekten, u.a. Management und Skalierbarkeit, diskutiert. Nach einem Überblick über aktuelle Härtungs- und Präventionsansätzen in Compilern, Betriebssystemen und Libraries werden ausgewählte Ansätze zur Analyse von Exploits und Malware behandelt. Unter dem Stichwort Ethical Hacking werden abschließend Vorgehensweisen bei der Responsible Disclosure identifizierter Schwachstellen diskutiert, die zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Sicherheitseigenschaften komplexer Anwendungen führen.

Literatur

- Claudia Eckert, IT-Sicherheit: Konzepte-Verfahren-Protokolle, De Gruyter Oldenbourg; 11. Edition, ISBN-10 311099689, 2023
- Brij B. Gupta, Gregorio Martinez Perez, Dharma P. Agrawal, Deepak Gupta, Handbook of Computer Networks and Cyber Security, Handbook of Computer Networks and Cyber Security, Principles and Paradigms, Springer, ISBN 978-3-030-22276-5, 2020
- Michael Brenner et al., Praxisbuch ISO/IEC 27001, Hanser Verlag, 4. Auflage 2022
- Thomas Harich, IT-Sicherheitsmanagement, mitp Professional Verlag, 3. Auflage 2021

Leistungsnachweis

Portfolio. Es sind vier Wahlpflichtveranstaltungen zu belegen. Wenn das Praktikum Netzsicherheit gewählt wird, ist dieses erfolgreich zu absolvieren. Außerdem ist zu

jeder gewählten Vorlesung mit Übung entweder eine Klausur von 30 Minuten oder ein Fachgespräch von 20 Minuten zu absolvieren; die Form der jeweiligen Leistung wird zu Beginn der jeweiligen Wahlpflichtveranstaltung bekannt gegeben. Alle Veranstaltungen (schriftlich/mündlich) werden gleich gewichtet und tragen zur Gesamtnote bei.
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfeld Technische Informatik • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang WIN, Vertiefungsfeld Technologie- und Innovationsmanagement
Dauer und Häufigkeit
2-3 Trimester
Sonstige Bemerkungen
Es sind vier der Wahlpflichtveranstaltungen zu belegen.

Modulname	Modulnummer
Analytische Modelle	1032

Konto	WPFL Vert.: TEI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Siegle	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	96	174	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10321	VÜ	Quantitative Modelle	Pflicht	5
10322	VÜ	Verlässliche Systeme	Wahlpflicht	3
10323	VÜ	Zuverlässigkeitstheorie	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				8

Empfohlene Voraussetzungen

Wahrscheinlichkeitsrechnung auf Bachelor-Niveau wird vorausgesetzt. Voraussetzung ist ferner eine Vertrautheit mit Grundlagen der Architektur und des Entwurfs von Rechen- und Kommunikationssystemen.

Qualifikationsziele

Die Studierenden lernen, ein existierendes oder geplantes reales System auf ein Modell abzubilden und anhand des Modells Aussagen über die zu erwartende Leistungsfähigkeit und/oder Zuverlässigkeit zu machen. Sie werden in die Lage versetzt, die Zusammenhänge zwischen den diversen Parametern eines Systems und den zu erwartenden Leistungs- und Zuverlässigkeitskenngrößen zu verstehen. Die Studierenden sollten nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul in der Lage sein, (Rechner-)Systeme performanter und verlässlicher zu entwerfen, bzw. existierende Systeme bezüglich Performance und Verlässlichkeit bewerten zu können.

Inhalt

Neben der Frage, ob ein Rechen- oder Kommunikationssystem seine funktionalen Anforderungen korrekt und vollständig erfüllt, spielt die Frage nach der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Systems eine zentrale Rolle. Modelle mit stochastischem Charakter sind ein wichtiges Hilfsmittel für die Leistungs- und Zuverlässigkeitsbewertung von Systemen.

In diesem Modul werden die Grundlagen solcher Modelle und ihrer quantitativen Analyse behandelt. Im Pflichtteil "Quantitative Modelle" werden einfache stochastische Prozesse, insbesondere Markov-Prozesse mit diskretem oder stetigem Zeitparameter eingeführt. Es werden wichtige Leistungs- und Zuverlässigkeitskenngrößen definiert und bestimmt. Wichtige Gesetzmäßigkeiten, wie das Gesetz von Little, werden erläutert. Es werden unterschiedliche Typen von Bediensystemen betrachtet, und schließlich verschiedene

Verfahren für die Analyse von Warteschlangennetzen und die numerische Analyse von Markovketten vorgestellt.

Die Wahlpflicht-Lehrveranstaltung "Verlässliche Systeme" fokussiert insbesondere auf Fehlertoleranz-Methoden und deren Bewertung zur Erhöhung der Systemzuverlässigkeit solcher Systeme. Neben zentralen Begrifflichkeiten werden Modellierungsmethoden wie Fehlerbäume, Zuverlässigkeitsblockdiagramme und Markov-Modelle für Systeme mit und ohne Reparaturen thematisiert.

In der alternativen Wahlpflicht-Lehrveranstaltung "Zuverlässigkeitstheorie" werden strukturelle Eigenschaften kohärenter Systeme betrachtet, d.h. die Funktionstüchtigkeit des Systems wird in Beziehung zur Funktionstüchtigkeit seiner Komponenten gesetzt. Die Studierenden lernen Methoden und Ansätze kennen, mit denen z.B. das Ausfall- und Überlebensverhalten von einzelnen Bauteilen oder Geräten (die als ein vernetztes System von Bauteilen aufgefasst werden können) modelliert und analysiert werden können.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Angesichts der hohen Leistungs- und Zuverlässigkeitsanforderungen an informationsverarbeitende Systeme in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen (z.B. verteilte eingebettete Systeme, Prozesssteuerungen, sicherheitskritische Systeme, Workflow-Systeme oder paralleles wissenschaftliches Rechnen) bilden die erworbenen Kenntnisse einen wichtigen Bestandteil der Ausbildung von Informatikern.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester.
Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester.
Als Startzeitpunkt ist das Frühjahrstrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Sonstige Bemerkungen

In diesem Modul ist neben der Pflichtveranstaltung (mit Übung) eine der beiden Wahlpflichtveranstaltungen (mit Übung) zu wählen.

Modulname	Modulnummer
Simulationstechnik	1033

Konto	WPFL Vert.: TEI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Oliver Rose	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	96	174	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10244	P	Praktikum Modellbildung und Simulation	Wahlpflicht	4
10331	VÜ	Parallele und verteilte Simulation	Pflicht	3
10332	VÜ	Entscheidungsunterstützende Modellbildung und Simulation	Wahlpflicht	3
10333	VÜ	Moderne Heuristiken	Wahlpflicht	3
10334	VÜ	Verifikation und Validierung von Modellen	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				7

Empfohlene Voraussetzungen

Grundlegende Kenntnisse zu Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik sowie zu Simulation, wie sie beispielsweise in den entsprechenden Modulen im Bachelor Informatik oder Master Informatik vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Ziel der Lehrveranstaltungen dieses Moduls ist es, den Studierenden - auf der Basis profunder Kenntnisse der Simulation im Allgemeinen - spezielle Techniken aus den Gebieten parallele und verteilte Simulation, heuristische Optimierungsverfahren, Verifikation und Validierung sowie Entscheidungsunterstützungsverfahren zu vermitteln. Insbesondere sollen die Studierenden dabei lernen, wie sie komplexe Simulationsmodelle durch diese besonderen Techniken verbessern können, um Probleme zu lösen, die rein analytisch oder mit Standardmethoden nicht mehr beherrschbar sind.

Inhalt

In den Lehrveranstaltungen dieses Moduls werden Kenntnisse der Computersimulation unter besonderer Berücksichtigung spezieller Modellierungsziele und Verwendungszwecke in der Praxis methodisch vertieft. Dabei handelt es sich um:

- die verteilte oder parallele Ausführung von Simulationsmodellen auf mehreren Prozessoren oder Rechnern aus Gründen der Erhöhung der Leistungsfähigkeit oder auch der Zuverlässigkeit (Parallele und verteilte Simulation),

- Maßnahmen zur Sicherstellung der Glaubwürdigkeit, Gültigkeit und Qualität von Modellen und deren Ergebnissen hinsichtlich eines bestimmten Verwendungszwecks (Verifikation und Validierung von Modellen),
- Vorgehensweisen, Paradigmen und Methoden zum Einsatz von Simulation als Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung, welche meist unter Annahmen über die Realsysteme zu erfolgen hat und zu Ergebnissen führen muss, die dem Anwender plausibel erscheinen (Entscheidungsunterstützende Modellbildung und Simulation),
- heuristische Verfahren, die zur Optimierung von Simulationsergebnissen und Eingabeparameter insbesondere bei komplexen Modellen unverzichtbar geworden sind (Moderne Heuristiken).

Im Praktikum sollen gegebenenfalls einzelne dieser Methoden im Rahmen eines Beispiels umgesetzt werden.

Literatur

- Dörner, Dietrich (2006). Die Logik des Misslingens. Rowohlt.
- Fujimoto, Richard M. (2000). Parallel and Distributed Simulation Systems. Wiley.
- Laux, Helmut (2007). Entscheidungstheorie. Springer
- Michalewicz, Zhigniew & Fogel, David B. (2004). How to Solve It: Modern Heuristics (2. ed.). Springer.
- Strickland, Jeffrey (2014). Verification and Validation for Modeling and Simulation. Lulu.com

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen dieses Wahlpflichtmoduls ermöglicht den Studierenden die Übernahme einer Master-Arbeit auf den durch die Module adressierten speziellen Feldern der Modellbildung und Simulation. Zudem sind die Inhalte des Moduls erfahrungsgemäß von besonderer Bedeutung, wenn in der beruflichen Praxis komplexe Simulationsmodelle zum Einsatz kommen.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 3 Trimester.
Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.
Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Sonstige Bemerkungen

Neben der Pflichtveranstaltung sind entweder zwei Wahlpflichtveranstaltungen oder das Praktikum zu wählen. Je nach Kombination der Veranstaltungen, ergibt sich die TWS-Summe 7 bzw. 9.

Modulname	Modulnummer
Praxisprojekt	1163

Konto	WPFL Vert.: TEI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Siegle	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
360	0	360	12

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11631	P	Praxisprojekt	Pflicht	1
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				1

Empfohlene Voraussetzungen

Von den Studierenden werden erste Vorkenntnisse im Vertiefungsfeld, in dem das Praktikum angesiedelt ist, erwartet. Diese werden z.B. in den Veranstaltungen des Vertiefungsfeldes im WT und FT des ersten Studienjahres vermittelt.

Qualifikationsziele

Die Studierenden gewinnen Erfahrung in realen industriellen oder organisatorischen Projekten. Sie bekommen Einblick in die Durchführung und das Management realer Projekte im Umfeld dem gewählten Vertiefungsfeld.

Inhalt

Das Praktikum besteht aus der aktiven Mitarbeit in realen Projekten, in denen es um aktuelle Fragestellungen oder Anwendungen aus dem gewählten Vertiefungsfeld geht. Der Teilnehmer bearbeitet eigenständig eines oder mehrere Teilprobleme. Das Praktikum kann in einem Industriebetrieb, bei einer Behörde oder einer Dienststelle durchgeführt werden. Das Praxisprojekt kann nicht an der Universität der Bundeswehr durchgeführt werden.

Leistungsnachweis

Portfolio (Bearbeitungszeitraum 10 bis 12 Wochen; siehe auch Sonstige Bemerkungen): Die Praktikums-Tätigkeit wird in einem ausführlichen Praktikumsbericht mit einer Länge von 20 bis 40 Seiten beschrieben und in einem etwa halbstündigen Vortrag mit anschließender Diskussion / Befragung vorgestellt. Falls mehrere Studierende Praktika innerhalb desselben Betriebs / Projekts ablegen, sind getrennte Ausarbeitungen und Vorträge erforderlich. Praktikumsbericht und Vortrag ergeben zusammen die Noten für den Leistungsnachweis des Moduls.

Die Leistungen in Praktikumsbericht und Vortrag gehen im Verhältnis 50 zu 50 in die Note ein.

Verwendbarkeit
Die praktische Erfahrung ist eine wichtige Grundlage für die berufliche Tätigkeit nach dem Studium. Auch für den weiteren Verlauf des Master-Studiums, insbesondere die Master-Arbeit, ist diese Erfahrung von großem Vorteil. Das Praxisprojekt ist Pflicht für das Master-Vertiefungsfeld MORSE, es kann aber auch in andere Vertiefungsfelder eingebracht werden, wenn der Aufgabensteller / Betreuer Dozent in dem jeweiligen Vertiefungsfeld ist.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils in der vorlesungsfreien Zeit. Als Startzeitpunkt ist die vorlesungsfreie Zeit im 1. Studienjahr vorgesehen.
Sonstige Bemerkungen
Es wird eine mindestens 6-wöchige Vollzeittätigkeit bei einem Unternehmen oder einer Dienststelle erwartet. Die Workload ergibt sich aus der 6-wöchigen Tätigkeit plus Vor- und Nachbereitung. Das eigentliche Praktikum bedarf einer gründlichen Vorbereitung, während dessen der/die Studierende sich in die Thematik einarbeitet. Die Nachbereitung umfasst die Erstellung eines ausführlichen Berichts und die Vorbereitung und Durchführung eines Vortrags.

Modulname	Modulnummer
Rechnernetze	1197

Konto	WPFL Vert.: TEI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Gabi Dreo Rodosek	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
360	132	128	12

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10102	VÜ	Netzsicherheit	Pflicht	3
11971	VÜ	Rechnernetze	Pflicht	5
11972	VÜ	Mobile Kommunikationssysteme	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				11

Empfohlene Voraussetzungen

Grundlegende Kenntnisse zu Rechnernetzen, wie sie z.B. durch das Bachelor-Modul Einführung in Rechnernetze vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Die Studierenden erwerben ein vertieftes Verständnis von der Problematik der Sicherstellung von Dienstgüte in IP-Netzen und des Software-Defined-Networkings, inklusive der Implikationen des Maschinellen Lernens bzw. generativer KI auf Netzarchitekturen.

Inhalt

Das Modul Rechnernetze stellt eine Vertiefung des Moduls Einführung in Rechnernetze dar und behandelt weitere Fragestellungen auf dem Gebiet der Rechnernetze. Zum einem wird die Sicherstellung der Dienstgüte in IP-Netzen diskutiert, inklusive der dazugehörigen Protokolle wie DiffServ und IntServ. Zum anderen werden Ansätze wie MPLS erläutert, die es ermöglichen, sichere Verbindungen für Echtzeitanwendungen bereitzustellen.

Ein weiterer Schwerpunkt der Lehrveranstaltung ist die Vermittlung des Verständnisses von Software-Defined-Networking, den Network Virtualization Functions und des Network Slicings. Die genannten Konzepte nutzen Virtualisierungskonzepte zur Erhöhung der Flexibilität und Anpassbarkeit der Netzarchitekturen. Software-Defined-Networking ist auch die Schlüsseltechnologie der 5G/6G-Netze.

Die Entwicklung von ML und generativer KI ermöglicht ferner die Funktionalität der SDN-Controller zu erweitern, um die Flexibilität der Netze zu erhöhen sowie die Anforderungen eines Self-Managements (Self- Protecting, Self-Healing, Self-Configuration und Self-Optimizing) zu erfüllen.

Literatur
• James Kurose, Keith Ross, Computer Networking: A Top-Down Approach, Pearson Verlag, ISBN 978-1-292-40546-9, 2021 • Larry L. Peterson et al, Software-Defined Networks: A Systems Approach, Systems Approach LLX, ISBN-10# 1736472100, 2021 • Antonio Sanchez Monge et al, MPLS in the SDN Era, O'Reilly Media Inc., ISBN 9781491905456, 2015
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfeld Technische Informatik • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang WIN, Vertiefungsfeld Technologie- und Innovationsmanagement
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 3 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Intelligent vernetzte Systeme	4097

Konto	WPFL Vert.: TEI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
apl. Prof. Dr. Corinna Schmitt	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10932	VÜ	Tatort Internet	Wahlpflicht	3
40971	VÜ	Grundlagen, Konzepte, Protokolle und Anwendungen	Pflicht	3
55131	VÜ	Sichere mobile Systeme	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

Grundverständnis im Bereich Rechnernetze und Internet.

Qualifikationsziele

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Teilnehmer in der Lage, fundierte Designentscheidungen für die Entwicklung von Geräten und Anwendungen für das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) zu treffen. Sie sind in der Lage, verschiedene Algorithmen und Protokolle und Systemarchitekturen für IoT-Anwendungen unter Berücksichtigung von Erfassungs-, Berechnungs-, Kommunikations- und Energieaspekten zu bewerten, zu vergleichen und anzuwenden. Des Weiteren sind die Teilnehmer auch in der Lage, Gefahren zu erkennen und zu bewerten, um etwaige Sicherheitsbedenken oder Empfehlungen aus zu sprechen.

Inhalt

Das Modul beschäftigt sich mit der Digitalisierung und der daraus resultierenden starken Vernetzung diversester Bereiche, was heute unter dem Begriff Internet der Dinge (engl. Internet of Things, IoT) zusammengefasst wird. Dieses Modul vermittelt Wissen bzgl. Architekturen, Protokollen, Datenzugriffsmethoden und Kommunikationsstandards. Da die verwendeten Netze auch immer mehr in kritischen Infrastrukturen eingesetzt werden, die verwendete Hardware limitierte Ressourcen hat, der Endnutzer nicht unbedingt IT-Wissen hat und teilweise sensible Daten ausgetauscht werden, fokussieren sich die beiden Wahlpflichtveranstaltungen auf Sicherheitsaspekte etablierter Ansätze.

Daher umfasst das Modul 3 Veranstaltungen, die inhaltlich unabhängig voneinander gehört werden können:
In der Pflichtveranstaltung „**Intelligent vernetzte Systeme**“ werden die Grundlagen vernetzter, intelligenter Systeme und des Internets der Dinge vermittelt. Behandelt

werden Architekturen und Anforderungen, Kommunikations- und Routing-Protokolle sowie ausgewählte Anwendungen.
In der Wahlpflichtveranstaltung „**Sichere Mobile Systeme**“ werden zum einen verschiedene Kommunikationsstandards vorgestellt, die im Bereich IoT ihren Einsatz finden, welche Einschränkungen sie haben und welche Sicherheitsaspekte sie erfüllen. Zum anderen werden konkrete Anwendungen näher betrachtet.
In der alternativen Wahlpflichtveranstaltung „**Tatort Internet**“ lernen die Teilnehmenden die Gefahren in intelligent vernetzten Systemen kennen, von der Angriffsfläche über die Bedrohungsmodellierung bis zu rechtlichen und forensischen Grundlagen. Analysemethoden und typische Angreiferwerkzeuge werden vorgestellt.

Literatur

Zur VL Einführung in das Internet der Dinge:

- J. Kurose und K. Ross: Computernetzwerke: Der Top-Down-Ansatz. ISBN: 978-3868942378
- H. Karl: Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks. ISBN: 978-0470519233
- Q. Hassan: Internet of Things A to Z: Technologies and Applications. ISBN: 978-1119456742
- Diverse Links

Zur VL Sichere Mobile Systeme:

- J. Schiller: Mobilkommunikation, ISBN: 978-3827370600
- diverse Standarddokumente (u.a. vom BSI und IETF)

Zur VL Tatort Internet:

- F. Chantzis et al: Practical IoT Hacking, ISBN 1718500904
- Diverse Links

Leistungsnachweis

Portfolio, das zu der Pflichtlehrveranstaltung Einführung in das Internet der Dinge und zu der gewählten Wahlpflichtlehrveranstaltung jeweils eine Klausur von 45 Minuten am Ende des jeweiligen Trimesters umfasst. Beide Teilleistungen gehen mit 50% in die Note ein

Verwendbarkeit

Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfeld Technische Informatik

Dauer und Häufigkeit

2 Trimester

Modulname	Modulnummer
Systemsicherheit	5505

Konto	WPFL Vert.: TEI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Harald Baier	Pflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10104	VÜ	IT-Forensik	Pflicht	3
55051	VÜ	Betriebssystemsicherheit	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

Grundlegende Kenntnisse zu Betriebssystemen, wie sie z.B. im Bachelor-Modul Einführung in die Technische Informatik vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Die Studierenden lernen die wesentliche Rolle kennen, die das Betriebssystem für die Absicherung von Computersystemen spielt und die dabei verwendeten Vorgehensweisen und nötigen Hardware-Voraussetzungen, aber auch die Grenzen rein technischer Maßnahmen. Damit sind sie in der Lage, die Wirksamkeit von Sicherheitsmaßnahmen einzuordnen und Sicherheitseigenschaften von Betriebssystemen abhängig von der Einsatzumgebung zu bewerten. Sie erhalten eine erste Orientierung zum Vorgehen bei der Absicherung von IT-Systemen durch Auswahl und Konfiguration des Betriebssystems und den Einsatz spezieller Sicherheitsmechanismen.

Die Studierenden entwickeln ein Verständnis für die Prinzipien und Vorgehensweisen bei der Untersuchung von Sicherheitsvorfällen. Sie kennen die grundlegenden Schritte eines Computerforensikers und können diese auf konkrete Angriffsszenarien anwenden. Insbesondere verstehen sie die verschiedenen Analysemethoden und sind in der Lage, diese in Form einer gerichtsverwertbaren Aufarbeitung anwenden zu können. Ferner beherrschen sie die forensische Analyse einer Festplatte mittels Open-Source-Tools sowie die Erarbeitung von Konzepten zur Sicherheitsüberprüfung komplexer Systeme.

Inhalt

Zu den Sicherheitsaspekten von IT-Systemen, die typischerweise durch das Betriebssystem implementiert werden, gehören klassischerweise die Zugangs- und Zugriffskontrolle und die Bildung verschiedener Schutzbereiche zur Ausführung von Anwendungen. In der Veranstaltung Betriebssystemsicherheit werden zuerst die wesentlichen Mechanismen zur Absicherung von Software, insbesondere des Betriebssystems selbst vorgestellt (secure boot, Festplattenverschlüsselung,

Hauptspeicherverschlüsselung). Anschließend werden Maßnahmen zur Herstellung von Vertraulichkeit innerhalb eines Rechners betrachtet und Angriffe darauf (Verdeckte Kanäle, Seitenkanäle). Im zweiten Teil der Veranstaltung werden Autorisierungssysteme vorgestellt. Dabei wird ihre Struktur betrachtet, allgemeine Eigenschaften und Grenzen (Safety-Problem) und der Umgang mit diesen Systemen (Sicherheitsmodelle, mandatory / discretionary access control). Abschließend werden Bewertungskriterien für die Sicherheit von Rechensystemen behandelt mit Schwerpunkt auf dem Common Criteria Standard.

IT-Forensik beschäftigt sich mit der Untersuchung von Vorfällen (Incidents) von IT-Systemen. Durch Erfassung, Analyse und Auswertung digitaler Spuren in Computersystemen werden nach Möglichkeit sowohl der Tatbestand als auch der oder die Täter festgestellt. Im Rahmen der Veranstaltung erhalten die Studenten zunächst einen grundlegenden Überblick über die Thematik IT-Forensik. Im nächsten Schritt erfolgt ein vertiefender Einblick in den Aufbau von Speichermedien (Festplatten, Flashspeicher, Magnetbänder) sowie Arten, Standards, Schnittstellen (Aufbau und Analyse von Standarddateisystemen, bspw. FAT, NTFS, ext4fs). Darauf aufbauend erfolgt eine Klassifikation von Datenträgern, Partitionierungsverfahren sowie prinzipiellen Analysemöglichkeiten (z.B. vor dem Hintergrund einer Verschlüsselung von Dateien). Als nächstes werden typische Angriffsmethoden untersucht, bevor am praktischen Beispiel einer forensischen Post-Mortem-Analyse ein konkretes Szenario bearbeitet wird. Hierbei wird u.a. ein spezieller Fokus auf die Einbeziehung von Behörden im Sinne einer gerichtsverwertbaren Auswertung gelegt.

Literatur

Zur Vorlesung Betriebssystemsicherheit: Es gibt kein Lehrbuch, das genau den Vorlesungs-Inhalt abdeckt. In den folgenden Büchern werden Themen aus der Vorlesung behandelt, sie sind als vertiefende Literatur verwendbar:

- Andrew S. Tanenbaum: Moderne Betriebssysteme, Pearson Studium, 3. Auflage, 2009
- Claudia Eckert: IT-Sicherheit, DeGruyter, Oldenbourg, 9. Auflage, 2014
- Trent Jaeger: Operating Systems Security, Morgan & Claypool, 2008
- Joachim Biskup: Security in Computing Systems, Springer, 2009.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung mit 90 Minuten Dauer.

Verwendbarkeit

- Pflichtmodul im Masterstudiengang CYB
- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME, Wahlpflichtgruppe ITSK
- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfeld Technische Informatik

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.

Modulname	Modulnummer
Praxisprojekt	1163

Konto	WPFL Vert.: ITO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Siegle	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
360	0	360	12

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11631	P	Praxisprojekt	Pflicht	1
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				1

Empfohlene Voraussetzungen
Von den Studierenden werden erste Vorkenntnisse im Vertiefungsfeld, in dem das Praktikum angesiedelt ist, erwartet. Diese werden z.B. in den Veranstaltungen des Vertiefungsfeldes im WT und FT des ersten Studienjahres vermittelt.

Qualifikationsziele
Die Studierenden gewinnen Erfahrung in realen industriellen oder organisatorischen Projekten. Sie bekommen Einblick in die Durchführung und das Management realer Projekte im Umfeld dem gewählten Vertiefungsfeld.

Inhalt
Das Praktikum besteht aus der aktiven Mitarbeit in realen Projekten, in denen es um aktuelle Fragestellungen oder Anwendungen aus dem gewählten Vertiefungsfeld geht. Der Teilnehmer bearbeitet eigenständig eines oder mehrere Teilprobleme. Das Praktikum kann in einem Industriebetrieb, bei einer Behörde oder einer Dienststelle durchgeführt werden. Das Praxisprojekt kann nicht an der Universität der Bundeswehr durchgeführt werden.

Leistungsnachweis
Portfolio (Bearbeitungszeitraum 10 bis 12 Wochen; siehe auch Sonstige Bemerkungen): Die Praktikums-Tätigkeit wird in einem ausführlichen Praktikumsbericht mit einer Länge von 20 bis 40 Seiten beschrieben und in einem etwa halbstündigen Vortrag mit anschließender Diskussion / Befragung vorgestellt. Falls mehrere Studierende Praktika innerhalb desselben Betriebs / Projekts ablegen, sind getrennte Ausarbeitungen und Vorträge erforderlich. Praktikumsbericht und Vortrag ergeben zusammen die Noten für den Leistungsnachweis des Moduls. Die Leistungen in Praktikumsbericht und Vortrag gehen im Verhältnis 50 zu 50 in die Note ein.

Verwendbarkeit
Die praktische Erfahrung ist eine wichtige Grundlage für die berufliche Tätigkeit nach dem Studium. Auch für den weiteren Verlauf des Master-Studiums, insbesondere die Master-Arbeit, ist diese Erfahrung von großem Vorteil. Das Praxisprojekt ist Pflicht für das Master-Vertiefungsfeld MORSE, es kann aber auch in andere Vertiefungsfelder eingebracht werden, wenn der Aufgabensteller / Betreuer Dozent in dem jeweiligen Vertiefungsfeld ist.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils in der vorlesungsfreien Zeit. Als Startzeitpunkt ist die vorlesungsfreie Zeit im 1. Studienjahr vorgesehen.
Sonstige Bemerkungen
Es wird eine mindestens 6-wöchige Vollzeittätigkeit bei einem Unternehmen oder einer Dienststelle erwartet. Die Workload ergibt sich aus der 6-wöchigen Tätigkeit plus Vor- und Nachbereitung. Das eigentliche Praktikum bedarf einer gründlichen Vorbereitung, während dessen der/die Studierende sich in die Thematik einarbeitet. Die Nachbereitung umfasst die Erstellung eines ausführlichen Berichts und die Vorbereitung und Durchführung eines Vortrags.

Modulname	Modulnummer
Rechtsfragen der Informatik	1165

Konto	WPFL Vert.: ITO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. Manfred Mayer	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	24	66	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11651	VL	Rechtsfragen der Informatik	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				2

Qualifikationsziele

Das Modul Rechtsfragen der Informatik gibt allen Studierenden der Informatik und Wirtschaftsinformatik einen Überblick, die sich anhand der Rechtsgrundlagen fundiert sowie praxisnah über die Grundlagen informieren wollen, die durch die Umsetzung von Informatik und Wirtschaftsinformatik in das Wirtschaftsleben des Alltags tangiert werden.

Inhalt

Die Vorlesung führt in die wesentlichen Rechtsgebiete ein, die die Informatik, sowie die Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) berührt. Dabei werden die Grundlagen des IuK-Vertragsrechts, insbesondere der Hard- und Softwarebeschaffung, der Softwareerstellung und -pflege und des damit verbundenen Rechts der Leistungsstörungen aus diesen Verträgen behandelt. Die Erörterung der mit Entwicklungen der Hard- und Software verknüpften Fragen des Schutzes des geistigen Eigentums, insbesondere aus den Gebieten des Urheber-, Patent- und Markenrechts, sowie der Schutz der Software durch das Strafrecht schließen sich an. Erläuterungen über den Datenschutz, über die elektronischen Signaturen, über den Rechtsverkehr im Internet sowie über grundlegende Rechtsfragen, die sich aus der Nutzung des Internets (wie z.B. Domain-Recht) ergeben, schließen die Thematik ab.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben.

Verwendbarkeit

Grundlegende Kenntnisse des IuK-Vertragsrechts sowie des Schutzes des durch die Informatik und Wirtschaftsinformatik geschaffenen geistigen Eigentums sind für jeden Informatiker ein wichtiges Rüstzeug für die Praxis.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.
Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester.

Modulname	Modulnummer
Vernetzte Operationsführung und Digitale Streitkräfte	1169

Konto	WPFL Vert.: ITO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Karcher	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11691	VL	Vernetzte Operationsführung und Digitale Streitkräfte	Pflicht	3
11692	UE	Vernetzte Operationsführung und Digitale Streitkräfte	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Wünschenswert aber nicht notwendig sind Kenntnisse im Bereich Unternehmensstrukturen und Middleware-Technologien, wie sie in Modulen für "Projektmanagement", "Enterprise Architecture und IT Service Management" und „Middleware und mobile Cloud Computing“ vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Die Digitalisierung auf der Basis aktueller Informations- und Kommunikations-technologien dominiert zunehmend alle wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und privaten Bereiche. Sie wird auch im sicherheitsrelevanten Kontext von (Cyber-) Verteidigung zunehmend zum Schlüsselfaktor und zentralen Gestaltungselement für alle involvierten Player. Klassisches Militär muss sich in hohem Tempo auf allen Ebenen den digitalen Herausforderungen stellen und wird so im Verbund mit Partnern und Verbündeten immer mehr zur „Digitalen Streitkraft“. Zukünftige Führungskräfte gilt es entsprechend auf diese Herausforderungen vorzubereiten.

Das Modul vermittelt die entsprechenden Grundlagen und Fähigkeiten zur Planung, Durchführung, Überwachung und Auswertung von Vernetzten Operationen (Stichwort Network Centric Warfare) auf der Basis der heute zur Verfügung stehenden Methoden, Werkzeuge und digitalen Technologien. Zunächst wird die zugrunde liegende Begriffswelt eingeführt und darauf aufbauend ein kritisches Gesamtverständnis der domänen-spezifischen Anforderungen einerseits sowie vertiefte Kenntnisse über Aufbau und Funktion der eingesetzten Applikationen und Standardsysteme andererseits vermittelt. Neben entsprechenden Anwendungsgrundlagen und wissenschaftlichen Ansätzen, werden Methoden zur eigenständigen Konzeption und Gestaltung angepasster IT-Lösungen unter Nutzung von Interoperabilitätsstandards und Sicherheitskonzepten für die Zusammenarbeit im multinationalen Umfeld vermittelt. Die Teilnehmer werden

so in die Lage versetzt, in einer späteren Verwendung strukturiert, eigenständig und methodisch fundiert gemeinsam mit anderen „Stakeholdern“ verantwortlich an der ständigen Weiterentwicklung der Digitalen Transformation von Streitkräften mitzuwirken.

Inhalt

Im gegenwärtigen Digital-Zeitalter wird unsere VUCA-Welt (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity) vorwiegend durch Informationstechnologie geprägt. Mit der Globalisierung von Informationsflüssen in nahezu Lichtgeschwindigkeit nehmen Informationen die zentrale Bedeutung als „Rohstoff und Ware“ in den digitalen Wertschöpfungsketten des 21. Jahrhunderts ein. Für eine moderne Digitale Armee bilden Daten und Informationen die essenzielle Grundlage für Planung, Ausrichtung, Architektur, Operationsdurchführung sowie die permanente Weiterentwicklung gemäß der sich ständig ändernden Anforderungen. Hierfür müssen Entscheidern relevante Informationen zur richtigen Zeit am erforderlichen Ort in angemessener Qualität und Quantität zur Verfügung gestellt werden. Im Rahmen der gesamten, partnerübergreifenden Wertschöpfungskette sind relevante Daten und Informationen entsprechend interoperational, digital, schneller, besser etc. innerhalb der jeweiligen Verteidigungsallianz zur Verfügung zu stellen. Der Informationsverarbeitungsprozess umfasst dabei im Wesentlichen die Planung mittels formalisierter Modelle, die Umsetzung in geeignete IT-Systeme und Applikationen sowie deren fortlaufende Integration sowohl auf technischer als auch organisatorischer Ebene und zwar gemeinsam und abgestimmt mit den Schlüsselparametern Zielbezug, Fähigkeitsorientierung sowie Schutzbedarfen.

Die Wissenschaft und die „Defence Community“ stellen hierfür entsprechende Werkzeuge, Methoden und Standards zur Verfügung, um sowohl national als auch international im Kontext des NATO-Bündnisses für die sog. *Multi-Domain Operations (MDO)* die Voraussetzungen für eine Vernetzte Operationsführung zu schaffen. Entscheidungsgrundlage und zentrales verbindendes Element bildet hierbei das *Gemeinsame Rollenorientiertes Einsatzlagebild* (GREL) mit multi-dimensionalen Betrachtungsebenen, welches es zu generieren und ständig anzupassen gilt. Neben der klassischen *Red- and Blue-Perspektive* gilt es, immer weitere Dimensionen und Ebenen wie beispielsweise *Cyber Threat*, *Space* oder *Environmental* einzubinden.

Ohne eine systematische und ganzheitliche Entwicklungsstrategie für die Streitkräfte lässt sich die ständig zunehmende Komplexität dieser Systeme und Prozesse nicht mehr beherrschen. Der stetige Zuwachs an spezifischen Fähigkeiten und spezialisierten Diensten stellt ein „Moving Target“ dar. Die Problematik besteht zudem in der Erreichung von Anwendungs- und Datenkompatibilität unter den verschiedenen Systemen und Sicherheitsleveln sowie in der korrekten Interpretation der Semantik von Informationen unter strikter Einhaltung von Datenschutz und Vertraulichkeit. Das Modul bereitet die zukünftigen Führungskräfte auf diese Herausforderungen vor und vermittelt die entsprechenden Grundlagen, Methoden und Anwendungskenntnisse.

Zunächst erfolgt eine grundlegende Einführung in die Begriffswelt, die komplexen Anforderungen und den zu erfüllenden Anspruch einer NetOpFü im trägernahen Kontext. Dies beinhaltet die mit der digitalen Transformation verbundenen Anwendungssysteme sowie die im Zusammenhang stehenden Wissens- und Informationsstrukturen.

Anschließend erfolgt eine vertiefte Auseinandersetzung mit den aktuellen und im Rahmen der NATO-Streitkräfte unterstützenden Systemen und Integrationskonzepten des sog. *Federated Mission Networking (FMN*). Dies umfasst die zentralen Aspekte der Kompatibilität hinsichtlich integraler Interoperabilität und Sicherheit mit dem Ziel einer gemeinsamen multinationalen, streitkräfteübergreifenden Fähigkeitsweiterentwicklung.

Einblicke in den aktuellen Stand von Wissenschaft, Forschung und Technik werden an konkreten Beispielen vermittelt: *C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance)* und *Network Centric Warfare (NCW)*. An Fallbeispielen wird die Anwendung des zentralen Konzeptes *des Effects-based Approach to Operations (EBAO)* diskutiert. Weiterhin wird anhand ausgewählter Studien der zentrale Ansatz *des Concept Development & Experimentation (CD&E)* vorgestellt, der für die Gestaltung, Validierung und Einführung von IT-gestützten Verfahren und Methoden eine zentrale Bedeutung hat. Die dabei notwendigen administrativen und logistischen Prozesse zur Unterstützung der Führungsaufgaben runden die digitale Weiterentwicklungsstrategie ab.

Darüber hinaus vermittelt das Modul wichtige Grundlagen und Konzepte des *Knowledge Management* zur wissensbasierten Entscheidungsunterstützung in komplexen, vernetzten Operationen. Mittels der architekturbasierten Gestaltung auf der Basis von entsprechenden Rahmenwerken (*NATO Architecture Framework NAF*) wird *Enterprise Architecture* als systematischer Ansatz zur fähigkeitszentrierten Weiterentwicklung von Digitalen Streitkräften vorgestellt und vertieft. Dabei wird auch der gesamtplanerische Zusammenhang zur NATO und dem FMN aufgegriffen unter Berücksichtigung von Multi-Layer-Defence und -Security-Ansätzen.

In der begleitenden Übung haben die Teilnehmer Gelegenheit, einzelne Aspekte anhand von Standards, Best Practices und Beispielen aus Forschung und Praxis eigenständig zu vertiefen und so erste Anwendungserfahrungen zu sammeln. Abgerundet wird das Modul durch den Einbezug externer Experten, die Einblicke in ihre unmittelbaren praxisnahen Erfahrungen mit Lösungsansätzen im Kontext der Vernetzten Operationsführung geben.

Lehrmethoden

Das Modul unterteilt sich in eine Vorlesung und eine Übung pro Woche.

Es werden sowohl Lehrmethoden des fremdgesteuerten als auch des selbstgesteuerten Lernens angewendet.

Es wird auf die individuellen Voraussetzungen der Studierenden eingegangen, wobei hauptsächlich ein lehrgangsförmiger und kooperativer Unterricht mit Einzelarbeit stattfindet.

Literatur

1. Sebastian Schäfer: Vernetzte Operationsführung – Eine Einführung, Luftwaffenamt, 2005
2. David S. Alberts, John J. Garstka, Frederick P. Stein: Network Centric Warfare, CCRP Publication Series, 2000
3. Michael-Günther Lux: Effects-Based Approach to Operations (EBAO), Luftwaffenamt, 2007
4. Dr. Lee Whitt: SmartCOP – the fusion of collaborative workspaces and the Common Operational Picture, International Command and Control Research and Technology Symposium, 2005
5. Edward A. Smith: Effects Based Operations (EBO) – Applying Network Centric Warfare in Peace, Crisis and War, Washington, 2002
6. Edward A. Smith: Complexity, Networking and Effects-Based Approaches to Operations, Washington, 2006

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Das Wahlpflichtmodul ist die Grundlage für weiterführende und vertiefende Veranstaltungen sowie wissenschaftliche Arbeiten im Kontext der Vernetzten Operationsführung. Es stellt Basiswissen für die Masterstudiengänge im Bereich Informatik/Wirtschaftsinformatik/Ingenieurinformatik/Cyber Sicherheit dar. Es stellt zudem eine gute Ergänzung mit den Wahlpflichtmodulen für "Projektmanagement" sowie "Enterprise Architecture und IT Service Management", die einen eher querschnittlichen, aber ebenso zentralen Blickwinkel etablieren.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im HT.

Modulname	Modulnummer
Projektmanagement INF	1170

Konto	WPFL Vert.: ITO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. Harald Hagel	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11701	VL	Projektmanagement	Pflicht	3
11702	UE	Projektmanagement	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Qualifikationsziele

Das Modul „Projektmanagement" vermittelt Planungsgrundsätze zur Projektarbeit. Das Lehrmodul stellt somit Planungsmethoden in den Mittelpunkt des Vorlesungszyklus, indem das Miteinander von Technik- und Wirtschaftswissenschaften zentrales Element der Wissensermittlung darstellt. Die Studierenden werden somit in die Lage versetzt die Wirkungen von Projektmanagementmethoden aus technischer, administrativer und kaufmännischer Sicht einer Wertung zu unterziehen. Ziele sind somit:

- Grundlegende Kenntnisse über Projekt-Management-Methoden zu erwerben.
- Klare Unterscheidung zwischen aufbauorientierter und ablauforientierter Sichtweise auf ein Unternehmen zu gewinnen, um somit projektorientierte Unternehmensformen analysieren zu können.
- Beherrschung der Aufnahme, Analyse und Bewertung der Gesamtheit der Anforderungen des Auftragebers an die Lieferung und Leistungen des Auftragnehmers und deren Verbindung zu bzw. Einbindung in ein Projekt verstehen zu lernen.
- Kenntnisse über die Leistungserstellung mit Projektcharakter zu erhalten.

Inhalt

Durch die Wahrnehmung von Projekten als soziale Systeme und die Beobachtung der gestiegenen Komplexität und Dynamik des Unternehmensalltags und damit von darin ablaufenden Projekten wird in Teil 1 des Moduls das Unternehmen in den Mittelpunkt der Betrachtungen gestellt. Dabei wird Basiswissen zur Funktionsweise eines Unternehmens vorgestellt. Teil 2 der Vorlesung stellt ausgehend vom Projektmanagementregelkreis den Planungsablauf, sowie darin zum Tragen kommende Planungsmethoden vor. Dabei folgt der Modul mit der angesprochenen Zweiteilung den nachfolgenden Schwerpunkten:

TEIL 1: Basiswissen zur Funktionsweise eines Unternehmens

- Grundbegriffe des Systemdenkens
- Organisationsformen im Unternehmen
- Leistungserstellungsgedanke im Unternehmensalltag
- Projektmanagement im unternehmerischen Umfeld
- Entwicklungsstand und Perspektiven des Projektmanagement aus Sicht des Unternehmensalltag

TEIL 2: Planungsablauf und Planungsmethoden auf Basis des Projektmanagementgedankens

- Bestimmung der Projektorganisation
- Von einer hierarchischen Gliederung der Projektziele zu Aufgaben und möglichen Aufgabenpaketen
- Grundlagen zu Produkt-, Projektstrukturplan und technischer Planung
- Einführung in den Projektmanagementregelkeis und branchenspezifischer Phasenpläne
- Anwenden eines Projektablaufplanes
- Identifikation und Handhabung von Projektrisiken
- Grundaufgaben der Terminplanung
- Netzplantechnik als spezielle Ausprägung der Ablaufplanung
- Einsatzmittelplanung
- Kostenplanung

Grundlagenwissen wird durch die Studenten mittels vorgegebener Kontrollfragen für jeden Modulabschnitt vertieft aufbereitet und von ihnen präsentiert. Transferwissen von Inhalten der Vorlesung sollen von den Studenten selbständig auf vorgegebene Fallbeispiele angewandt und mittels einer Lösungsskizze im Rahmen der Übung vorgestellt werden.

Literatur

- BURGHARDT, MANFRED: Projektmanagement. Leitfaden für die Planung, Überwachung und Steuerung von Entwicklungsprojekten; Publicis MCD Verlag (2000)
- GAREIS, ROLAND: Happy Projects; MANZ´sche Verlags- und Universitätsbuchhandlung (2006)
- MAYLOR, HARVEY: Project Management; Prentice Hall, Person Education Limited (2010)

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird jeweils zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Das Modul ist für jeden Masterstudiengang gleichermaßen geeignet. Das Modul behandelt querschnittliche Fragestellungen der Projektarbeit und stellt somit für jeden technikorientierten Studiengang Kenntnisse zur Projektplanung zur Verfügung.

Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr im Wintertrimester.

Modulname	Modulnummer
Prozessmanagement und Engineering Standards	1171

Konto	WPFL Vert.: ITO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. Harald Hagel	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11711	VL	Prozessmanagement und Engineering Standards	Pflicht	3
11712	UE	Prozessmanagement und Engineering Standards	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden Grundkenntnisse der Funktionalbereiche eines Unternehmens, sowie Basiswissen zur Modellierung betrieblicher Aufbau- und Ablaufstrukturen.

Qualifikationsziele

Das Modul „Prozessmanagement und Engineering Standards" vermittelt eine ganzheitliche Sichtweise auf den Industrie- und Dienstleistungsbetrieb. Das Lehrmodul stellt somit das „Soziotechnische-System" in den Mittelpunkt des Vorlesungszyklus, indem das Miteinander von Management-, Kern- und Supportprozessen zentrales Element der Wissensvermittlung darstellt. Wissenschaftlich fundierte und praxiserprobte Engineering Standards zur Lösung komplexer Unternehmens-Herausforderungen, sowie deren Wichtigkeit und Verfügbarkeit für den Unternehmensalltag werden vorgestellt. Die Studierenden werden somit in die Lage versetzt den Veränderungsprozess als Mittelpunkt aller Überlegungen und Maßnahmen für eine langfristige erfolgreiche Problemlösung zu erkennen. Im Übungsteil lernen die Studierenden den praktischen Umgang mit einem Geschäftsprozessmanagementtool im Sinne eines Problemlösungswerkzeuges. Ziele sind somit die Bedeutsamkeit des Denkens in Prozessen im Rahmen des unternehmerischen Alltags (Managements) zu erkennen, die Beherrschung der Aufnahme, Analyse und Bewertung von Funktionalbereichen des Industriebetriebes und deren prozessorientierte Darstellung als Ausgangspunkt eines Reengineering verstehen zu lernen und Kenntnisse über die Leistungserstellung mit Projektcharakter zu erhalten.

Inhalt

In der Vorlesung lernen die Studierenden den Industrie- und Dienstleistungsbetrieb, den Prozessgedanken im Unternehmen sowie das Prozessmanagement auf Basis

von Engineering Standards kennen. Dabei folgt der Modul mit der angesprochenen Dreiteilung den nachfolgenden Schwerpunkten:

Der Industrie- und Dienstleistungsbetrieb mit seinen jeweils unterschiedlichen Ansprüchen

- Produkte des Industriebetriebes / Leistungen des Dienstleistungsbetriebes
- Produktionsunternehmen in ihrer Umwelt
- Der rechnergestützte Industriebetrieb und der Prozessgedanke zu CIM
- Technische Prozesse im Industriebetrieb

Der Prozessgedanke im Unternehmen

- Einführung in das Geschäftsprozessmanagement
- Vom Wertkettenkonzept zum Wertschöpfungssystem
- Die Modellwelt zum Prozessmanagement
- Geschäftsprozessmanagement aus Sicht der angewandten Informatik
- Methoden zur Beschreibung von Abläufen
- Vorgehens- und Referenzmodelle
- ARIS als Modellierungswerkzeug
- Istmodellierung und Istanalyse, Sollmodellierung und Prozessoptimierung

Prozessmanagement mit Engineering Standards

- Einführung in die Engineering Standards, sowie Abgrenzung gegen IT-, Software- und Prozess-Standards
- Der Nutzen von Engineering Standards
- Implementierungsunterstützung zu Engineering Standards

Grundlagenwissen wird durch die Studenten mittels vorgegebener Kontrollfragen für jeden Modulabschnitt vertieft aufbereitet und von ihnen präsentiert. Transferwissen von Inhalten der Vorlesung sollen von den Studenten selbständig auf vorgegebene Fallbeispiele angewandt und mittels einer Lösungsskizze vorgestellt werden. Im Rahmen dieser Fallbeispiele werden exemplarisch querschnittliche Fragestellungen zum Geschäftsprozessmanagement behandelt.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird jeweils zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Das Modul ist für jeden Masterstudiengang gleichermaßen geeignet. Das Modul behandelt grundlegende Fragestellungen zum Industriebetrieb/ Dienstleistungsunternehmen und stellt somit für jeden technikorientierten Studiengang Basiswissen zum prozessorientierten Denken in Unternehmen zur Verfügung.

Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr im Frühjahrstrimester.

Modulname	Modulnummer
IT-Governance	1360

Konto	WPFL Vert.: ITO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Ulrike Lechner	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	48	132	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10471	VÜ	IT-Governance	Pflicht	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				4

Qualifikationsziele

Die Studierenden lernen zentrale Fragestellungen und wichtige Instrumente der Organisation, Steuerung und Kontrolle der IT und der IT-Prozesse von Organisationen kennen.

Inhalt

Wie kann die IT-Landschaft einer Organisation gestaltet werden? Informationssysteme spielen eine zentrale Rolle für Organisationen und die Gesellschaft als Ganzes. Thema dieser Veranstaltung ist die Steuerung der IT in einer Organisation mit den Themenfeldern Strategie, Personal, Prozesse, Compliance und Risikomanagement. Weitere Themen sind Outsourcing und Cloud Computing sowie wichtige Ansätze in der Regulierung und Standardisierung.

IT-Governance ist ein vergleichsweise neues Gebiet der Informatik und Wirtschaftsinformatik, das der zentralen Rolle der IT in Organisationen Rechnung trägt. Die IT mit ihren Prozessen ist so zu gestalten, dass sie die gesetzlichen Anforderungen erfüllt und die Geschäftsstrategie umsetzt. Weitere Aufgaben sind die Wertschöpfung durch IT und die Minimierung von IT-Risiken. IT-Governance soll den Rahmen schaffen, um IT-Leistungen effektiv und effizient zu erbringen.

Literatur

- Michael Klotz, Matthias Goeken, Martin Fröhlich. IT-Governance: Ordnungsrahmen und Handlungsfelder für eine erfolgreiche Steuerung der Unternehmens-IT, dpunkt-Verlag, 2023.
- Andreas Rüter, Jürgen Schröder, Axel Göldner, Jens Niebuhr. IT-Governance in der Praxis: Erfolgreiche Positionierung der IT im Unternehmen. Anleitung zur erfolgreichen Umsetzung regulatorischer und wettbewerbsbedingter Anforderungen (Xpert.press), 2010.

Leistungsnachweis
Portfolio: Vortrag von 20-30 Minuten Dauer und Bearbeitungszeit von 2-4 Wochen in Gruppenarbeit sowie Bearbeitung eines Praxisproblems mit Präsentation von 20-30 Minuten Dauer in Gruppenarbeit und 6-12 Wochen Bearbeitungszeit. In die Note gehen der Vortrag zu 40% und die Bearbeitung eines Praxisproblems zu 60% ein.
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang WIN, Vertiefungsfeld Technologie- und Innovationsmanagement
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul wird im HT angeboten.

Modulname	Modulnummer
Middleware und mobile Cloud Computing	1398

Konto	WPFL Vert.: ITO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Karcher	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13981	VL	Middleware und mobile Cloud Computing	Pflicht	3
13982	UE	Middleware und mobile Cloud Computing	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Vorausgesetzt werden Kenntnisse aus dem Bereich des Software Engineering, insbesondere der Objektorientierung (Modul Objektorientierte Programmierung). Wünschenswert sind Grundkenntnisse in der XML-Technologien sowie in einer der objektorientierten Programmiersprache, wie z. B. Java, Scala, C++.

Qualifikationsziele

Das *Modul Middleware und mobile Cloud Computing* zielt darauf ab, den Studierenden vertiefend die Bedeutung der Integration als Kernaufgabe der Angewandten Informatik näher zu bringen. Die Teilnehmer erhalten neben einem grundlegenden Verständnis für die Anforderungen an eine Middleware-basierte Integration theoretische und praktische Kenntnisse über Architektur, Aufbau und Anwendung aktueller Middleware-Konzepte und serviceorientierter Schnittstellen. In diesem Zusammenhang werden wissenschaftliche Methoden vermittelt, die die Teilnehmer in die Lage versetzen, in komplexen Anwendungssystemlandschaften eigenständig und systematisch einen höheren Integrationsgrad zu erreichen. Zudem werden grundlegende Aspekte von *Verteilten Systemen* wie Kommunikationsprotokolle, Austauschformate und Sicherheitsaspekte betrachtet. Die so vermittelten IT-technischen Kenntnisse befähigen die Teilnehmer darüber hinaus aus einer Cyber-Bedrohungsperspektive betrachtet, eine fundierte Analyse hinsichtlich möglicher Leistungsengpässe und Schwachstellen zu konzipieren sowie in der gegebenen IT-Landschaft zu implementieren. Ohne diese Kenntnisse und Fähigkeiten kann de-facto auf potenzielle Bedrohungsszenarien beim Betrieb komplexer IT-Systeme kaum geeignet begegnet werden. Die im Modul vermittelten Grundlagen versetzen die Teilnehmer in die Lage, geeignete Maßnahmen zur Cyber-Abwehr in Middleware-/ Cloud-Strukturen zu integrieren (Stichwort: *Security-as-a-Service*).

Im Übungsteil lernen die Teilnehmer parallel zur Vorlesung den praktischen Umgang mit Middleware-Technologien und Cloud-basierten, mobilen Anwendungen. Durch

eigenständige Anwendung von Technologien wie *Remote Method Invocation (RMI), Common Object Request Broker Architecture (CORBA), .NET, Simple Object Access Protocol (SOAP) oder Representational State Transfer (REST)* erhalten die Teilnehmer Methoden-, Fach- und Umsetzungskompetenz im Umgang mit grundlegenden Middleware-Konzepten und deren Basistechnologien. In der Kombination aus theoretischer Behandlung und praktischer Vertiefung versetzt das Modul die Teilnehmer in die Lage, verteilte Anwendungen auf der Basis von Middleware zu entwerfen und systematisch in die Praxis umzusetzen.

Inhalt

Im heutigen Digitalzeitalter mit *Industrie 4.0, Digital Governance* und *Künstlicher Intelligenz* etc. agieren fast alle Systeme als vernetzte Fähigkeitsträger. Moderne Enterprise Anwendungen basieren auf Standard-Middleware-Architekturen, wo Funktionalität zunehmend über Cloud-basierte Dienste plattformübergreifend den Clients – insbesondere zunehmend mobilen Endgeräten – zur Verfügung gestellt wird. Das Modul bietet einen fundierten Einstieg in die aktuellen Middleware-Basistechnologien. Auf den Grundlagenkenntnissen der Objektorientierten Programmierung aufbauend werden entlang der Entwicklungslinie Schritt für Schritt aktuelle Middleware-Konzepte und -Technologien eingeführt. Das Modul etabliert dazu zunächst die Basisabstraktion und das Grundverständnis Middleware-basierter Systeme. Dabei werden grundlegende Fähigkeiten zur Beherrschung heterogener Anwendungslandschaften und deren Komplexitätsparameter vermittelt. Diese berücksichtigen die Dimensionen der *Kommunikation* und *Transaktion* sowie Zugriffsmöglichkeiten und Schutzaspekte in *Schichtarchitekturen*. Unabhängig von der jeweils eingesetzten Technologie nimmt das Abstraktionskonzept der *Schnittstellen-Basierung* eine zentrale Rolle beim Design verteilter Anwendungen und somit im gesamten Modul ein.

Im Folgenden wird tiefer auf die unterschiedlichen Integrationsparadigmen und -technologien mit ihren jeweiligen spezifischen Stärken und Schwächen (Fähigkeiten, Schwachstellen, Angriffspunkte usw.) eingegangen. Aktuelle Middleware-Dienste und Architekturkonzepte wie *Verteilte Objektmodelle*, *Komponentenmodelle* und *Service Oriented Middleware (SOA)* bilden den Schwerpunkt des zweiten Teils des Moduls. Hier werden jeweils zunächst die allgemeinen Prinzipien erläutert und dann anhand konkreter Beispiele Standard-Middleware-Technologien und deren zugrunde liegenden Konzepte und Prinzipien vertieft.

Der dritte Teil stellt das *Cloud-Konzept* in den Mittelpunkt und zeigt Schritt für Schritt an einfachen Beispielen die Entwicklung Cloud-basierter Dienste und deren Zugriff über mobile Clients (Apps). Zudem werden erste Einblicke in aktuelle Trends wie *Mirco-Service-Architekturen* oder *Containerisierung* gegeben.

Die begleitende Übung bietet die Gelegenheit, aktuelle Technologien anhand einfacher Beispiele kennen zu lernen und erste praktische Erfahrung im Umgang mit Middleware und mobilen, Cloud-basierten Anwendungen zu sammeln.

Lehrmethoden

Das Modul unterteilt sich in eine Vorlesung und eine Übung pro Woche.

Es werden sowohl Lehrmethoden des fremdgesteuerten als auch des selbstgesteuerten Lernens angewendet.

Es wird auf die individuellen Voraussetzungen der Studierenden eingegangen, wobei hauptsächlich ein lehrgangsförmiger und kooperativer Unterricht mit Einzelarbeit stattfindet.

Literatur

1. Alexander Schill, Thomas Springer: Verteilte Systeme, Springer Vieweg, 2012
2. Chris Britton, Peter Bye: IT Architectures and Middleware: Strategies for Building Large, Integrated Systems; Addison-Wesley, 2004
3. Dieter Masak: Moderne Enterprise Architekturen, Springer, 2005
4. Binildas Christudas: Practical Microservices Architectural Patterns, Apress, 2019
5. Die Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik: SAGA-Modul Technische Spezifikationen, Version 5.0.0, 2011

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Die im Wahlpflichtmodul erworbenen Kenntnisse sind elementar für die IT-technische Gestaltung von verteilten Informationssystemen und stellen somit eine Grundlage für Masterstudiengänge im Bereich Informatik/Wirtschaftsinformatik/Ingenieurinformatik/ Cyber Sicherheit dar.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.

Modulname	Modulnummer
Enterprise Architecture und IT Service Management	1507

Konto	WPFL Vert.: ITO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Karcher	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
15071	VL	Enterprise Architecture und IT Service Management	Pflicht	3
15072	UE	Enterprise Architecture und IT Service Management	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Empfehlenswert aber nicht zwingend erforderlich sind Grundkenntnisse der Service-orientierten Architektur (SOA).

Qualifikationsziele

Die Regierbarkeit komplexer IT-Landschaften (IT Governance) wird zunehmend zentraler, strategischer Wettbewerbsfaktor für Unternehmen, Organisationen und nicht zuletzt auch Armeen wie die Bundeswehr. Enterprise Architecture & IT Service Management bilden die beiden zentralen Säulen zur Beherrschung dieser komplexen Aufgabenstellung. Die Teilnehmer werden durch das Modul mit breiter Methodenkompetenz und Fachkenntnis in die Lage versetzt, in dem noch relativ jungen Forschungsgebiet auf dem aktuellen Stand und seiner Bedeutung an der Gestaltung komplexer IT-Landschaften mitzuwirken. Dies umfasst die Aspekte der Planung, des Betriebs und der Wartung über den gesamt Lebenszyklus inklusive der Beachtung von leistungsbezogenen Parametern und der Informationssicherheit sowohl organisatorisch als auch technisch. Zudem werden Fähigkeiten zur Identifizierung und Beseitigung von Engpassen und Schwachstellen vermittelt. In der Vertiefung werden heute dominierende Standards und Best Practices, wie TOGAF, ITIL, UAF und ArchiMate, in Aufbau, Struktur und Domänenbezug verankert und die Grundkenntnisse zu ihrer Anwendung vermittelt. Anhand konkreter Fallbeispiele und Diskussionen mit externen Fachleuten erlangen die Teilnehmer zudem die notwendigen Fähigkeiten zur eigenständigen Anwendung und Übertragung der Methoden und Ansätze in Domänenkontexte.

Inhalt

Das Service-basierte Architekturkonzept (Service Oriented Architecture, SOA) bildet seit geraumer Zeit einen wichtigen Grundpfeiler für die Gestaltung und Anpassung komplexer IT-Landschaften an die sich fortlaufend verändernden Anforderungen aus dem

Geschäftsprozessumfeld einer Unternehmung oder Organisation. Es gilt, Anforderungen aus den Geschäftsprozessen strukturiert, zielgerichtet und sicher abzubilden. Dies hat unter Berücksichtigung aktueller und moderner Technologien möglichst effektiv und effizient auf Basisdienste einer unterliegenden IT Service-Schicht zu erfolgen. Diese sind zum Beispiel in Form von Cloud-basierten Diensten orts- und technologieübergreifend der Anwendungsebene zur Verfügung zu stellen. Hierbei werden unter anderem die Dimensionen wie Fähigkeiten, Kollaboration und Sicherheit abgedeckt. Rahmenwerke zur Beschreibung der für einen Unternehmenstyp bzw. einen Anwendungsbereich typischen Architekturbestandteile und Zusammenhänge zwischen den „Building Blocks“ (Enterprise Architecture Frameworks) bilden eine immer wichtiger werdende Grundlage hierfür.

Das Modul führt die Studierenden in die Thematik der architekturbasierten Gestaltung von komplexen IT-Landschaften ein. Im ersten Teil der Veranstaltung werden zunächst die Entwicklungsgeschichte und die zentrale Grundidee von Unternehmens-rahmenwerken vorgestellt und an einführenden Beispielen diskutiert sowie ein Überblick über entsprechende Standards gegeben. Anhand einzelner ausgewählter Standards wie beispielsweise The Open Group Architecture Framework (TOGAF) werden dann einzelne Aspekte der Anwendung von Enterprise Architecture selbstständig an Fallbeispielen vertieft. Hierzu gehört die Nutzung von Referenzmodelle mit Fokus auf Business, Applikation, Infrastruktur und Sicherheit.

Im zweiten Teil des Moduls steht das Management komplexer IT-Landschaften auf Basis der Service-orientierten Architektur im Mittelpunkt. IT Service Management als Überbegriff aller Ansätze und Methoden zur Unterstützung bei der Abbildung von Geschäftsprozessen auf sichere und verlässliche IT-Basisdienste bildet einerseits ein wichtiges Fundament heutiger IT-Governance. Andererseits stellt dieses Paradigma Unternehmen und Anwender vor die Herausforderung einer fortwährenden, systematischen und möglichst optimalen Abbildung der Unternehmensprozesse auf IT-Bausteine und Standard- Anwendungssysteme - auch als Business-IT-Alignement bezeichnet. Hierbei spielen Standards und Rahmenwerke - allen voran die IT Infrastructure Library (ITIL) - eine zentrale Rolle. Neben der Verankerung der grundlegenden Konzepte und Methoden des IT Service Managements wird den Studierenden anhand von Praxisbeispielen gespiegelte Anwendung der Rahmenwerke vermittelt. Die praktische Anwendung dieser zu erlernenden Fähigkeiten steht im Mittelpunkt des Moduls. Anwendungsexperten aus unterschiedlichen Bereichen, z. B. aus Automobilkonzernen, werden zusätzlich tiefere Einblicke in den aktuellen Stand der Handhabung geben.

Lehrmethoden

Das Modul unterteilt sich in eine Vorlesung und eine Übung pro Woche.

Es werden sowohl Lehrmethoden des fremdgesteuerten als auch des selbstgesteuerten Lernens angewendet.

Es wird auf die individuellen Voraussetzungen der Studierenden eingegangen, wobei hauptsächlich ein lehrgangsförmiger und kooperativer Unterricht mit Einzelarbeit stattfindet.

Literatur

1. Mathias Weber: Enterprise Architecture Management – neue Disziplin für die ganzheitliche Unternehmensentwicklung, Bundesverband Informationswirtschaft, 2011
2. Marc Lankhorst: Enterprise Architecture at Work, Springer, 2009
3. Scott A. Bernard: An Introduction to Holistic Enterprise Architecture, AuthorHouse, 2020
4. The Open Group: The Open Group Architecture Framework (TOGAF) Standard, Version 10, 2022
5. Bundesministerium des Innern: Leitfaden für Entwickler von Prozess- und Datenmodellen, Koordinierungs- und Beratungsstellen der Bundesregierung für Informationstechnik in der Bundesverwaltung 2007
6. Dirk Matthes: Enterprise Architecture Frameworks Kompendium, Springer 2011

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Das Wahlpflichtmodul ist die Grundlage für weiterführende und vertiefende Veranstaltungen sowie wissenschaftliche Arbeiten im Kontext der Gestaltung und Anpassung komplexer IT-Landschaften. Es stellt Basiswissen für den Masterstudiengänge Wirtschaftsinformatik, aber auch im Bereich Informatik/ Ingenieurinformatik/Cyber Sicherheit dar und ergänzt sich mit den Wahlpflichtmodulen für "Middleware und mobile Cloud Computing".

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.

Modulname	Modulnummer
Ethik und Philosophie der Informatik	2095

Konto	WPFL Vert.: ITO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr. Tobias Skuban-Eiseler	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	36	144	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
20951	VÜ	Ethik und Philosophie der Informatik	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				3

Empfohlene Voraussetzungen

Das Seminar beschäftigt sich mit Fragen, die philosophische, insbesondere ethische Aspekte der Technik im Allgemeinen und der Informatik im Speziellen und der gesellschaftlichen Auswirkungen digitaler Technologien berühren. Daher ist eine Offenheit zu interdisziplinärem Denken eine Voraussetzung. Daneben sollte die Bereitschaft bestehen, philosophische Texte zu lesen und sich mit diesen sowohl in der Vorbereitung als auch innerhalb der Veranstaltungen aktiv auseinanderzusetzen.

Qualifikationsziele

Die Veranstaltung befähigt dazu, zentrale philosophische und ethische Problemstellungen der Informatik zu benennen und dazu reflektiert Stellung zu beziehen. Nach der Teilnahme besitzen die Studierenden einen Überblick über wesentliche Argumentationslinien zu den wichtigsten ethischen und philosophischen Fragestellungen der Informatik und sind in der Lage, sich kritisch und fundiert zu diesen zu positionieren bzw. eigene Ansichten und Argumente wirksam zu verteidigen.

Inhalt

Digitale Technologien können als Produkt einer wahren Erfolgsgeschichte der menschlichen Zivilisation betrachtet werden. Sie setzen uns nicht nur in die Lage, mit einer unüberschaubaren Anzahl an Menschen weltweit zu interagieren und kommunizieren, sie übernehmen auch mehr und mehr Aufgaben, die bislang nur von menschlichen Wesen geleistet werden konnten. Computer sind dem menschlichen Gehirn in vielerlei Hinsicht überlegen, Künstliche Intelligenz bietet Lösungen für bislang schwer oder nicht zu bewältigende Anforderungen, Virtuelle Realitäten spielen nicht nur im Bereich von Computerspielen eine Rolle, sondern nehmen Einzug in viele Bereiche des wissenschaftlichen, gesellschaftlichen und sozialen Lebens etc. Doch im Zuge einer zunehmend technisierten, komplexen und vernetzten Welt haben Handlungen des Einzelnen zahllose Auswirkungen, die für den Handelnden kaum mehr zu überschauen sind. Dabei stellen sich wichtige Fragen: Welche gesellschaftlichen Auswirkungen können digitale Technologien haben? Wer trägt für diese Verantwortung? Können

digitale Technologien selbst entscheiden? Wie verändert das, was wir Information nennen, Machtstrukturen? Sind digitale Technologien gerecht? Haben Computer ein Bewusstsein? Sind virtuelle Welten real und haben virtuelle Handlungen überhaupt moralische Relevanz? Um diese Fragen verstehen und einordnen zu können, erfolgt in der Veranstaltung zunächst eine Einführung in die allgemeine Ethik und die Computer- und Informationsethik, danach werden folgende Themen bearbeitet: (1) Verantwortung und Technik, (2) Umweltethische Aspekte der Informatik, (3) Auswirkungen von Wissen und Macht, die durch digitale Technologien bereitgestellt wird, (4) Gefährdung von Privatheit durch digitale Technologien, (5) algorithmische Gerechtigkeit, (6) Grundlagen der Ethik Künstlicher Intelligenz, (7) Human Enhancement, (8) autonome Waffen, (9) digitale Welten und virtuelle Realitäten, (10) Bewusstsein und moralischer Status Künstlicher Intelligenz.

Lehrmethoden

Die Veranstaltung wird sich jeweils in einen Teil gliedern, in dem das notwendige Wissen zu den einzelnen Themen vermittelt wird, dann werden wir dieses gemeinsam vertiefen. Dazu wird es erforderlich sein, jeweils im Vorfeld der Termine Texte zu lesen (diese werden selbstverständlich zur Verfügung gestellt). In den Veranstaltungen werden wir diese vertiefenden Texte dann gemeinsam analysieren und diskutieren.

Literatur

Auswahl; die zu bearbeitenden Texte werden in der Veranstaltung zur Verfügung gestellt.

- James H. Moor, What Is Computer Ethics? Metaphilosophy 1985, 16(4), 266-275
- Luciano Floridi, The Ethics of Information. Oxford University Press 2013
- Mark Coeckelbergh, AI Ethics. MIT Press 2020
- Hans Jonas, Das Prinzip Verantwortung: Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation. Insel Verlag 1979 (1. Aufl.)
- Robert Sparrow, Killer robots. Journal of Applied Philosophy 2007, 24(1): 62-77
- David J. Chalmers, Realität+: Virtuelle Welten und die Probleme der Philosophie. Suhrkamp 2023

Leistungsnachweis

Mündliche Prüfung, 30 Minuten

Verwendbarkeit

Die im Modul vermittelten Kenntnisse und Fähigkeiten sind wertvoll, um sich reflektiert mit ethischen Fragen digitaler Technologien auseinanderzusetzen. Sie können somit eine nützliche Ergänzung für alle IT-technischen Themen und insbesondere auch für Aspekte der Cyber-Sicherheit sein und helfen, reflektiert und verantwortet, Wissen in Informatik und Cyber-Sicherheit anzuwenden.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert ein Trimester und findet jeweils im Herbst- und Wintertrimester statt.

Modulname	Modulnummer
Geoinformatik Seminar	1149

Konto	WPFL Vert.: GEO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	48	132	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11491	VÜ	Geoinformatik Seminar	Pflicht	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				4

Empfohlene Voraussetzungen

Erfolgreiche Teilnahme an einem der Module "Computer Vision", "Computer Vision (erweitert)", oder "Geoinformatik und Visual Computing".

Qualifikationsziele

Die Studierenden sollen ausgewählte Themen der Geoinformatik / des Visual Computings kennen lernen und in Form von Projekten aufarbeiten sowie die Ergebnisse präsentieren. Dabei liegt ein weiterer Schwerpunkt in der Anwendung von wissenschaftlichen Methoden im Ingenieurbereich.

Inhalt

In diesem Seminar werden Projekte zu ausgewählten aktuellen Forschungsthemen der Geoinformatik / des Visual Computings praktisch durchgeführt. Dies können sowohl kleinere Methodenumsetzungen / Softwareentwicklungen als auch Modellierungen oder Anwendungen von vorhandener Software sein. Die ausgewählten Projekte werden von den Studierenden in Kleingruppen bearbeitet. Abschließend werden die Ergebnisse und Erfahrungen präsentiert und gemeinsam diskutiert.

Leistungsnachweis

Portfolio basierend auf den folgenden Leistungen: aktive Mitarbeit an dem Projekt, dazu eine mündliche Präsentation der Ergebnisse (20 bis 30 Minuten) und eine schriftliche Ausarbeitung (10 bis 20 Seiten); Bearbeitungszeit: acht bis zwölf Wochen. Ein Termin pro Jahr. Die Leistungen in der mündliche Präsentation der Ergebnisse und der schriftlichen Ausarbeitung gehen im Verhältnis 30 zu 70 in die Note ein.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul, Vertiefung Geoinformatik, Master Informatik
- Wahlpflichtmodul, Vertiefungsfeld Anwendungssysteme und E-Business, Master Wirtschaftsinformatik

Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Geoinformatik und Visual Computing	1150

Konto	WPFL Vert.: GEO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10271	VÜ	Grundzüge der Geoinformatik	Pflicht	3
10272	VÜ	Grundzüge von Visual Computing	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse in linearer Algebra und Statistik.

Qualifikationsziele

Die Studierenden werden in der Vorlesung und Übung **Grundzüge der Geoinformatik** mit raumbezogenen Strukturen vertraut gemacht und lernen grundlegende Methoden der Geoinformatik (GI) kennen. Die Studierenden können einschätzen für welche Fragestellungen GI-Methoden sinnvoll eingesetzt werden können und welche Voraussetzungen dafür notwendig sind. Weiter sind sie in der Lage, einfache konzeptionelle Modelle zu erstellen, in einer bestimmten Umgebung zu implementieren und für ausgewählte (einfache) Anwendungen zu nutzen.

Das Ziel der Vorlesung **Grundzüge von Visual Computing** besteht darin, dass Studierende grundlegende Methoden und Anwendungen von Visual Computing, insbesondere den direkten Zusammenhang zwischen der Analyse von Bildern mittels Computer Vision mit der Synthese von Bildern mittels Computer Graphik kennen und verstehen. Hierfür erwerben sie neben grundlegenden Kenntnissen in Radiometrie und Geometrie, Rendering, Bildgewinnung, dreidimensionaler (3D) Rekonstruktion sowie verschiedenen Techniken für die Objektextraktion inkl. Convolutional Neural Networks (CNNs) und Generative Adversarial Networks (GANs) vertieftes Wissen über Methoden der Bildverarbeitung.

Inhalt

In der Vorlesung **Grundzüge der Geoinformatik** wird zu Beginn an Hand von ausgewählten Beispielen erläutert, wie raumbezogene Daten und Geoinformatik-Methoden in vielen Bereichen sinnvoll eingesetzt werden können. Im Weiteren werden die grundlegenden Strukturen raumbezogener Daten erläutert, standardisierte, vektorbasierte Datentypen vorgestellt und Ihre Verwendung in Geoinformationssystemen sowie in geodatenbasierten Diensten skizziert. Die konzeptionelle Modellierung solcher

Systeme wird auf Basis von Standardtechniken erläutert. Wichtige räumliche Operatoren werden eingeführt und deren Bedeutung für raumbezogene Abfragen und Analysen erläutert. Im Übungsteil wird für ein Anwendungsbeispiel ein konzeptionelles Modell erstellt, implementiert und für vorgegebene Fragestellungen genutzt.

Die Vorlesung **Grundzüge von Visual Computing** thematisiert die Bildaufnahme, die Bearbeitung von und die Informationsgewinnung aus Bildern sowie die Visualisierung, d.h., die synthetische Erzeugung von Bildern. Dazu werden Methoden aus den Bereichen Bildverarbeitung, Computer Vision und Computer Graphik dargestellt. Es werden radiometrische, photometrische und geometrische Grundlagen eingeführt. Darauf aufbauend werden aktuelle Ansätze für 3D-Rekonstruktion und Objektextraktion vorgestellt. In den Übungen werden einige wichtige Algorithmen implementiert und diskutiert.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul, Vertiefung Geoinformatik, Master Informatik
- Wahlpflichtmodul, Vertiefungsfeld Anwendungssysteme und E-Business, Master Wirtschaftsinformatik
- Wahlpflichtmodul, Wahlpflichtmodule, Bachelor Informatik
- Wahlpflichtmodul, Wahlpflichtmodule, Bachelor Wirtschaftsinformatik

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.
Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester.
Als Startzeitpunkt ist das Frühjahrstrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Praxisprojekt	1163

Konto	WPFL Vert.: GEO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Siegle	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
360	0	360	12

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11631	P	Praxisprojekt	Pflicht	1
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				1

Empfohlene Voraussetzungen
Von den Studierenden werden erste Vorkenntnisse im Vertiefungsfeld, in dem das Praktikum angesiedelt ist, erwartet. Diese werden z.B. in den Veranstaltungen des Vertiefungsfeldes im WT und FT des ersten Studienjahres vermittelt.

Qualifikationsziele
Die Studierenden gewinnen Erfahrung in realen industriellen oder organisatorischen Projekten. Sie bekommen Einblick in die Durchführung und das Management realer Projekte im Umfeld dem gewählten Vertiefungsfeld.

Inhalt
Das Praktikum besteht aus der aktiven Mitarbeit in realen Projekten, in denen es um aktuelle Fragestellungen oder Anwendungen aus dem gewählten Vertiefungsfeld geht. Der Teilnehmer bearbeitet eigenständig eines oder mehrere Teilprobleme. Das Praktikum kann in einem Industriebetrieb, bei einer Behörde oder einer Dienststelle durchgeführt werden. Das Praxisprojekt kann nicht an der Universität der Bundeswehr durchgeführt werden.

Leistungsnachweis
Portfolio (Bearbeitungszeitraum 10 bis 12 Wochen; siehe auch Sonstige Bemerkungen): Die Praktikums-Tätigkeit wird in einem ausführlichen Praktikumsbericht mit einer Länge von 20 bis 40 Seiten beschrieben und in einem etwa halbstündigen Vortrag mit anschließender Diskussion / Befragung vorgestellt. Falls mehrere Studierende Praktika innerhalb desselben Betriebs / Projekts ablegen, sind getrennte Ausarbeitungen und Vorträge erforderlich. Praktikumsbericht und Vortrag ergeben zusammen die Noten für den Leistungsnachweis des Moduls. Die Leistungen in Praktikumsbericht und Vortrag gehen im Verhältnis 50 zu 50 in die Note ein.

Verwendbarkeit
Die praktische Erfahrung ist eine wichtige Grundlage für die berufliche Tätigkeit nach dem Studium. Auch für den weiteren Verlauf des Master-Studiums, insbesondere die Master-Arbeit, ist diese Erfahrung von großem Vorteil. Das Praxisprojekt ist Pflicht für das Master-Vertiefungsfeld MORSE, es kann aber auch in andere Vertiefungsfelder eingebracht werden, wenn der Aufgabensteller / Betreuer Dozent in dem jeweiligen Vertiefungsfeld ist.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils in der vorlesungsfreien Zeit. Als Startzeitpunkt ist die vorlesungsfreie Zeit im 1. Studienjahr vorgesehen.
Sonstige Bemerkungen
Es wird eine mindestens 6-wöchige Vollzeittätigkeit bei einem Unternehmen oder einer Dienststelle erwartet. Die Workload ergibt sich aus der 6-wöchigen Tätigkeit plus Vor- und Nachbereitung. Das eigentliche Praktikum bedarf einer gründlichen Vorbereitung, während dessen der/die Studierende sich in die Thematik einarbeitet. Die Nachbereitung umfasst die Erstellung eines ausführlichen Berichts und die Vorbereitung und Durchführung eines Vortrags.

Modulname	Modulnummer
Operations Research, Complex Analytics and Decision Support Systems (ORMS I)	1490

Konto	WPFL Vert.: GEO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Stefan Pickl	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10333	VÜ	Moderne Heuristiken	Wahlpflicht	3
12325	P	Praktikum Operations Research - Entscheidungsunterstützung II	Wahlpflicht	3
12326	SE	Seminar Ausgewählte Kapitel des Operations Research II	Wahlpflicht	3
14901	VÜ	Ausgewählte Kapitel des Operations Research und der Entscheidungstheorie	Pflicht	3
149010	VÜ	Spieltheorie: Einführung in die mathematische Theorie strategischer Spiele	Wahlpflicht	3
149014	B	Geschichte des Operations Research	Wahlpflicht	3
14902	VÜ	Diskrete Optimierung	Wahlpflicht	3
14904	VÜ	Scheduling	Wahlpflicht	3
14905	VÜ	Schwarmbasierte Verfahren	Wahlpflicht	3
14906	VÜ	Soft Computing A: Management Science and Complex System Analysis - System Dynamics and Strategic Planning	Wahlpflicht	3
14907	VÜ	Soft Computing B: Fuzzy Systems - Network Operations	Wahlpflicht	3
14908	VÜ	Soft Computing C: Natural Computing - Evolutionary Algorithms	Wahlpflicht	3
14909	VÜ	Soft Computing D: Neural Networks and Network Analysis	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse in Mathematik und Informatik; insbesondere elementare Kenntnisse der Linearen Algebra.

Qualifikationsziele

Studierende sollen in die Lage versetzt werden, Probleme im Bereich der industriellen Anwendung, der öffentlichen Verwaltung, der internationalen Konflikte und des strategischen Managements als Operations Research zugehörige Probleme zu identifizieren und mit geeigneten Modellen und Lösungsverfahren zu behandeln.

Es ist das Ziel dieses Moduls, dass die Studierenden sicher mit den Standardverfahren des Operations Research und der Computational Intelligence umgehen können. Im Rahmen des heutigen unterstützenden Rechnereinsatzes sollen Sie in der Lage sein, zukünftige Potentiale zu erkennen und damit verbundene Komplexitätsaspekte im Ramen eines modernen Komplexitätsmanagements mit Methoden des Soft Computing kompetent zu behandeln.

Inhalt

Die Veranstaltung führt in das weite fachliche Gebiet des Operations Research ein. Der quantitativen Beschreibung und Lösung von komplexen Entscheidungsproblemen kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu (Operations Research im engeren Sinne). Ferner wird auf die Entwicklung von algorithmischen Verfahren und Lösungsstrategien großen Wert gelegt (im Rahmen einer anwendungsbetonten Mathematischen Programmierung/ Computational Intelligence). Die behandelten Modelle und Verfahren werden exemplarisch aus dem Bereich der industriellen Anwendung, der öffentlichen Verwaltung, der internationalen Konflikte und des strategischen Managements gewählt werden.

Das Gebiet "Computational Intelligence" umfasst Methoden der sogenannten subsymbolischen Informationsverarbeitung. Auch wenn derzeit noch keine allgemeingültige genaue wissenschaftliche Definition dieses Begriffes existiert, so dient er dazu, die Gebiete "Evolutionary Computation", "Fuzzy Computation" und "Neural Computation" zusammenzufassen. "Computational Intelligence" betont zum einen den algorithmischen Aspekt und zum anderen die Fundierung im Bereich der künstlichen Intelligenz, der Entscheidungstheorie und der multikriteriellen Optimierung.

Im Zentrum dieses Moduls steht die Vermittlung von grundlegenden Kenntnissen über die in diesen Bereichen angewendeten relevanten Algorithmen, Heuristiken und Methoden. Die praktischen Bezüge reichen von den Bereichen "Business Intelligence/Optimization" und "Experimental Design" (z.B. im Bereich einer vernetzten Operationsführung) bis hin zum "Algorithmic Engineering".

Eine inhaltliche Auswahl besteht aus folgenden Elementen: Einführung in die Problemstellung und Lösungsmethoden der allgemeinen Unternehmensforschung (inklusive Operations Management), Klassische Optimierungsverfahren (lineare, nichtlineare, dynamische und diskrete Optimierung, Spieltheoretische Modelle und Verfahren, Mathematische Programmierung, Theorie dynamischer und stochastischer Prozesse, Ausblick auf aktuelle Probleme der Logistik, Steuerung und Netzwerktheorie und Soft Computing).

Am Ende des Moduls wird ein Ausblick auf Cybergefahren und verwandte Optimierungsmodelle gegeben, die speziell aktuelle Cyberproblemstellungen und -gefahren behandeln. Das Modul gibt einen Überblick über „Security Operations“ und

„Cyber Threat Analysis Aktivitäten“ im Sinne eines zukunftsweisenden Operations Research.

Literatur

- Werners, B.: Operations Research. Springer 2018
- Hiller, Liebermann: Introduction to Operations Research. Mc Graw Hill 2020

Leistungsnachweis

Mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfelder Theoretische Informatik, Geoinformatik sowie Modellierung, Operations Research, Simulation und Experimentation
- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang WIN, Vertiefungsfeld Technologie- und Innovationsmanagement
- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang CYB, Vertiefungsfelder Public Security und Security Intelligence

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 bis 3 Trimester. Es wird nicht regelmäßig angeboten.

Sonstige Bemerkungen

Neben der Pflichtveranstaltung "Ausgewählte Kapitel des Operations Research und der Entscheidungstheorie" müssen zwei Lehrveranstaltungen mit Übungen im Umfang von je 3 TWS besucht werden.

Modulname	Modulnummer
Computer Vision	1932

Konto	WPFL Vert.: GEO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19381	VÜ	Computer Vision – Basics	Wahlpflicht	3
19383	VÜ	Computer Vision - Image Understanding	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

- Kenntnisse der Mathematik und Physik.
- Grundkenntnisse der digitalen Signalverarbeitung und des maschinellen Lernens sind hilfreich.

Qualifikationsziele

In der Vorlesung und den Übungen zu **Computer Vision – Basics** erwerben Studierende vertiefte Kenntnisse über Techniken der Bildverarbeitung und des maschinellen Lernens, die in Computer Vision verwendet werden, auch in Form der praktischen Auswertung von Bildern. Sie kennen grundlegende Methoden wie Bildtransformationen, Segmentierung, Klassifikationsverfahren für Bilder, Convolutional Neural Networks (CNNs), graphische Modelle, Binärbildverarbeitung, sowie Merkmalsextraktion und können diese sinnvoll kombinieren. Damit können sie abschätzen, welche Methoden sich in Abhängigkeit von Faktoren wie Genauigkeit, Robustheit und Geschwindigkeit besonders gut für welches Einsatzgebiet eignen.

Das Ziel der Vorlesung, den Übungen und der Seminarübung zu **Computer Vision – Image Understanding** besteht darin, den Studierenden vertieftes Wissen zu Techniken des Bildverstehens, d.h., der automatischen Extraktion von Objekten und deren Relationen aus Bildern zu vermitteln. Die Studierenden erhalten Wissen zu aussehensbasierter Extraktion, statistischer Objektmodellierung, struktureller Objektextraktion, Objektdetektion und Transformern. Die Vorlesung wird abgerundet mit Beispielen zur Fassadeninterpretation, Personenverfolgung in Videos, Straßenextraktion aus Luftbildern sowie zur Nutzung von CNNs in Form der Gebäudeextraktion. Mittels eines Vortrags lernen die Studierenden die Einordnung eines spezifischen Themas in den Rahmen der Techniken des Bildverstehens.

Inhalt
Die Vorlesung **Computer Vision – Basics** geht von der Bildgewinnung aus. Es wird gezeigt, wie Bilder mittels statistischer Maße, wie z.B. Varianz und Korrelationskoeffizient, charakterisiert werden können. Bildtransformationen verändern entweder die Radiometrie oder die Geometrie der Bilder. Mittels lokaler Transformationen werden Kanten hervorgehoben oder Störungen beseitigt. Die Bildsegmentierung führt zu homogenen Bildbereichen. Für diskriminative und generative KI-Ansätze zur Klassifikation wird die Anwendung auf Bilddaten aufgezeigt. Dies wird ergänzt um Kreuzvalidierung sowie Hauptachsentransformation (PCA). Für CNNs werden verschiedene Arten von Schichten, auf diesen aufbauende Architekturen, Initialisierung des Trainings sowie als Anwendung die Semantische Segmentierung vorgestellt. Zur Nachbearbeitung der Segmentierung werden graphische Modelle und zur Verarbeitung binärer Bilder (nur zwei Grauwerte) werden Verfahren der mathematischen Morphologie dargestellt. Auf Grundlage der vorgestellten Techniken werden Merkmale in Form von 1D-Kanten / Linien und 2D Flächen extrahiert. Für Flächen wird die Umsetzung in Vektoren inkl. Graphbildung und Polygonapproximation aufgezeigt. Die Vorlesung **Computer Vision – Image Understanding** führt zuerst in die aussehensbasierte Objektextraktion auf Grundlage kleiner Bildausschnitte sowie deren Anordnung ein. Die statistische Objektmodellierung beruht auf a priori Annahmen (Priors). Der Vergleich von Modell und realem Bild führt zu Likelihoods, die zusammen mit den Priors zur MAP (Maximum a posteriori) Schätzung genutzt werden. Als Beispiele werden die Extraktion von Gebäudefassaden und Vegetation aus terrestrischen Daten sowie die Verfolgung von Personen in Videos von Fahrzeugen aus dargestellt. Die traditionelle KI-Modellbildung mit Objekten (Geometrie und Radiometrie), Relationen, Kontext und Ebenen der Extraktion wird anhand der Extraktion von Straßen aus Luftbildern illustriert. Die Nutzung von CNNs wird mittels der Gebäudeextraktion sowie Cycle GANs (Generative Adversarial Network) dargestellt. Für die Objektdetektion werden Grundlagen, die Detektion von Flugzeugen in hoch aufgelösten Satellitenbildern sowie Erweiterungen in Richtung Multi-Task Learning, Self-Supervised Learning, Large Language Models und Explainable AI präsentiert. Abschließend werden Transformer, deren Nutzung zur Generierung von Merkmalen für Bilder sowie weiterführende Gedanken zum Maschinellen Lernen präsentiert. Weitere Anwendungen werden in Seminarvorträgen vorgestellt und diskutiert.
Literatur
• Davies, E.R. & Turk, M. (2021): Advanced Methods and Deep Learning in Computer Vision, Academic Press, London, Großbritannien. • Szeliski, R. (2022): Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, London, Großbritannien.
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer (normalerweise am Ende des HT). Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul, Vertiefung Geoinformatik, Master Informatik • Wahlpflichtmodul, Vertiefung Künstliche Intelligenz, Master Informatik

- Anwendungsmodul, Anwendungsfachmodule Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften, Master Informatik
- Wahlpflichtmodul, Vertiefungsfeld Anwendungssysteme und E-Business, Master Wirtschaftsinformatik

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester.
Das Modul findet jedes Studienjahr im Frühjahrs- und Herbsttrimester statt.
Das Modul ist für das Frühjahrs- und Herbsttrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Sonstige Bemerkungen

Die Vorlesungen und Übungen Computer Vision – Basics und Computer Vision – Image Understanding liegen im Frühjahrs- sowie Herbsttrimester im 1. Studienjahr

Modulname	Modulnummer
Advanced Computer Vision	1937

Konto	WPFL Vert.: GEO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19383	VÜ	Computer Vision - Image Understanding	Wahlpflicht	3
34461	VÜ	Statistische Computer Vision	Wahlpflicht	3
34471	VÜ	Angewandtes Deep Learning für Computer Vision	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

Grundlagen in Methoden des maschinellen Lernens sind hilfreich.

Qualifikationsziele

Das Ziel der Vorlesung, den Übungen und der Seminarübung zu **Computer Vision – Image Understanding** besteht darin, den Studierenden vertieftes Wissen zu Techniken des Bildverstehens, d.h., der automatischen Extraktion von Objekten und deren Relationen aus Bildern zu vermitteln. Die Studierenden erhalten Wissen zu aussehensbasierter Extraktion, statistischer Objektmodellierung, struktureller Objektextraktion, Objektdetektion und Transformern. Die Vorlesung wird abgerundet mit Beispielen zur Fassadeninterpretation, Personenverfolgung in Videos, Straßenextraktion aus Luftbildern sowie zur Nutzung von CNNs in Form der Gebäudeextraktion. Mittels eines Vortrags lernen die Studierenden die Einordnung eines spezifischen Themas in den Rahmen der Techniken des Bildverstehens.

In der Vorlesung mit Übungen **Angewandtes Deep Learning für Computer Vision** werden state-of-the-art Deep Learning Methoden und typische praktische Anwendungen in Computer Vision vorgestellt. Die Studenten lernen die Grundlagen von tiefen neuronalen Netzen sowie Entwicklungsumgebungen und Tools kennen. Durch Anwendungsbeispiele mit verschiedenen Aufgaben (z.B. Segmentierung, Objektdetektion und Klassifikation) und Quelldaten (Bilder und Videos aus unterschiedlichen Geräten) machen die Studenten eigene Erfahrungen mit der Entwicklung sowie dem Einsatz von Deep Learning Modellen und beherrschen praktische Techniken z.B. für Datenvorbereitung und Modellanpassung.

In der Vorlesung mit Übungen **Statistische Computer Vision** erhalten die Studierenden vertieftes Wissen über statistische Modelle und ihre Anwendung in der

geometrischen Dateninterpretation und Modellbildung. Erweiterte Kenntnisse in Bayes´scher Statistik sowie Markoff Modellen führen zu einem tieferen Verständnis der abgeleiteten Modellbildungs- und Optimierungstechniken. Die Studierenden kennen für Anwendungsbeispiele mit verschiedenen Quelldaten die Vorteile hinsichtlich Plausibilität und Effizienz, die statistische Ansätze für die Verarbeitung komplizierter Objekte / Geometrien besitzen.

Inhalt

Die Vorlesung **Computer Vision – Image Understanding** führt zuerst in die aussehensbasierte Objektextraktion auf Grundlage kleiner Bildausschnitte sowie deren Anordnung ein. Die statistische Objektmodellierung beruht auf a priori Annahmen (Priors). Der Vergleich von Modell und realem Bild führt zu Likelihoods, die zusammen mit den Priors zur MAP (Maximum a posteriori) Schätzung genutzt werden. Als Beispiele werden die Extraktion von Gebäudefassaden und Vegetation aus terrestrischen Daten sowie die Verfolgung von Personen in Videos von Fahrzeugen aus dargestellt. Die traditionelle KI-Modellbildung mit Objekten (Geometrie und Radiometrie), Relationen, Kontext und Ebenen der Extraktion wird anhand der Extraktion von Straßen aus Luftbildern illustriert. Die Nutzung von CNNs wird mittels der Gebäudeextraktion sowie Cycle GANs (Generative Adversarial Network) dargestellt. Für die Objektdetektion werden Grundlagen, die Detektion von Flugzeugen in hoch aufgelösten Satellitenbildern sowie Erweiterungen in Richtung Multi-Task Learning, Self-Supervised Learning, Large Language Models und Explainable AI präsentiert. Abschließend werden Transformer, deren Nutzung zur Generierung von Merkmalen für Bilder sowie weiterführende Gedanken zum Maschinellen Lernen präsentiert. Weitere Anwendungen werden in Seminarvorträgen vorgestellt und diskutiert.

Die Vorlesung **Angewandtes Deep Learning für Computer Vision** stellt den Einsatz von Deep Learning Methoden im Bereich Computer Vision mit einem Schwerpunkt auf Anwendungen vor. Diese fokussieren auf Bildinterpretation, -klassifikation und Objektdetektion. Die Lehrveranstaltung ist in Form von „Learning-by-doing“ gestaltet und wird von praktischen Programmierbeispielen begleitet. Zuerst werden Grundlagen von tiefen neuronalen Netzen gelegt sowie die Entwicklungsumgebung und Tools auf Grundlage einfacher Aufgaben vorgestellt. Mittels des Einsatzes der Ergebnismodelle auf einer Hardware-Plattform, wie z.B. Amazon Deeplens oder NVIDIA Jetson, wird der komplette Entwicklungsprozess demonstriert. Fortgeschrittene Methoden z.B. zur Modellanpassung und Erhöhung der Performanz werden mittels anspruchsvoller Aufgaben z.T. aus realen Projekten demonstriert.

Die Vorlesung mit Übungen **Statistische Computer Vision** beschäftigt sich mit der Verarbeitung von geometrischen Messdaten auf Grundlage von statistischen Modellen. Die Schwerpunkte liegen auf dreidimensionaler (3D) Objektdetektion und Szeneninterpretation. Zuerst werden Grundlagen von Bayesscher Statistik und Markoff Modellen gelegt. Bei der generativen Modellierung werden die geometrischen Primitive statistisch parametrisiert. Die verbesserte Flexibilität und Leistungsfähigkeit in Objektdetektion und -rekonstruktion werden dargestellt. Modellselektion, die auf Informationsentropie und Bayesscher Inferenz aufbaut, ermöglicht die Auswertung von Modellen unterschiedlicher Komplexität. Als Anwendungsbeispiele werden Baumextraktion, Gebäuderekonstruktion, Fensterdetektion, und Indoorsegmentierung präsentiert. Dabei werden verschiedene Messdaten — LIDAR, Bilder, und RGB-D Daten — verwendet und damit die Vorteile von statistischen Modellen demonstriert.

Literatur

- Davies, E.R. & Turk, M. (2021): Advanced Methods and Deep Learning in Computer Vision, Academic Press, London, Großbritannien.
- Szeliski, R. (2022): Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, London, Großbritannien.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer (normalerweise am Ende des WT). Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul, Masterstudiengang Informatik, Vertiefungsfeld Geoinformatik
- Wahlpflichtmodul, Masterstudiengang Informatik, Vertiefungsfeld Künstliche Intelligenz
- Wahlpflichtmodul, Masterstudiengang Informatik, Anwendungsfach Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften
- Wahlpflichtmodul, Masterstudiengang Wirtschaftsinformatik, Vertiefungsfeld Anwendungssysteme und E-Business

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester. Das Modul findet jedes Studienjahr im Herbst- und Wintertrimester statt. Das Modul ist für das Herbsttrimester im 1. Studienjahr und das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Sonstige Bemerkungen

Die Vorlesungen und Übungen Computer Vision – Image Understanding sowie Angewandtes Deep Learning für Computer Vision liegen im Herbsttrimester im 1. Studienjahr und die Vorlesungen und Übungen Statistische Computer Vision im Wintertrimester des 2. Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
Computer Vision (erweitert)	1938

Konto	WPFL Vert.: GEO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19381	VÜ	Computer Vision – Basics	Wahlpflicht	3
19382	VÜ	3D Computer Vision	Wahlpflicht	3
19383	VÜ	Computer Vision - Image Understanding	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen

- Kenntnisse der Mathematik und Physik.
- Grundkenntnisse der digitalen Signalverarbeitung und des maschinellen Lernens sind hilfreich.

Qualifikationsziele

In der Vorlesung und den Übungen zu **Computer Vision – Basics** erwerben Studierende vertiefte Kenntnisse über Techniken der Bildverarbeitung und des maschinellen Lernens, die in Computer Vision verwendet werden, auch in Form der praktischen Auswertung von Bildern. Sie kennen grundlegende Methoden wie Bildtransformationen, Segmentierung, Klassifikationsverfahren für Bilder, Convolutional Neural Networks (CNNs), graphische Modelle, Binärbildverarbeitung, sowie Merkmalsextraktion und können diese sinnvoll kombinieren. Damit können sie abschätzen, welche Methoden sich in Abhängigkeit von Faktoren wie Genauigkeit, Robustheit und Geschwindigkeit besonders gut für welches Einsatzgebiet eignen.

Das Ziel der Vorlesung, den Übungen und der Seminarübung zu **Computer Vision – Image Understanding** besteht darin, den Studierenden vertieftes Wissen zu Techniken des Bildverstehens, d.h., der automatischen Extraktion von Objekten und deren Relationen aus Bildern zu vermitteln. Die Studierenden erhalten Wissen zu aussehensbasierter Extraktion, statistischer Objektmodellierung, struktureller Objektextraktion, Objektdetektion und Transformern. Die Vorlesung wird abgerundet mit Beispielen zur Fassadeninterpretation, Personenverfolgung in Videos, Straßenextraktion aus Luftbildern sowie zur Nutzung von CNNs in Form der Gebäudeextraktion. Mittels eines Vortrags lernen die Studierenden die Einordnung eines spezifischen Themas in den Rahmen der Techniken des Bildverstehens.

Mittels der Vorlesung und den Übungen zu **3D-Computer Vision** erwerben Studierende vertieftes Wissen über die Rekonstruktion von 3D-Geometrie aus perspektiven Bildern. Sie kennen verschiedene Techniken, die eine Poseschätzung mit und ohne Wissen über den Aufbau der Kamera (Kalibrierung) ermöglichen. Sie können diese zusammen mit Wissen über Bildzuordnung und robusten statistischen Verfahren anwenden, um die relative Pose für Bildpaare auch bei groben Fehlern in der Zuordnung zu schätzen. Damit sind die Studierenden grundsätzlich in der Lage, die Posen für weit auseinander liegende Aufnahmen (wide-baseline) auch für Bildtriplets und Mengen von Tausenden oder sogar Millionen Bildern zu bestimmen.

Inhalt

Die Vorlesung **Computer Vision – Basics** geht von der Bildgewinnung aus. Es wird gezeigt, wie Bilder mittels statistischer Maße, wie z.B. Varianz und Korrelationskoeffizient, charakterisiert werden können. Bildtransformationen verändern entweder die Radiometrie oder die Geometrie der Bilder. Mittels lokaler Transformationen werden Kanten hervorgehoben oder Störungen beseitigt. Die Bildsegmentierung führt zu homogenen Bildbereichen. Für diskriminative und generative KI-Ansätze zur Klassifikation wird die Anwendung auf Bilddaten aufgezeigt. Dies wird ergänzt um Kreuzvalidierung sowie Hauptachsentransformation (PCA). Für CNNs werden verschiedene Arten von Schichten, auf diesen aufbauende Architekturen, Initialisierung des Trainings sowie als Anwendung die Semantische Segmentierung vorgestellt. Zur Nachbearbeitung der Segmentierung werden graphische Modelle und zur Verarbeitung binärer Bilder (nur zwei Grauwerte) werden Verfahren der mathematischen Morphologie dargestellt. Auf Grundlage der vorgestellten Techniken werden Merkmale in Form von 1D-Kanten / Linien und 2D Flächen extrahiert. Für Flächen wird die Umsetzung in Vektoren inkl. Graphbildung und Polygonapproximation aufgezeigt.

Die Vorlesung **Computer Vision – Image Understanding** führt zuerst in die aussehensbasierte Objektextraktion auf Grundlage kleiner Bildausschnitte sowie deren Anordnung ein. Die statistische Objektmodellierung beruht auf a priori Annahmen (Priors). Der Vergleich von Modell und realem Bild führt zu Likelihoods, die zusammen mit den Priors zur MAP (Maximum a posteriori) Schätzung genutzt werden. Als Beispiele werden die Extraktion von Gebäudefassaden und Vegetation aus terrestrischen Daten sowie die Verfolgung von Personen in Videos von Fahrzeugen aus dargestellt. Die traditionelle KI-Modellbildung mit Objekten (Geometrie und Radiometrie), Relationen, Kontext und Ebenen der Extraktion wird anhand der Extraktion von Straßen aus Luftbildern illustriert. Die Nutzung von CNNs wird mittels der Gebäudeextraktion sowie Cycle GANs (Generative Adversarial Network) dargestellt. Für die Objektdetektion werden Grundlagen, die Detektion von Flugzeugen in hoch aufgelösten Satellitenbildern sowie Erweiterungen in Richtung Multi-Task Learning, Self-Supervised Learning, Large Language Models und Explainable AI präsentiert. Abschließend werden Transformer, deren Nutzung zur Generierung von Merkmalen für Bilder sowie weiterführende

Gedanken zum Maschinellen Lernen präsentiert. Weitere Anwendungen werden in Seminarvorträgen vorgestellt und diskutiert.

Die Vorlesung **3D-Computer Vision** legt zuerst Grundlagen der projektiven Geometrie. Für das Einzelbild wird die Modellierung mittels Projektionsmatrix und Kollinearitätsgleichung dargestellt und daraus die Rekonstruktion der Pose auf Grundlage der Direkten Linearen Transformation und die hoch genaue Bündellösung abgeleitet. Die relative Pose des Bildpaars kann mittels Fundamentalmatrix, essentieller Matrix und Homographie direkt bestimmt werden. Daneben wird auch die hoch genaue Bündellösung dargestellt. Für drei und mehr Bilder wird der Trifokaltensor vorgestellt. Da reale Kameras nicht der idealen Zentralperspektive entsprechen, wird auf Objektivfehler eingegangen. Um die Pose schätzen zu können, sind korrespondierende Punkte in den Bildern notwendig. Hierfür werden Grundlagen des optischen Flusses und der Bildzuordnung dargestellt. Darauf aufbauend wird dargestellt, wie die Pose für Bildpaare, -tripel und -mengen automatisch geschätzt werden kann und welche Probleme hierbei auftreten. Zuletzt werden an Hand der Poseschätzung für Tausende oder sogar Millionen von Bildern von Unmanned Aircraft Systems (UAS) und vom Boden aus Möglichkeiten aber auch Probleme dargestellt.

Literatur

- Davies, E.R. & Turk, M. (2021): Advanced Methods and Deep Learning in Computer Vision, Academic Press, London, Großbritannien.
- Förstner, W. & Wrobel, B.P. (2016): Photogrammetric Computer Vision, Springer Nature, Cham, Schweiz.
- Szeliski, R. (2022): Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, London, Großbritannien.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (normalerweise am Ende des HT). Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul, Vertiefung Geoinformatik, Master Informatik
- Anwendungsmodul, Anwendungsfachmodule Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften, Master Informatik
- Wahlpflichtmodul, Vertiefungsfeld Anwendungssysteme und E-Business, Master Wirtschaftsinformatik

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester.
Das Modul ist für das Frühjahrs- und Herbsttrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Sonstige Bemerkungen
Die Vorlesungen und Übungen Computer Vision – Basics sowie 3D-Computer Vision liegen im Frühjahrstrimester und die Vorlesungen und Übungen von Computer Vision – Image Understanding liegen im Herbsttrimester im 1. Studienjahr

Modulname	Modulnummer
Ausgewählte Kapitel des OR: Data-driven Optimization	2994

Konto	WPFL Vert.: GEO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Juniorprof. Dr. rer. nat. Maximilian Moll	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
29941	VÜ	Ausgewählte Kapitel des Data-driven Optimization	Pflicht	3
29942	VÜ	Quantum Machine Learning & Optimization	Wahlpflicht	3
29943	SE	Seminar: Ausgewählte Kapitel des OR	Wahlpflicht	3
29944	P	Praktikum: Ausgewählte Kapitel des OR	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen

Grundlegende Kenntnisse in Methoden des Operations Research und des Data Minings oder der Statistik werden vorausgesetzt.

Qualifikationsziele

Studierende sollen in die Lage versetzt werden, sich selbstständig mit neuartigen Methoden der data-driven Optimization in Theorie und Praxis auseinander zu setzen. Hierzu sollen sie im Rahmen der Vorlesung, sowie vertiefend in Seminar und Praktikum, verschiedene Methoden analysieren und anwenden.

Hierbei soll nicht nur die Fähigkeit entwickelt werden Ansätze auf ihre theoretische Richtigkeit und praktische Anwendbarkeit zu beurteilen, sondern diese auf ein Problem hin anpassen zu können.

Schließlich soll das Identifizieren geeigneter Probleme und passender Lösungsansätze geschult werden.

Inhalt

Data-driven Optimization beschäftigt sich zukunftsweisend mit der Kombination von klassischen Optimierungsmethoden und daten-basierten Ansätzen. Im Gegensatz zu der klassischen Optimierung der letzten Jahrhunderte, die ausgehend von einem zu optimierenden Modell eine Lösung sucht, bietet das Data-driven Optimization die Möglichkeit, ohne eine exakte mathematische Abstrahierung des zugrunde liegenden Modells Optimierungsmethoden anzuwenden.

Das Modul bietet aufbauend auf dem vorhandenen Grundwissen einen vertiefenden Einblick in ausgewählte Themengebiete des data-driven Optimization. Neben der grundlegenden Problematik werden Themen aus dem Reinforcement Learning, Prescriptive Analytics und der konvexen Optimierung unter Unsicherheit behandelt.

Das Reinforcement Learning ist neben Supervised und Unsupervised Learning das dritte Teilgebiet des Machine Learnings und beschäftigt sich mit daten-basierten Ansätzen zu Problemen der klassischen Kontrolltheorie. Hierbei soll im Modul auch die Anwendung auf praxis-relevante Probleme herausgestellt werden, die über die bekannten Lösungen von Spielen, wie z.B. Go, hinausgehen.

Prescriptive Analytics stellt aufbauend auf Descriptive und Predictive Analytics die nützlichste und schwerste Stufe des Data Science dar. Hier müssen nicht nur datan-basierte Vorhersagen getroffen werden, sondern das zukünftige System auf eine gegebene Zielvorstellung hin optimiert werden. In der Vorlesung werden verschiedene grundsätzliche Herangehensweisen mit ihren Vor- und Nachteilen diskutiert, sowie die Abgrenzung zu Predictive Analytics konkretisiert.

Die konvexe Optimierung stellt ein zentrales Element des Operations Research und der modernen Entscheidungsunterstützung dar. In vielen Fällen sind jedoch die Parameter der Optimierungsmodelle nicht explizit bekannt, sondern müssen zunächst aus Daten abgeleitet werden. Die Vorlesung thematisiert, wie sich dies auf die zu wählenden Optimierungsverfahren auswirken muss.

Das Seminar greift aktuelle Publikationen zu den Themen der Vorlesung auf.

Im Praktikum setzen sich die Studierenden mit einer konkreten, praxis-nahen Problemstellung des data-driven Optimization auseinander.

In der Vorlesung Quantum Machine Learning and Optimization wird spezifisch auf die Verwendung von Quantum Computern für effizientere Algorithmen im Kontext der NISQ-Maschinen eingegangen.

Im Praktikum werden die Studierenden an die Lösung eines konkreten RL-Problems unter praxis-nahen Bedingungen herangeführt. Hierfür wird Ihnen ein entsprechendes Environment gestellt. Während jeder Student sich mit einem anderen konkreten Algorithmus aus der Vorlesung beschäftigt, werden sie durch verschiedenen Arbeitsschritte geführt. Abschließend werden die Performances der verschiedenen trainierten Algorithmen verglichen – der Vergleich untereinander dient dabei als Teil der Lernerfahrung, nicht aber der Bewertung.

Literatur

- Sutton, Richard S., and Andrew G. Barto. *Reinforcement learning: An introduction.* MIT press, 2018.
- Jacquier, Antoine, et al.*Quantum Machine Learning and Optimisation in Finance: On the Road to Quantum Advantage*. Packt Publishing Ltd, 2022

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfelder Software- und Informationsmanagement, Geoinformatik sowie Modellierung, Operations Research, Simulation und Experimentation, außerdem im Anwendungsfach Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang WIN, Vertiefungsfeld Technologie-und Innovationsmanagement • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang CYB, Vertiefungsfelder Enterprise Security, Public Security sowie Security Intelligence
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester. Es beginnt immer im Frühjahrstrimester.
Sonstige Bemerkungen
Zum Absolvieren des Moduls sind neben der Pflichtveranstaltung "Ausgewählte Kapitel des Data-driven Optimization" zwei der drei Wahlpflichtveranstaltungen zu belegen.

Modulname	Modulnummer
Fernerkundung	4044

Konto	WPFL Vert.: GEO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10554	VÜ	Radarfernerkundung	Wahlpflicht	3
11471	VÜ	Optische Fernerkundung	Wahlpflicht	3
11521	VÜ	Computer Vision	Wahlpflicht	3
19382	VÜ	3D Computer Vision	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

- Grundkenntnisse in linearer Algebra und Statistik
- Grundkenntnisse zu Geoinformatik und Visual Computing, wie sie im Modul "Geoinformatik und Visual Computing" vermittelt werden

Qualifikationsziele

In der Vorlesung mit Übung **Radarfernerkundung** sind die Studierenden nach Bestehen des Moduls in der Lage, moderne Fernerkundungsverfahren und -sensoren aus dem Bereich der Radarfernerkundung darzustellen und zu vergleichen, die Systemtechniken und die wesentlichen Auswerteverfahren zu unterscheiden, die komplette Prozessierungskette der Radarfernerkundung zu beschreiben, die notwendigen Schritte vom rohen Radarsignal zum fokussierten SAR-Bild, von fokussierten SAR-Bildern zu abgeleiteten Produkten wie Höhen- oder Veränderungskarten zu strukturieren, sowie die vielfältigen zivilen und militärischen Anwendungsbereiche zu benennen.

In der Vorlesung mit Übung **Optische Fernerkundung** erhalten die Studierenden eine Übersicht über Sensoren und Techniken inkl. deren derzeitiger Leistungsfähigkeit.
Sie erwerben Wissen darüber, wie Bilder systematisch aufgenommen werden und mittels dichter Bildzuordnung sowie 3D-Rekonstruktion detaillierte Oberflächen aus Bilddaten u.a. auf Grundlage von Convolutional Neural Networks (CNNs) erzeugt werden können. Sie wissen, wie durch photogrammetrischer Erfassung, 2D- und 3D-Objekte für Geoinformationssysteme (GIS), wie z.B. Straßen, Gebäude und Vegetation, aus Luftbildern erfasst werden können. Die Studierenden kennen Anwendungen

insbesondere im Bereich Vegetation und die in diesem Bereich verwendeten spektralen Eigenschaften und besitzen einen Überblick über die militärische Fernerkundung.

Mittels der Vorlesung und den Übungen zu **3D-Computer Vision** erwerben Studierende vertieftes Wissen über die Rekonstruktion von 3D-Geometrie aus perspektiven Bildern. Sie kennen verschiedene Techniken, die eine Poseschätzung mit und ohne Wissen über den Aufbau der Kamera (Kalibrierung) ermöglichen. Sie können diese zusammen mit Wissen über Bildzuordnung und robusten statistischen Verfahren anwenden, um die relative Pose für Bildpaare auch bei groben Fehlern in der Zuordnung zu schätzen. Damit sind die Studierenden grundsätzlich in der Lage, die Posen für weit auseinander liegende Aufnahmen (wide-baseline) auch für Bildtriplets und Mengen von Tausenden oder sogar Millionen Bildern zu bestimmen.

Inhalt

Die Vorlesung **Radarfernerkundung** beschäftigt sich mit:

- Grundlagen der Radartechnik
- Synthetik-Apertur-Prinzip
- Eigenschaften von SAR-Bildern
- weiterführende SAR-Datenverarbeitung (z.B. SAR-Interferometrie)

Die Vorlesung **Optische Fernerkundung** stellt zuerst verschiedene Aufnahmesysteme vor. Diese erfassen Bilder in Form von Punkten, Linien und Flächen mittels Sensoren auf Flugzeugen und Satelliten im sichtbaren und im infraroten Bereich. Dazu kommen Hyperspektralsensoren, die ihren Schwerpunkt auf der spektralen Information haben. Aus Bildern, die von unterschiedlichen Punkten aus aufgenommen wurden, kann mittels dichter Bildzuordnung und 3D-Rekonstruktion detaillierte Information über Oberflächen gewonnen werden. Letztere können auch auf Grundlage von Einzelbildern mit CNNs sowie mittels Laserscanning erzeugt werden. Bilder und 3D-Information sind die Grundlage für die Erfassung von Objekten für GIS. Zusätzlich wird ein Ansatz zur automatischen Rekonstruktion von 3D-Gebäuden wiederum auf Grundlage von CNNs vorgestellt. Der Schwerpunkt der vorgestellten Anwendungen liegt auf der Erzeugung von Vegetationsinformation. Hierzu wird die Bedeutung von Daten im nahen Infrarot aufgezeigt und es werden Indizes vorgestellt, die spezifische Eigenschaften von Vegetation beschreiben. Zuletzt wird ein Überblick über militärische Fernerkundung gegeben.

Die Vorlesung **3D-Computer Vision** legt zuerst Grundlagen der projektiven Geometrie. Für das Einzelbild wird die Modellierung mittels Projektionsmatrix und Kollinearitätsgleichung dargestellt und daraus die Rekonstruktion der Pose auf Grundlage der Direkten Linearen Transformation und die hoch genaue Bündellösung abgeleitet. Die relative Pose des Bildpaars kann mittels Fundamentalmatrix, essentieller Matrix und Homographie direkt bestimmt werden. Daneben wird auch die hoch genaue Bündellösung dargestellt. Für drei und mehr Bilder wird der Trifokaltensor vorgestellt. Da reale Kameras nicht der idealen Zentralperspektive entsprechen, wird auf Objektivfehler

eingegangen. Um die Pose schätzen zu können, sind korrespondierende Punkte in den Bildern notwendig. Hierfür werden Grundlagen des optischen Flusses und der Bildzuordnung dargestellt. Darauf aufbauend wird dargestellt, wie die Pose für Bildpaare, -tripel und -mengen automatisch geschätzt werden kann und welche Probleme hierbei auftreten. Zuletzt werden an Hand der Poseschätzung für Tausende oder sogar Millionen von Bildern von Unmanned Aircraft Systems (UAS) und vom Boden aus Möglichkeiten aber auch Probleme dargestellt.

Literatur

- Davies, E.R. & Turk, M. (2021): Advanced Methods and Deep Learning in Computer Vision, Academic Press, London, Großbritannien.
- Förstner, W. & Wrobel, B.P. (2016): Photogrammetric Computer Vision, Springer Nature, Cham, Schweiz.
- Szeliski, R. (2022): Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, London, Großbritannien.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer (normalerweise am Ende des WT). Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul, Vertiefung Geoinformatik, Master Informatik
- Wahlpflichtmodul, Vertiefungsfeld Anwendungssysteme und E-Business, Master Wirtschaftsinformatik

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester. Das Modul findet jedes Studienjahr im Frühjahrs- und im Wintertrimester statt. Das Modul ist für das Frühjahrstrimester im 1. Studienjahr und das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Sonstige Bemerkungen

Die Vorlesungen und Übungen 3D-Computer Vision liegen im Frühjahrstrimester des 1. Studienjahrs und die Vorlesungen und Übungen von Optische Fernerkundung sowie Radarfernerkundung liegen im Wintertrimester im 2. Studienjahr

Modulname	Modulnummer
Fernerkundung (erweitert)	4045

Konto	WPFL Vert.: GEO - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10554	VÜ	Radarfernerkundung	Wahlpflicht	3
11471	VÜ	Optische Fernerkundung	Wahlpflicht	3
11521	VÜ	Computer Vision	Wahlpflicht	3
19382	VÜ	3D Computer Vision	Wahlpflicht	3
34461	VÜ	Statistische Computer Vision	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen

- Grundkenntnisse in linearer Algebra und Statistik
- Grundkenntnisse zu Geoinformatik und Visual Computing, wie sie im Modul "Geoinformatik und Visual Computing" vermittelt werden

Qualifikationsziele

In der Vorlesung mit Übung **Radarfernerkundung** sind die Studierenden nach Bestehen des Moduls in der Lage, moderne Fernerkundungsverfahren und -sensoren aus dem Bereich der Radarfernerkundung darzustellen und zu vergleichen, die Systemtechniken und die wesentlichen Auswerteverfahren zu unterscheiden, die komplette Prozessierungskette der Radarfernerkundung zu beschreiben, die notwendigen Schritte vom rohen Radarsignal zum fokussierten SAR-Bild, von fokussierten SAR-Bildern zu abgeleiteten Produkten wie Höhen- oder Veränderungskarten zu strukturieren, sowie die vielfältigen zivilen und militärischen Anwendungsbereiche zu benennen.

In der Vorlesung mit Übung **Optische Fernerkundung** erhalten die Studierenden eine Übersicht über Sensoren und Techniken inkl. deren derzeitiger Leistungsfähigkeit.
Sie erwerben Wissen darüber, wie Bilder systematisch aufgenommen werden und mittels dichter Bildzuordnung sowie 3D-Rekonstruktion detaillierte Oberflächen aus Bilddaten u.a. auf Grundlage von Convolutional Neural Networks (CNNs) erzeugt werden können. Sie wissen, wie durch photogrammetrischer Erfassung, 2D- und 3D-Objekte für Geoinformationssysteme (GIS), wie z.B. Straßen, Gebäude und Vegetation, aus Luftbildern erfasst werden können. Die Studierenden kennen Anwendungen

insbesondere im Bereich Vegetation und die in diesem Bereich verwendeten spektralen Eigenschaften und besitzen einen Überblick über die militärische Fernerkundung.

Mittels der Vorlesung und den Übungen zu **3D-Computer Vision** erwerben Studierende vertieftes Wissen über die Rekonstruktion von 3D-Geometrie aus perspektiven Bildern. Sie kennen verschiedene Techniken, die eine Poseschätzung mit und ohne Wissen über den Aufbau der Kamera (Kalibrierung) ermöglichen. Sie können diese zusammen mit Wissen über Bildzuordnung und robusten statistischen Verfahren anwenden, um die relative Pose für Bildpaare auch bei groben Fehlern in der Zuordnung zu schätzen. Damit sind die Studierenden grundsätzlich in der Lage, die Posen für weit auseinander liegende Aufnahmen (wide-baseline) auch für Bildtriplets und Mengen von Tausenden oder sogar Millionen Bildern zu bestimmen.

In der Vorlesung mit Übungen **Statistische Computer Vision** erhalten die Studierenden vertieftes Wissen über statistische Modelle und ihre Anwendung in der geometrischen Dateninterpretation und Modellbildung. Erweiterte Kenntnisse in Bayes ´scher Statistik sowie Markoff Modellen führen zu einem tieferen Verständnis der abgeleiteten Modellbildungs- und Optimierungstechniken. Die Studierenden kennen für Anwendungsbeispiele mit verschiedenen Quelldaten die Vorteile hinsichtlich Plausibilität und Effizienz, die statistische Ansätze für die Verarbeitung komplizierter Objekte / Geometrien besitzen.

Inhalt

Die Vorlesung **Radarfernerkundung** beschäftigt sich mit:
- Grundlagen der Radartechnik
- Synthetik-Apertur-Prinzip
- Eigenschaften von SAR-Bildern
- weiterführende SAR-Datenverarbeitung (z.B. SAR-Interferometrie)

Die Vorlesung **Optische Fernerkundung** stellt zuerst verschiedene Aufnahmesysteme vor. Diese erfassen Bilder in Form von Punkten, Linien und Flächen mittels Sensoren auf Flugzeugen und Satelliten im sichtbaren und im infraroten Bereich. Dazu kommen Hyperspektralsensoren, die ihren Schwerpunkt auf der spektralen Information haben. Aus Bildern, die von unterschiedlichen Punkten aus aufgenommen wurden, kann mittels dichter Bildzuordnung und 3D-Rekonstruktion detaillierte Information über Oberflächen gewonnen werden. Letztere können auch auf Grundlage von Einzelbildern mit CNNs sowie mittels Laserscanning erzeugt werden. Bilder und 3D-Information sind die Grundlage für die Erfassung von Objekten für GIS. Zusätzlich wird ein Ansatz zur automatischen Rekonstruktion von 3D-Gebäuden wiederum auf Grundlage von CNNs vorgestellt. Der Schwerpunkt der vorgestellten Anwendungen liegt auf der Erzeugung von Vegetationsinformation. Hierzu wird die Bedeutung von Daten im nahen Infrarot aufgezeigt und es werden Indizes vorgestellt, die spezielle Eigenschaften von Vegetation beschreiben. Zuletzt wird ein Überblick über militärische Fernerkundung gegeben.

Die Vorlesung **3D-Computer Vision** legt zuerst Grundlagen der projektiven Geometrie. Für das Einzelbild wird die Modellierung mittels Projektionsmatrix und Kollinearitätsgleichung dargestellt und daraus die Rekonstruktion der Pose auf Grundlage der Direkten Linearen Transformation und die hoch genaue Bündellösung abgeleitet. Die relative Pose des Bildpaars kann mittels Fundamentalmatrix, essentieller Matrix und Homographie direkt bestimmt werden. Daneben wird auch die hoch genaue Bündellösung dargestellt. Für drei und mehr Bilder wird der Trifokaltensor vorgestellt. Da reale Kameras nicht der idealen Zentralperspektive entsprechen, wird auf Objektivfehler eingegangen. Um die Pose schätzen zu können, sind korrespondierende Punkte in den Bildern notwendig. Hierfür werden Grundlagen des optischen Flusses und der Bildzuordnung dargestellt. Darauf aufbauend wird dargestellt, wie die Pose für Bildpaare, -tripel und -mengen automatisch geschätzt werden kann und welche Probleme hierbei auftreten. Zuletzt werden an Hand der Poseschätzung für Tausende oder sogar Millionen von Bildern von Unmanned Aircraft Systems (UAS) und vom Boden aus Möglichkeiten aber auch Probleme dargestellt.

Die Vorlesung mit Übungen **Statistische Computer Visio**n beschäftigt sich mit der Verarbeitung von geometrischen Messdaten auf Grundlage von statistischen Modellen. Die Schwerpunkte liegen auf dreidimensionaler (3D) Objektdetektion und Szeneninterpretation. Zuerst werden Grundlagen von Bayesscher Statistik und Markoff Modellen gelegt. Bei der generativen Modellierung werden die geometrischen Primitive statistisch parametrisiert. Die verbesserte Flexibilität und Leistungsfähigkeit in Objektdetektion und -rekonstruktion werden dargestellt. Modellselektion, die auf Informationsentropie und Bayesscher Inferenz aufbaut, ermöglicht die Auswertung von Modellen unterschiedlicher Komplexität. Als Anwendungsbeispiele werden Baumextraktion, Gebäuderekonstruktion, Fensterdetektion, und Indoorsegmentierung präsentiert. Dabei werden verschiedene Messdaten — LIDAR, Bilder, und RGB-D Daten — verwendet und damit die Vorteile von statistischen Modellen demonstriert.

Literatur

- Davies, E.R. & Turk, M. (2021): Advanced Methods and Deep Learning in Computer Vision, Academic Press, London, Großbritannien.
- Förstner, W. & Wrobel, B.P. (2016): Photogrammetric Computer Vision, Springer Nature, Cham, Schweiz.
- Szeliski, R. (2022): Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, London, Großbritannien.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten dauer (normalerweise am Ende des WT). Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul, Vertiefung Geoinformatik, Master Informatik

- Wahlpflichtmodul, Vertiefungsfeld Anwendungssysteme und E-Business, Master Wirtschaftsinformatik

Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester. Das Modul findet jedes Studienjahr im Frühjahrs- und im Wintertrimester statt. Das Modul ist für das Frühjahrstrimester im 1. Studienjahr und das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.
Sonstige Bemerkungen
Die Vorlesungen und Übungen 3D-Computer Vision liegen im Frühjahrstrimester des 1. Studienjahrs und die Vorlesungen und Übungen von Optische Fernerkundung, Radarfernerkundung, sowie Statistische Computer Vision liegen im Wintertrimester im 2. Studienjahr

Modulname	Modulnummer
Analytische Modelle	1032

Konto	WPFL Vert. MORSE - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Siegle	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	96	174	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10321	VÜ	Quantitative Modelle	Pflicht	5
10322	VÜ	Verlässliche Systeme	Wahlpflicht	3
10323	VÜ	Zuverlässigkeitstheorie	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				8

Empfohlene Voraussetzungen

Wahrscheinlichkeitsrechnung auf Bachelor-Niveau wird vorausgesetzt. Voraussetzung ist ferner eine Vertrautheit mit Grundlagen der Architektur und des Entwurfs von Rechen- und Kommunikationssystemen.

Qualifikationsziele

Die Studierenden lernen, ein existierendes oder geplantes reales System auf ein Modell abzubilden und anhand des Modells Aussagen über die zu erwartende Leistungsfähigkeit und/oder Zuverlässigkeit zu machen. Sie werden in die Lage versetzt, die Zusammenhänge zwischen den diversen Parametern eines Systems und den zu erwartenden Leistungs- und Zuverlässigkeitskenngrößen zu verstehen. Die Studierenden sollten nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul in der Lage sein, (Rechner-)Systeme performanter und verlässlicher zu entwerfen, bzw. existierende Systeme bezüglich Performance und Verlässlichkeit bewerten zu können.

Inhalt

Neben der Frage, ob ein Rechen- oder Kommunikationssystem seine funktionalen Anforderungen korrekt und vollständig erfüllt, spielt die Frage nach der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Systems eine zentrale Rolle. Modelle mit stochastischem Charakter sind ein wichtiges Hilfsmittel für die Leistungs- und Zuverlässigkeitsbewertung von Systemen.

In diesem Modul werden die Grundlagen solcher Modelle und ihrer quantitativen Analyse behandelt. Im Pflichtteil "Quantitative Modelle" werden einfache stochastische Prozesse, insbesondere Markov-Prozesse mit diskretem oder stetigem Zeitparameter eingeführt. Es werden wichtige Leistungs- und Zuverlässigkeitskenngrößen definiert und bestimmt. Wichtige Gesetzmäßigkeiten, wie das Gesetz von Little, werden erläutert. Es werden unterschiedliche Typen von Bediensystemen betrachtet, und schließlich verschiedene

Verfahren für die Analyse von Warteschlangennetzen und die numerische Analyse von Markovketten vorgestellt.

Die Wahlpflicht-Lehrveranstaltung "Verlässliche Systeme" fokussiert insbesondere auf Fehlertoleranz-Methoden und deren Bewertung zur Erhöhung der Systemzuverlässigkeit solcher Systeme. Neben zentralen Begrifflichkeiten werden Modellierungsmethoden wie Fehlerbäume, Zuverlässigkeitsblockdiagramme und Markov-Modelle für Systeme mit und ohne Reparaturen thematisiert.

In der alternativen Wahlpflicht-Lehrveranstaltung "Zuverlässigkeitstheorie" werden strukturelle Eigenschaften kohärenter Systeme betrachtet, d.h. die Funktionstüchtigkeit des Systems wird in Beziehung zur Funktionstüchtigkeit seiner Komponenten gesetzt. Die Studierenden lernen Methoden und Ansätze kennen, mit denen z.B. das Ausfall- und Überlebensverhalten von einzelnen Bauteilen oder Geräten (die als ein vernetztes System von Bauteilen aufgefasst werden können) modelliert und analysiert werden können.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Angesichts der hohen Leistungs- und Zuverlässigkeitsanforderungen an informationsverarbeitende Systeme in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen (z.B. verteilte eingebettete Systeme, Prozesssteuerungen, sicherheitskritische Systeme, Workflow-Systeme oder paralleles wissenschaftliches Rechnen) bilden die erworbenen Kenntnisse einen wichtigen Bestandteil der Ausbildung von Informatikern.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester.
Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester.
Als Startzeitpunkt ist das Frühjahrstrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Sonstige Bemerkungen

In diesem Modul ist neben der Pflichtveranstaltung (mit Übung) eine der beiden Wahlpflichtveranstaltungen (mit Übung) zu wählen.

Modulname	Modulnummer
Simulationstechnik	1033

Konto	WPFL Vert. MORSE - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Oliver Rose	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	96	174	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10244	P	Praktikum Modellbildung und Simulation	Wahlpflicht	4
10331	VÜ	Parallele und verteilte Simulation	Pflicht	3
10332	VÜ	Entscheidungsunterstützende Modellbildung und Simulation	Wahlpflicht	3
10333	VÜ	Moderne Heuristiken	Wahlpflicht	3
10334	VÜ	Verifikation und Validierung von Modellen	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				7

Empfohlene Voraussetzungen

Grundlegende Kenntnisse zu Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik sowie zu Simulation, wie sie beispielsweise in den entsprechenden Modulen im Bachelor Informatik oder Master Informatik vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Ziel der Lehrveranstaltungen dieses Moduls ist es, den Studierenden - auf der Basis profunder Kenntnisse der Simulation im Allgemeinen - spezielle Techniken aus den Gebieten parallele und verteilte Simulation, heuristische Optimierungsverfahren, Verifikation und Validierung sowie Entscheidungsunterstützungsverfahren zu vermitteln. Insbesondere sollen die Studierenden dabei lernen, wie sie komplexe Simulationsmodelle durch diese besonderen Techniken verbessern können, um Probleme zu lösen, die rein analytisch oder mit Standardmethoden nicht mehr beherrschbar sind.

Inhalt

In den Lehrveranstaltungen dieses Moduls werden Kenntnisse der Computersimulation unter besonderer Berücksichtigung spezieller Modellierungsziele und Verwendungszwecke in der Praxis methodisch vertieft. Dabei handelt es sich um:

- die verteilte oder parallele Ausführung von Simulationsmodellen auf mehreren Prozessoren oder Rechnern aus Gründen der Erhöhung der Leistungsfähigkeit oder auch der Zuverlässigkeit (Parallele und verteilte Simulation),

- Maßnahmen zur Sicherstellung der Glaubwürdigkeit, Gültigkeit und Qualität von Modellen und deren Ergebnissen hinsichtlich eines bestimmten Verwendungszwecks (Verifikation und Validierung von Modellen),
- Vorgehensweisen, Paradigmen und Methoden zum Einsatz von Simulation als Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung, welche meist unter Annahmen über die Realsysteme zu erfolgen hat und zu Ergebnissen führen muss, die dem Anwender plausibel erscheinen (Entscheidungsunterstützende Modellbildung und Simulation),
- heuristische Verfahren, die zur Optimierung von Simulationsergebnissen und Eingabeparameter insbesondere bei komplexen Modellen unverzichtbar geworden sind (Moderne Heuristiken).

Im Praktikum sollen gegebenenfalls einzelne dieser Methoden im Rahmen eines Beispiels umgesetzt werden.

Literatur

- Dörner, Dietrich (2006). Die Logik des Misslingens. Rowohlt.
- Fujimoto, Richard M. (2000). Parallel and Distributed Simulation Systems. Wiley.
- Laux, Helmut (2007). Entscheidungstheorie. Springer
- Michalewicz, Zhigniew & Fogel, David B. (2004). How to Solve It: Modern Heuristics (2. ed.). Springer.
- Strickland, Jeffrey (2014). Verification and Validation for Modeling and Simulation. Lulu.com

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen dieses Wahlpflichtmoduls ermöglicht den Studierenden die Übernahme einer Master-Arbeit auf den durch die Module adressierten speziellen Feldern der Modellbildung und Simulation. Zudem sind die Inhalte des Moduls erfahrungsgemäß von besonderer Bedeutung, wenn in der beruflichen Praxis komplexe Simulationsmodelle zum Einsatz kommen.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 3 Trimester.
Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.
Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Sonstige Bemerkungen

Neben der Pflichtveranstaltung sind entweder zwei Wahlpflichtveranstaltungen oder das Praktikum zu wählen. Je nach Kombination der Veranstaltungen, ergibt sich die TWS-Summe 7 bzw. 9.

Modulname	Modulnummer
Praxisprojekt	1163

Konto	WPFL Vert. MORSE - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Siegle	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
360	0	360	12

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11631	P	Praxisprojekt	Pflicht	1
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				1

Empfohlene Voraussetzungen
Von den Studierenden werden erste Vorkenntnisse im Vertiefungsfeld, in dem das Praktikum angesiedelt ist, erwartet. Diese werden z.B. in den Veranstaltungen des Vertiefungsfeldes im WT und FT des ersten Studienjahres vermittelt.

Qualifikationsziele
Die Studierenden gewinnen Erfahrung in realen industriellen oder organisatorischen Projekten. Sie bekommen Einblick in die Durchführung und das Management realer Projekte im Umfeld dem gewählten Vertiefungsfeld.

Inhalt
Das Praktikum besteht aus der aktiven Mitarbeit in realen Projekten, in denen es um aktuelle Fragestellungen oder Anwendungen aus dem gewählten Vertiefungsfeld geht. Der Teilnehmer bearbeitet eigenständig eines oder mehrere Teilprobleme. Das Praktikum kann in einem Industriebetrieb, bei einer Behörde oder einer Dienststelle durchgeführt werden. Das Praxisprojekt kann nicht an der Universität der Bundeswehr durchgeführt werden.

Leistungsnachweis
Portfolio (Bearbeitungszeitraum 10 bis 12 Wochen; siehe auch Sonstige Bemerkungen): Die Praktikums-Tätigkeit wird in einem ausführlichen Praktikumsbericht mit einer Länge von 20 bis 40 Seiten beschrieben und in einem etwa halbstündigen Vortrag mit anschließender Diskussion / Befragung vorgestellt. Falls mehrere Studierende Praktika innerhalb desselben Betriebs / Projekts ablegen, sind getrennte Ausarbeitungen und Vorträge erforderlich. Praktikumsbericht und Vortrag ergeben zusammen die Noten für den Leistungsnachweis des Moduls. Die Leistungen in Praktikumsbericht und Vortrag gehen im Verhältnis 50 zu 50 in die Note ein.

Verwendbarkeit
Die praktische Erfahrung ist eine wichtige Grundlage für die berufliche Tätigkeit nach dem Studium. Auch für den weiteren Verlauf des Master-Studiums, insbesondere die Master-Arbeit, ist diese Erfahrung von großem Vorteil. Das Praxisprojekt ist Pflicht für das Master-Vertiefungsfeld MORSE, es kann aber auch in andere Vertiefungsfelder eingebracht werden, wenn der Aufgabensteller / Betreuer Dozent in dem jeweiligen Vertiefungsfeld ist.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils in der vorlesungsfreien Zeit. Als Startzeitpunkt ist die vorlesungsfreie Zeit im 1. Studienjahr vorgesehen.
Sonstige Bemerkungen
Es wird eine mindestens 6-wöchige Vollzeittätigkeit bei einem Unternehmen oder einer Dienststelle erwartet. Die Workload ergibt sich aus der 6-wöchigen Tätigkeit plus Vor- und Nachbereitung. Das eigentliche Praktikum bedarf einer gründlichen Vorbereitung, während dessen der/die Studierende sich in die Thematik einarbeitet. Die Nachbereitung umfasst die Erstellung eines ausführlichen Berichts und die Vorbereitung und Durchführung eines Vortrags.

Modulname	Modulnummer
Operations Research, Complex Analytics and Decision Support Systems (ORMS I)	1490

Konto	WPFL Vert. MORSE - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Stefan Pickl	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10333	VÜ	Moderne Heuristiken	Wahlpflicht	3
12325	P	Praktikum Operations Research - Entscheidungsunterstützung II	Wahlpflicht	3
12326	SE	Seminar Ausgewählte Kapitel des Operations Research II	Wahlpflicht	3
14901	VÜ	Ausgewählte Kapitel des Operations Research und der Entscheidungstheorie	Pflicht	3
149010	VÜ	Spieltheorie: Einführung in die mathematische Theorie strategischer Spiele	Wahlpflicht	3
149014	B	Geschichte des Operations Research	Wahlpflicht	3
14902	VÜ	Diskrete Optimierung	Wahlpflicht	3
14904	VÜ	Scheduling	Wahlpflicht	3
14905	VÜ	Schwarmbasierte Verfahren	Wahlpflicht	3
14906	VÜ	Soft Computing A: Management Science and Complex System Analysis - System Dynamics and Strategic Planning	Wahlpflicht	3
14907	VÜ	Soft Computing B: Fuzzy Systems - Network Operations	Wahlpflicht	3
14908	VÜ	Soft Computing C: Natural Computing - Evolutionary Algorithms	Wahlpflicht	3
14909	VÜ	Soft Computing D: Neural Networks and Network Analysis	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse in Mathematik und Informatik; insbesondere elementare Kenntnisse der Linearen Algebra.

Qualifikationsziele

Studierende sollen in die Lage versetzt werden, Probleme im Bereich der industriellen Anwendung, der öffentlichen Verwaltung, der internationalen Konflikte und des strategischen Managements als Operations Research zugehörige Probleme zu identifizieren und mit geeigneten Modellen und Lösungsverfahren zu behandeln.

Es ist das Ziel dieses Moduls, dass die Studierenden sicher mit den Standardverfahren des Operations Research und der Computational Intelligence umgehen können. Im Rahmen des heutigen unterstützenden Rechnereinsatzes sollen Sie in der Lage sein, zukünftige Potentiale zu erkennen und damit verbundene Komplexitätsaspekte im Ramen eines modernen Komplexitätsmanagements mit Methoden des Soft Computing kompetent zu behandeln.

Inhalt

Die Veranstaltung führt in das weite fachliche Gebiet des Operations Research ein. Der quantitativen Beschreibung und Lösung von komplexen Entscheidungsproblemen kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu (Operations Research im engeren Sinne). Ferner wird auf die Entwicklung von algorithmischen Verfahren und Lösungsstrategien großen Wert gelegt (im Rahmen einer anwendungsbetonten Mathematischen Programmierung/ Computational Intelligence). Die behandelten Modelle und Verfahren werden exemplarisch aus dem Bereich der industriellen Anwendung, der öffentlichen Verwaltung, der internationalen Konflikte und des strategischen Managements gewählt werden.

Das Gebiet "Computational Intelligence" umfasst Methoden der sogenannten subsymbolischen Informationsverarbeitung. Auch wenn derzeit noch keine allgemeingültige genaue wissenschaftliche Definition dieses Begriffes existiert, so dient er dazu, die Gebiete "Evolutionary Computation", "Fuzzy Computation" und "Neural Computation" zusammenzufassen. "Computational Intelligence" betont zum einen den algorithmischen Aspekt und zum anderen die Fundierung im Bereich der künstlichen Intelligenz, der Entscheidungstheorie und der multikriteriellen Optimierung.

Im Zentrum dieses Moduls steht die Vermittlung von grundlegenden Kenntnissen über die in diesen Bereichen angewendeten relevanten Algorithmen, Heuristiken und Methoden. Die praktischen Bezüge reichen von den Bereichen "Business Intelligence/Optimization" und "Experimental Design" (z.B. im Bereich einer vernetzten Operationsführung) bis hin zum "Algorithmic Engineering".

Eine inhaltliche Auswahl besteht aus folgenden Elementen: Einführung in die Problemstellung und Lösungsmethoden der allgemeinen Unternehmensforschung (inklusive Operations Management), Klassische Optimierungsverfahren (lineare, nichtlineare, dynamische und diskrete Optimierung, Spieltheoretische Modelle und Verfahren, Mathematische Programmierung, Theorie dynamischer und stochastischer Prozesse, Ausblick auf aktuelle Probleme der Logistik, Steuerung und Netzwerktheorie und Soft Computing).

Am Ende des Moduls wird ein Ausblick auf Cybergefahren und verwandte Optimierungsmodelle gegeben, die speziell aktuelle Cyberproblemstellungen und -gefahren behandeln. Das Modul gibt einen Überblick über „Security Operations“ und

„Cyber Threat Analysis Aktivitäten“ im Sinne eines zukunftsweisenden Operations Research.

Literatur

- Werners, B.: Operations Research. Springer 2018
- Hiller, Liebermann: Introduction to Operations Research. Mc Graw Hill 2020

Leistungsnachweis

Mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfelder Theoretische Informatik, Geoinformatik sowie Modellierung, Operations Research, Simulation und Experimentation
- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang WIN, Vertiefungsfeld Technologie- und Innovationsmanagement
- Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang CYB, Vertiefungsfelder Public Security und Security Intelligence

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 bis 3 Trimester. Es wird nicht regelmäßig angeboten.

Sonstige Bemerkungen

Neben der Pflichtveranstaltung "Ausgewählte Kapitel des Operations Research und der Entscheidungstheorie" müssen zwei Lehrveranstaltungen mit Übungen im Umfang von je 3 TWS besucht werden.

Modulname	Modulnummer
Ausgewählte Kapitel des OR: Data-driven Optimization	2994

Konto	WPFL Vert. MORSE - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Juniorprof. Dr. rer. nat. Maximilian Moll	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
29941	VÜ	Ausgewählte Kapitel des Data-driven Optimization	Pflicht	3
29942	VÜ	Quantum Machine Learning & Optimization	Wahlpflicht	3
29943	SE	Seminar: Ausgewählte Kapitel des OR	Wahlpflicht	3
29944	P	Praktikum: Ausgewählte Kapitel des OR	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen

Grundlegende Kenntnisse in Methoden des Operations Research und des Data Minings oder der Statistik werden vorausgesetzt.

Qualifikationsziele

Studierende sollen in die Lage versetzt werden, sich selbstständig mit neuartigen Methoden der data-driven Optimization in Theorie und Praxis auseinander zu setzen. Hierzu sollen sie im Rahmen der Vorlesung, sowie vertiefend in Seminar und Praktikum, verschiedene Methoden analysieren und anwenden.

Hierbei soll nicht nur die Fähigkeit entwickelt werden Ansätze auf ihre theoretische Richtigkeit und praktische Anwendbarkeit zu beurteilen, sondern diese auf ein Problem hin anpassen zu können.

Schließlich soll das Identifizieren geeigneter Probleme und passender Lösungsansätze geschult werden.

Inhalt

Data-driven Optimization beschäftigt sich zukunftsweisend mit der Kombination von klassischen Optimierungsmethoden und daten-basierten Ansätzen. Im Gegensatz zu der klassischen Optimierung der letzten Jahrhunderte, die ausgehend von einem zu optimierenden Modell eine Lösung sucht, bietet das Data-driven Optimization die Möglichkeit, ohne eine exakte mathematische Abstrahierung des zugrunde liegenden Modells Optimierungsmethoden anzuwenden.

Das Modul bietet aufbauend auf dem vorhandenen Grundwissen einen vertiefenden Einblick in ausgewählte Themengebiete des data-driven Optimization. Neben der grundlegenden Problematik werden Themen aus dem Reinforcement Learning, Prescriptive Analytics und der konvexen Optimierung unter Unsicherheit behandelt.

Das Reinforcement Learning ist neben Supervised und Unsupervised Learning das dritte Teilgebiet des Machine Learnings und beschäftigt sich mit daten-basierten Ansätzen zu Problemen der klassischen Kontrolltheorie. Hierbei soll im Modul auch die Anwendung auf praxis-relevante Probleme herausgestellt werden, die über die bekannten Lösungen von Spielen, wie z.B. Go, hinausgehen.

Prescriptive Analytics stellt aufbauend auf Descriptive und Predictive Analytics die nützlichste und schwerste Stufe des Data Science dar. Hier müssen nicht nur datan-basierte Vorhersagen getroffen werden, sondern das zukünftige System auf eine gegebene Zielvorstellung hin optimiert werden. In der Vorlesung werden verschiedene grundsätzliche Herangehensweisen mit ihren Vor- und Nachteilen diskutiert, sowie die Abgrenzung zu Predictive Analytics konkretisiert.

Die konvexe Optimierung stellt ein zentrales Element des Operations Research und der modernen Entscheidungsunterstützung dar. In vielen Fällen sind jedoch die Parameter der Optimierungsmodelle nicht explizit bekannt, sondern müssen zunächst aus Daten abgeleitet werden. Die Vorlesung thematisiert, wie sich dies auf die zu wählenden Optimierungsverfahren auswirken muss.

Das Seminar greift aktuelle Publikationen zu den Themen der Vorlesung auf.

Im Praktikum setzen sich die Studierenden mit einer konkreten, praxis-nahen Problemstellung des data-driven Optimization auseinander.

In der Vorlesung Quantum Machine Learning and Optimization wird spezifisch auf die Verwendung von Quantum Computern für effizientere Algorithmen im Kontext der NISQ-Maschinen eingegangen.

Im Praktikum werden die Studierenden an die Lösung eines konkreten RL-Problems unter praxis-nahen Bedingungen herangeführt. Hierfür wird Ihnen ein entsprechendes Environment gestellt. Während jeder Student sich mit einem anderen konkreten Algorithmus aus der Vorlesung beschäftigt, werden sie durch verschiedenen Arbeitsschritte geführt. Abschließend werden die Performances der verschiedenen trainierten Algorithmen verglichen – der Vergleich untereinander dient dabei als Teil der Lernerfahrung, nicht aber der Bewertung.

Literatur

- Sutton, Richard S., and Andrew G. Barto. *Reinforcement learning: An introduction.* MIT press, 2018.
- Jacquier, Antoine, et al.*Quantum Machine Learning and Optimisation in Finance: On the Road to Quantum Advantage*. Packt Publishing Ltd, 2022

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfelder Software- und Informationsmanagement, Geoinformatik sowie Modellierung, Operations Research, Simulation und Experimentation, außerdem im Anwendungsfach Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang WIN, Vertiefungsfeld Technologie-und Innovationsmanagement • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang CYB, Vertiefungsfelder Enterprise Security, Public Security sowie Security Intelligence
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester. Es beginnt immer im Frühjahrstrimester.
Sonstige Bemerkungen
Zum Absolvieren des Moduls sind neben der Pflichtveranstaltung "Ausgewählte Kapitel des Data-driven Optimization" zwei der drei Wahlpflichtveranstaltungen zu belegen.

Modulname	Modulnummer
Digital und Serious Games	3579

Konto	WPFL Vert. MORSE - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
apl. Prof. Dr. Marko Hofmann	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10333	VÜ	Moderne Heuristiken	Wahlpflicht	3
3579-V1	VÜ	Digital und Serious Games (I)	Pflicht	3
3579-V2	VÜ	Artificial Intelligence in Games	Wahlpflicht	3
3579-V3	VÜ	Computational Intelligence in Games	Wahlpflicht	3
3579-V4	P	Praktikum Digital und Serious Games	Wahlpflicht	3
3579-V5	VÜ	Digital und Serious Games (II)	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

Das Modul setzt grundlegende Programmierkenntnisse sowie grundlegende Kenntnisse in den Themengebieten Algorithmen und Mathematik/Wahrscheinlichkeitsrechnung voraus, wie sie im Bachelorstudium Informatik vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Die Studierenden erwerben ein vertieftes Verständnis der Digital und Serious Games und sind in der Lage, die Basiskonzepte und die wesentlichen Schritte des Entwicklungszyklus zu erläutern. Sie können die betroffenen Fachgebiete und ihre Rolle im Bereich Digital/Serious Games beschreiben. Weiterhin können sie ausgewählte Algorithmen, die im Bereich der digitalen Spiele eingesetzt werden, anwenden und implementieren. Insbesondere sind die Studierenden vertraut mit den aktuellen Anwendungen von Serious Games sowie den Problemen, Bedenken und Grenzen.Die Studierenden erwerben ein vertieftes Verständnis der Digital und Serious Games und sind in der Lage, die Basiskonzepte und die wesentlichen Schritte des Entwicklungszyklus zu erläutern. Sie können die betroffenen Fachgebiete und ihre Rolle im Bereich Digital/Serious Games beschreiben. Weiterhin können sie ausgewählte Algorithmen, die im Bereich der digitalen Spiele eingesetzt werden, anwenden und implementieren. Insbesondere sind die Studierenden vertraut mit den aktuellen Anwendungen von Serious Games sowie den Problemen, Bedenken und Grenzen.

Inhalt

Digital und Serious Games:

Die Veranstaltung „Digital und Serious Games“ führt mit der dazugehörigen Übung, welche die Inhalte aufgreift und Anwendungen aufzeigt, in den Bereich der Serious Games ein. Serious Games bilden eine stetig an Bedeutung gewinnende Untergruppe der digitalen Spiele, bei der neben dem Aspekt der Unterhaltung ein weiteres Ziel wie z.B. eine Wissensvermittlung verfolgt wird. Die Veranstaltung behandelt Serious und Digital Games und grenzt sie gegeneinander ab. Wichtige Teilgebiete sind u.a.: Spielentwurf und -entwicklung, Funktionsweisen und aktuelle Beispiele von Authoring Tools und Game Engines, die Erzeugung von Spielinhalten, die Personalisierung und Anpassung sowie das Performance Assessment. Weiterhin werden auch ethische und juristische Gesichtspunkte behandelt und diskutiert.

Moderne Heuristiken:

Die Vorlesung und Übung behandelt grundlegende Algorithmen und Heuristiken der allgemeinen Suche und Optimierung. Beide Bereiche finden sich u.a. in den Gebieten der Artificial und Computational Intelligence und im Performance Assessment und Adaptation der Digital und Serious Games wieder. Viele Probleme in diesem Bereich sind aus Gründen der Performance nicht mehr mit exakt-lösenden Verfahren bearbeitbar. Daher muss auf Heuristiken und Metaheuristiken zurückgegriffen werden. Die Veranstaltung führt in diese Thematik ein, verdeutlicht Vor- und Nachteile der Verfahrensklassen und stellt eine Auswahl dieser Verfahren und Anwendungsbeispiele vor.

Artificial Intelligence in Games:

Digitale Spiele stellen ein wichtiges Teilgebiet der künstlichen Intelligenz dar. Hier werden Algorithmen für die Steuerung des gesamten Spiels als auch für die Non Player Character verwendet. Die Verfahren umfassen u.a. Methoden für das Pattern Movement, Flocking, Chasing and Evasion, Pfadplanung, regelbasierte und Fuzzy Systeme, Bayessche Ansätze und neuronale Netze. Die Veranstaltung behandelt eine Auswahl der wichtigsten Verfahren und zeigt ihre Anwendung und ihre aktuellen Grenzen im Bereich der digitalen Spiele -insbesondere der Serious Games auf. Die Übung vertieft die Inhalte der Vorlesung.

Computational Intelligence in Games:

Die Computational Intelligence im Spielbereich bildet seit einigen Jahren ein stetig wachsendendes Gebiet der Forschung und Anwendung. Die Begriffe Artificial und Computational Intelligence sind mitunter schwer gegeneinander abzugrenzen. Hier werden die Bereiche „Neuronale Netze“ und „Fussy-System“ ausgenommen, da sie bereits in der Veranstaltung „Artificial Intelligence in Games“ behandelt werden. Daher umfasst die Veranstaltung „Computational Intelligence in Games“ im Schwerpunkt evolutionäre Algorithmen und verwandte Verfahren, wie sie im Bereich der digitalen Spiele u.a. zur Spieladaptation, Non Player Character Steuerung und Content Generation

genutzt werden. Grundlegende Verfahren werden vorgestellt, ihre Anwendung sowie Vorteile und Probleme erläutert und in der dazugehörigen Übung vertieft.

Praktikum:

Das Praktikum vertieft die Kenntnisse der Methoden der Vorlesungen anhand einer aktuellen Fragestellung im Bereich der digitalen Spiele.

Leistungsnachweis
Portfolio. Zum Absolvieren des Moduls sind die Pflichtveranstaltung VÜ Digital und Serious Games sowie zwei der Wahlpflichtveranstaltungen zu belegen. Zu der Pflichtveranstaltung und zu jeder gewählten Wahlpflichtveranstaltung ist jeweils ein Fachgespräch von 20 Minuten Dauer zu absolvieren. Die Gesamtnote setzt sich aus den drei Teilnoten mit gleicher Gewichtung zusammen.
Verwendbarkeit
Das Modul kann für eine Vertiefung im Master Informatik in den Richtungen Modellierung, Operations Research, Simulation und Experimentation genutzt werden. Es bereitet weiterhin auf eine Masterarbeit im Bereich Serious and Digital Games vor und zeigt Anwendungen der Artificial und Computational Intelligence in einem aktuellen Teilgebiet der Informatik. Da Digital und Serious Games ein wichtiges Tätigkeitsfeld bzw. Berufsfeld der Informatik darstellen, sind Kenntnisse in diesem Bereich von großer Bedeutung.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 3 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.

Modulname	Modulnummer
Knowledge Discovery in Big Data	1144

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. phil. Michaela Geierhos	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
11441	VÜ	Knowledge Discovery	Wahlpflicht	3
11443	SE	Research Topics in Data Science	Wahlpflicht	3
11444	VÜ	Big Data Management	Wahlpflicht	3
11446	P	Data Science Praktikum	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

Die Studierenden sollen grundlegende Kenntnisse in Programmierung und Software-Entwurf sowie ein Grundverständnis von Algorithmen und Datenstrukturen haben.

Qualifikationsziele

Lernziele sind das kompetente Beherrschen grundlegender Verfahren und Methoden sowie ihrer praktischen Anwendung in den unter Inhalte dargestellten Bereichen.

Inhalt

- In der Vorlesung „Big-Data-Management“ lernen die Studierenden Architekturen kennen, die für die Erfassung, Verarbeitung und Analyse von Big Data konzipiert sind, wofür sich herkömmliche Datenbanksysteme nicht mehr eignen. In diesem Zusammenhang wird nicht nur die verteilte Big-Data-Infrastruktur behandelt, sondern auch Themen wie Datenstrukturierung, Datensynchronisation/Parallelität und Speicherverwaltung in den Fokus gerückt. In der Übung werden erste Erfahrungen mit Big-Data-Architekturen gemacht.
- In der Vorlesung „Knowledge Discovery“ geht es um den Umgang mit heterogenen Datenquellen, deren Kategorisierung sowie deren Analyse. Hierfür werden Methoden wie u.a. Visual Analytics/Knowledge sowie Techniken des Discovery & Data Mining und die explorative Datenanalyse unter Zuhilfenahme von KI-Methoden wie z. B. Machine Learning oder Computational Intelligence vorgestellt und in den Übungen praktisch vertieft.
- Im Seminar „Research Topics in Data Science“ werden ausgewählte, aktuelle Methoden aus dem Bereich Data Science, Machine Learning und Deep Learning vorgestellt. Das Seminar soll den Studierenden einen Einblick in State-of-the-Art Forschungsthemen geben. Die behandelten Themen orientieren sich am aktuellen Gartner Hyper Cycle for Artificial Intelligence (wie bspw. Decision Intelligence,

Responsible AI, Knowledge Graphs) und dem Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies (wie bspw. Self-Supervised Learning, Explainable AI, Social Data).
- Im „Data Science Praktikum" wir das in der Theorie gelernte Wissen in einem Projekt praktisch implementiert. Die Studierenden werden in Kleingruppen an einem größeren Projekt im Bereich Data Science arbeiten und dies am Ende des Trimesters präsentieren. Das Projekt umfasst dabei einen gesamten Projektzyklus – von der Idee und Konzeption, über die Datensammlung und deren Aufbereitung bis hin zum Tainieren eines Machine Learning-Modells und Auswertung der Ergebnisse. Das Plenum bietet dabei einen regelmäßigen Austausch und Feedback zwischen den Gruppen. Themen der Projekte beziehen sich auf die kennengelernten Forschungsbereiche aus „Research Topics in Data Science" und „Methoden der Data Science". Es wird dringend empfohlen einen der o.g. Kurse besucht zu haben.

Literatur

- Jiawei Han, Micheline Kamber, Jian Pei: Data Mining – Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann Publishers, 2011.
- Martin Ester, Jörg Sander: Knowledge Discovery in Databases – Techniken und Anwendungen, Springer Verlag, 2000
- Ayodele Oluleye: Exploratory Data Analysis with Python Cookbook, Packt Publishing, 2023.
- Steffen Herbold: Data-Science-Crashkurs, dpunkt, 2022.

Leistungsnachweis

Portfolio mit gleichen Anteilen zu jeder der Vorlesungen (mit Übung), zu jedem Seminar und im Praktikum. Die Studierenden können (je nach Angebot) entweder zwei Vorlesungen mit Übungen (11441 und 11444) oder eine Vorlesung mit Übung (11441 oder 11444) und ein Praktikum (11446) oder eine Vorlesung mit Übung (11441 oder 11444) und ein Seminar (11443) einbringen. Die geforderten Einzelleistungen sind wie folgt:

- 11441: Fachgespräch von 30 Minuten.
- 11443: Schriftliche Ausarbeitung, Bearbeitungszeit: 4 Wochen, Umfang 10 Seiten.
- 11444: Fachgespräch von 30 Minuten.
- 11446: Bearbeitung eines Projektes mit schriftlicher Ausarbeitung, Bearbeitungszeit: 4 Wochen, Umfang 20 Seiten.

Verwendbarkeit

Die hier erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten ergänzen die Ausbildung im Bereich der Softwaretechnik um einen Aspekt von hoher praktischer Bedeutung. Die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen dieses Wahlpflichtmoduls ermöglicht den Studierenden die Übernahme einer Master-Arbeit im Bereich Data Science.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester und beginnt jedes Jahr im FT.

Sonstige Bemerkungen

Die Vorlesungen, Seminare und das Praktikum werden nicht alle jedes Jahr angeboten, aber in jedem Jahr mindestens so viele Lehrveranstaltungen, dass 6 ECTS-Leistungspunkte erreichbar sind. Jeweils zu Beginn des Moduls wird den Studierenden das konkrete Angebot erläutert.

Modulname	Modulnummer
Introduction to Machine Learning	1630

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Marta Gomez-Barrero	Wahlpflicht	6

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
16301	VÜ	Introduction to Machine Learning	Pflicht	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse in Analysis, Lineare Algebra und Wahrscheinlichkeitstheorie.

Qualifikationsziele
Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls kennen die Studierenden die Standardalgorithmen des maschinellen Lernens, wissen, wie und wann diese Algorithmen anzuwenden sind, kennen ihre vergleichbaren Stärken und Schwächen und wissen, wie sie ihre Leistung kritisch bewerten können. Die Studierenden sind in der Lage, (i) grundlegende Methoden des maschinellen Lernens anzuwenden, um Vorhersagemodelle zu erstellen oder explorative Analysen durchzuführen, (ii) maschinelle Lernmodelle richtig abzustimmen, auszuwählen und zu validieren, (iii) ihre Ergebnisse zu interpretieren und (iv) ihre Beschränkungen zu verstehen.

Inhalt
Der Kurs bietet eine Einführung in Konzepte, Methoden, bewährte Verfahren und theoretische Grundlagen von Standardalgorithmen für maschinelles Lernen. Zu den behandelten Themen gehören: • ML-Grundlagen • Regression vs. Klassifizierung • Überwachtes Lernen: Ziel ist es, funktionale Abhängigkeiten für Klassifizierung und Regression zu lernen. Wir behandeln lineare Systeme, Basisfunktionsansätze, und Kernel-Ansätze. • Unüberwachtes Lernen: Hier geht es darum, wichtige Strukturen in den Daten kompakt zu beschreiben. Typische Vertreter sind Clustering und Principal Component Analysis (PCA), die eine einheitliche Beschreibung hochdimensionaler probabilistischer Abhängigkeiten erlauben Die technischen Themen werden mit einer Reihe von realen Anwendungen illustriert.

Literatur
• "Elements of Statistical Learning" by Hastie, Tibshirani & Friedman; • "Machine Learning" by Tom Mitchell ; • "Foundation of Machine Learning", by Mohri, Rostamizadeh, and Talwalkar; • "Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms" by Shalev-Shwartz and Ben-David
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester.Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester.Als Startzeitpunkt ist das Frühjahrstrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
Computer Vision	1932

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19381	VÜ	Computer Vision – Basics	Wahlpflicht	3
19383	VÜ	Computer Vision - Image Understanding	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

- Kenntnisse der Mathematik und Physik.
- Grundkenntnisse der digitalen Signalverarbeitung und des maschinellen Lernens sind hilfreich.

Qualifikationsziele

In der Vorlesung und den Übungen zu **Computer Vision – Basics** erwerben Studierende vertiefte Kenntnisse über Techniken der Bildverarbeitung und des maschinellen Lernens, die in Computer Vision verwendet werden, auch in Form der praktischen Auswertung von Bildern. Sie kennen grundlegende Methoden wie Bildtransformationen, Segmentierung, Klassifikationsverfahren für Bilder, Convolutional Neural Networks (CNNs), graphische Modelle, Binärbildverarbeitung, sowie Merkmalsextraktion und können diese sinnvoll kombinieren. Damit können sie abschätzen, welche Methoden sich in Abhängigkeit von Faktoren wie Genauigkeit, Robustheit und Geschwindigkeit besonders gut für welches Einsatzgebiet eignen.

Das Ziel der Vorlesung, den Übungen und der Seminarübung zu **Computer Vision – Image Understanding** besteht darin, den Studierenden vertieftes Wissen zu Techniken des Bildverstehens, d.h., der automatischen Extraktion von Objekten und deren Relationen aus Bildern zu vermitteln. Die Studierenden erhalten Wissen zu aussehensbasierter Extraktion, statistischer Objektmodellierung, struktureller Objektextraktion, Objektdetektion und Transformern. Die Vorlesung wird abgerundet mit Beispielen zur Fassadeninterpretation, Personenverfolgung in Videos, Straßenextraktion aus Luftbildern sowie zur Nutzung von CNNs in Form der Gebäudeextraktion. Mittels eines Vortrags lernen die Studierenden die Einordnung eines spezifischen Themas in den Rahmen der Techniken des Bildverstehens.

Inhalt
Die Vorlesung **Computer Vision – Basics** geht von der Bildgewinnung aus. Es wird gezeigt, wie Bilder mittels statistischer Maße, wie z.B. Varianz und Korrelationskoeffizient, charakterisiert werden können. Bildtransformationen verändern entweder die Radiometrie oder die Geometrie der Bilder. Mittels lokaler Transformationen werden Kanten hervorgehoben oder Störungen beseitigt. Die Bildsegmentierung führt zu homogenen Bildbereichen. Für diskriminative und generative KI-Ansätze zur Klassifikation wird die Anwendung auf Bilddaten aufgezeigt. Dies wird ergänzt um Kreuzvalidierung sowie Hauptachsentransformation (PCA). Für CNNs werden verschiedene Arten von Schichten, auf diesen aufbauende Architekturen, Initialisierung des Trainings sowie als Anwendung die Semantische Segmentierung vorgestellt. Zur Nachbearbeitung der Segmentierung werden graphische Modelle und zur Verarbeitung binärer Bilder (nur zwei Grauwerte) werden Verfahren der mathematischen Morphologie dargestellt. Auf Grundlage der vorgestellten Techniken werden Merkmale in Form von 1D-Kanten / Linien und 2D Flächen extrahiert. Für Flächen wird die Umsetzung in Vektoren inkl. Graphbildung und Polygonapproximation aufgezeigt. Die Vorlesung **Computer Vision – Image Understanding** führt zuerst in die aussehensbasierte Objektextraktion auf Grundlage kleiner Bildausschnitte sowie deren Anordnung ein. Die statistische Objektmodellierung beruht auf a priori Annahmen (Priors). Der Vergleich von Modell und realem Bild führt zu Likelihoods, die zusammen mit den Priors zur MAP (Maximum a posteriori) Schätzung genutzt werden. Als Beispiele werden die Extraktion von Gebäudefassaden und Vegetation aus terrestrischen Daten sowie die Verfolgung von Personen in Videos von Fahrzeugen aus dargestellt. Die traditionelle KI-Modellbildung mit Objekten (Geometrie und Radiometrie), Relationen, Kontext und Ebenen der Extraktion wird anhand der Extraktion von Straßen aus Luftbildern illustriert. Die Nutzung von CNNs wird mittels der Gebäudeextraktion sowie Cycle GANs (Generative Adversarial Network) dargestellt. Für die Objektdetektion werden Grundlagen, die Detektion von Flugzeugen in hoch aufgelösten Satellitenbildern sowie Erweiterungen in Richtung Multi-Task Learning, Self-Supervised Learning, Large Language Models und Explainable AI präsentiert. Abschließend werden Transformer, deren Nutzung zur Generierung von Merkmalen für Bilder sowie weiterführende Gedanken zum Maschinellen Lernen präsentiert. Weitere Anwendungen werden in Seminarvorträgen vorgestellt und diskutiert.
Literatur
• Davies, E.R. & Turk, M. (2021): Advanced Methods and Deep Learning in Computer Vision, Academic Press, London, Großbritannien. • Szeliski, R. (2022): Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, London, Großbritannien.
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer (normalerweise am Ende des HT). Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul, Vertiefung Geoinformatik, Master Informatik • Wahlpflichtmodul, Vertiefung Künstliche Intelligenz, Master Informatik

- Anwendungsmodul, Anwendungsfachmodule Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften, Master Informatik
- Wahlpflichtmodul, Vertiefungsfeld Anwendungssysteme und E-Business, Master Wirtschaftsinformatik

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester.
Das Modul findet jedes Studienjahr im Frühjahrs- und Herbsttrimester statt.
Das Modul ist für das Frühjahrs- und Herbsttrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Sonstige Bemerkungen

Die Vorlesungen und Übungen Computer Vision – Basics und Computer Vision – Image Understanding liegen im Frühjahrs- sowie Herbsttrimester im 1. Studienjahr

Modulname	Modulnummer
Advanced Computer Vision	1937

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19383	VÜ	Computer Vision - Image Understanding	Wahlpflicht	3
34461	VÜ	Statistische Computer Vision	Wahlpflicht	3
34471	VÜ	Angewandtes Deep Learning für Computer Vision	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

Grundlagen in Methoden des maschinellen Lernens sind hilfreich.

Qualifikationsziele

Das Ziel der Vorlesung, den Übungen und der Seminarübung zu **Computer Vision – Image Understanding** besteht darin, den Studierenden vertieftes Wissen zu Techniken des Bildverstehens, d.h., der automatischen Extraktion von Objekten und deren Relationen aus Bildern zu vermitteln. Die Studierenden erhalten Wissen zu aussehensbasierter Extraktion, statistischer Objektmodellierung, struktureller Objektextraktion, Objektdetektion und Transformern. Die Vorlesung wird abgerundet mit Beispielen zur Fassadeninterpretation, Personenverfolgung in Videos, Straßenextraktion aus Luftbildern sowie zur Nutzung von CNNs in Form der Gebäudeextraktion. Mittels eines Vortrags lernen die Studierenden die Einordnung eines spezifischen Themas in den Rahmen der Techniken des Bildverstehens.

In der Vorlesung mit Übungen **Angewandtes Deep Learning für Computer Vision** werden state-of-the-art Deep Learning Methoden und typische praktische Anwendungen in Computer Vision vorgestellt. Die Studenten lernen die Grundlagen von tiefen neuronalen Netzen sowie Entwicklungsumgebungen und Tools kennen. Durch Anwendungsbeispiele mit verschiedenen Aufgaben (z.B. Segmentierung, Objektdetektion und Klassifikation) und Quelldaten (Bilder und Videos aus unterschiedlichen Geräten) machen die Studenten eigene Erfahrungen mit der Entwicklung sowie dem Einsatz von Deep Learning Modellen und beherrschen praktische Techniken z.B. für Datenvorbereitung und Modellanpassung.

In der Vorlesung mit Übungen **Statistische Computer Vision** erhalten die Studierenden vertieftes Wissen über statistische Modelle und ihre Anwendung in der

geometrischen Dateninterpretation und Modellbildung. Erweiterte Kenntnisse in Bayes´scher Statistik sowie Markoff Modellen führen zu einem tieferen Verständnis der abgeleiteten Modellbildungs- und Optimierungstechniken. Die Studierenden kennen für Anwendungsbeispiele mit verschiedenen Quelldaten die Vorteile hinsichtlich Plausibilität und Effizienz, die statistische Ansätze für die Verarbeitung komplizierter Objekte / Geometrien besitzen.

Inhalt

Die Vorlesung **Computer Vision – Image Understanding** führt zuerst in die aussehensbasierte Objektextraktion auf Grundlage kleiner Bildausschnitte sowie deren Anordnung ein. Die statistische Objektmodellierung beruht auf a priori Annahmen (Priors). Der Vergleich von Modell und realem Bild führt zu Likelihoods, die zusammen mit den Priors zur MAP (Maximum a posteriori) Schätzung genutzt werden. Als Beispiele werden die Extraktion von Gebäudefassaden und Vegetation aus terrestrischen Daten sowie die Verfolgung von Personen in Videos von Fahrzeugen aus dargestellt. Die traditionelle KI-Modellbildung mit Objekten (Geometrie und Radiometrie), Relationen, Kontext und Ebenen der Extraktion wird anhand der Extraktion von Straßen aus Luftbildern illustriert. Die Nutzung von CNNs wird mittels der Gebäudeextraktion sowie Cycle GANs (Generative Adversarial Network) dargestellt. Für die Objektdetektion werden Grundlagen, die Detektion von Flugzeugen in hoch aufgelösten Satellitenbildern sowie Erweiterungen in Richtung Multi-Task Learning, Self-Supervised Learning, Large Language Models und Explainable AI präsentiert. Abschließend werden Transformer, deren Nutzung zur Generierung von Merkmalen für Bilder sowie weiterführende Gedanken zum Maschinellen Lernen präsentiert. Weitere Anwendungen werden in Seminarvorträgen vorgestellt und diskutiert.

Die Vorlesung **Angewandtes Deep Learning für Computer Vision** stellt den Einsatz von Deep Learning Methoden im Bereich Computer Vision mit einem Schwerpunkt auf Anwendungen vor. Diese fokussieren auf Bildinterpretation, -klassifikation und Objektdetektion. Die Lehrveranstaltung ist in Form von „Learning-by-doing“ gestaltet und wird von praktischen Programmierbeispielen begleitet. Zuerst werden Grundlagen von tiefen neuronalen Netzen gelegt sowie die Entwicklungsumgebung und Tools auf Grundlage einfacher Aufgaben vorgestellt. Mittels des Einsatzes der Ergebnismodelle auf einer Hardware-Plattform, wie z.B. Amazon Deeplens oder NVIDIA Jetson, wird der komplette Entwicklungsprozess demonstriert. Fortgeschrittene Methoden z.B. zur Modellanpassung und Erhöhung der Performanz werden mittels anspruchsvoller Aufgaben z.T. aus realen Projekten demonstriert.

Die Vorlesung mit Übungen **Statistische Computer Vision** beschäftigt sich mit der Verarbeitung von geometrischen Messdaten auf Grundlage von statistischen Modellen. Die Schwerpunkte liegen auf dreidimensionaler (3D) Objektdetektion und Szeneninterpretation. Zuerst werden Grundlagen von Bayesscher Statistik und Markoff Modellen gelegt. Bei der generativen Modellierung werden die geometrischen Primitive statistisch parametrisiert. Die verbesserte Flexibilität und Leistungsfähigkeit in Objektdetektion und -rekonstruktion werden dargestellt. Modellselektion, die auf Informationsentropie und Bayesscher Inferenz aufbaut, ermöglicht die Auswertung von Modellen unterschiedlicher Komplexität. Als Anwendungsbeispiele werden Baumextraktion, Gebäuderekonstruktion, Fensterdetektion, und Indoorsegmentierung präsentiert. Dabei werden verschiedene Messdaten — LIDAR, Bilder, und RGB-D Daten — verwendet und damit die Vorteile von statistischen Modellen demonstriert.

Literatur

- Davies, E.R. & Turk, M. (2021): Advanced Methods and Deep Learning in Computer Vision, Academic Press, London, Großbritannien.
- Szeliski, R. (2022): Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, London, Großbritannien.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer (normalerweise am Ende des WT). Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul, Masterstudiengang Informatik, Vertiefungsfeld Geoinformatik
- Wahlpflichtmodul, Masterstudiengang Informatik, Vertiefungsfeld Künstliche Intelligenz
- Wahlpflichtmodul, Masterstudiengang Informatik, Anwendungsfach Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften
- Wahlpflichtmodul, Masterstudiengang Wirtschaftsinformatik, Vertiefungsfeld Anwendungssysteme und E-Business

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester. Das Modul findet jedes Studienjahr im Herbst- und Wintertrimester statt. Das Modul ist für das Herbsttrimester im 1. Studienjahr und das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Sonstige Bemerkungen

Die Vorlesungen und Übungen Computer Vision – Image Understanding sowie Angewandtes Deep Learning für Computer Vision liegen im Herbsttrimester im 1. Studienjahr und die Vorlesungen und Übungen Statistische Computer Vision im Wintertrimester des 2. Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
Graph Analytics and Machine Learning	1940

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Juniorprof. Dr. rer. nat. Maximilian Moll	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	36	54	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19401	VÜ	Graph Machine Learning	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				3

Empfohlene Voraussetzungen

Grundlagen des maschinellen Lernens, Grundkenntnisse in Python.

Qualifikationsziele

Die Studierenden verfügen über vertiefte Kenntnisse im Bereich des maschinellen Lernens auf Graphen. Sie sind in der Lage, grundlegende und fortgeschrittene Methoden des Graph Representation Learnings eigenständig auf Problemstellungen anzuwenden. Insbesondere beherrschen sie den Umgang mit Graph Neural Networks (GNN) wie Graph Convolutional Networks (GCN), Graph Attention Networks (GAT) und GraphSAGE. Darüber hinaus können sie aktuelle Forschungsentwicklungen, wie Graph Transformer und selbstüberwachtes Lernen, kritisch reflektieren und auf komplexe Anwendungsprobleme übertragen. Sie können graphbasierte Modelle implementieren, trainieren, evaluieren und hinsichtlich Effizienz und Effektivität beurteilen.

Inhalt

In diesem Modul erwerben die Studierenden umfassende Kenntnisse und Fähigkeiten in folgenden Bereichen:

- Grundlagen der Graphentheorie und Struktur von Graphen
- Methoden des Graph Representation Learnings: Node und Graph Embeddings
- Einführung in Graph Neural Networks (GCN, GAT, GraphSAGE)
- Fortgeschrittene Methoden und Modelle: Attention-Mechanismen, Graph Transformer
- Typische Anwendungen und Aufgabenstellungen: Klassifikation, Link-Prediction, Graphgenerierung
- Aspekte der Skalierbarkeit, Effizienz und Interpretierbarkeit graphbasierter Modelle
- Praktische Umsetzung, Implementierung und Analyse anhand von Fallstudien und Projekten

Literatur
• Hamilton, William L.: Graph Representation Learning. Springer Cham, 2020. • Zhou, Jie, et al. "Graph neural networks: A review of methods and applications." AI open 1 (2020): 57-81. • Wu, Zonghan, et al. "A comprehensive survey on graph neural networks." IEEE transactions on neural networks and learning systems 32.1 (2020): 4-24.
Leistungsnachweis
Mündliche Prüfung (30 min) oder schriftliche Prüfung (60 min). Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfeld KI
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester.

Modulname	Modulnummer
Generative KI	1941

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Juniorprof. Dr. rer. nat. Maximilian Moll	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19411	VL	Grundlagen generativer KI	Pflicht	3
19412	VL	Foundation models for tabular data	Pflicht	3
19413	VL	Generative KI für komplexe Datenstrukturen	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen

- Fundierte Kenntnisse in maschinellem Lernen und künstlichen neuronalen Netzen
- Grundkenntnisse in Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie

Qualifikationsziele

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls verfügen die Studierenden über:

- vertiefende Kenntnisse der grundlegenden Prinzipien und Architekturen generativer KI-Modelle,
- die Fähigkeit, generative Methoden eigenständig zur Lösung spezifischer datenorientierter Fragestellungen anzuwenden,
- Kompetenzen zur Entwicklung und Evaluierung generativer Modelle für synthetische Daten, speziell im Bereich tabellarischer Daten,
- die Fähigkeit, komplexe generative KI-Verfahren auf Graph-, Bild- und Textdaten kritisch auszuwählen, umzusetzen und deren Ergebnisse wissenschaftlich zu beurteilen,
- ein ausgeprägtes Bewusstsein für ethische und gesellschaftliche Fragestellungen im Kontext generativer KI und eine entsprechende Bewertungskompetenz.

Inhalt

In diesem Modul erhalten die Studierenden eine umfassende Einführung in die generative Künstliche Intelligenz, ein zentrales Teilgebiet des maschinellen Lernens, das sich mit der Modellierung und Generierung realistischer Daten beschäftigt. Sie lernen sowohl die theoretischen Grundlagen als auch fortgeschrittene Methoden und spezifische Anwendungsgebiete kennen.

Im Einzelnen erwerben die Studierenden vertiefte Kenntnisse in folgenden Bereichen:

Grundlagen generativer Modelle:

- Einführung in generative Modellierung, Prinzipien und grundlegende Konzepte
- Architektur und Funktionsweise von Autoencodern (AE) und Variational Autoencodern (VAE)
- Generative Adversarial Networks (GANs): Aufbau, Training, Stabilität und Optimierung
- Evaluationskriterien und praktische Herausforderungen generativer Modelle

Generative Modelle für spezifische Datentypen (Tabellarische Daten):

- Ansätze und Techniken zur Modellierung und Synthese tabellarischer Daten
- Erzeugung und Bewertung synthetischer Datensätze für Anwendungsfelder wie Datenschutz und Datenaugmentation
- Methoden zur Qualitätssicherung, Validierung und statistischen Bewertung synthetischer Daten

Generative KI für komplexe Datenstrukturen:

- Generative Modelle für Graphen: Graph-basierte generative Modelle, Graph Neural Networks (GNN), spezifische Anwendungen in der Netzwerk- und Strukturdatenanalyse
- Bildgenerierung mittels generativer KI: Deep Convolutional GANs, Diffusionsmodelle und ihre Anwendungen in der Computer Vision
- Textgenerierung: Transformer-basierte Sprachmodelle, Feinabstimmung, Prompt Engineering und praxisnahe Anwendungen im Bereich der Verarbeitung natürlicher Sprache

Literatur

- Goodfellow, Ian, et al.: „Deep Learning“, MIT Press, 2016.
- Foster, David: „Generative Deep Learning: Teaching Machines to Paint, Write, Compose, and Play“, O’Reilly Media, 2019.
- Hamilton, William L.: „Graph Representation Learning“, Springer Cham, 2020.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung (90 Min.) oder mündliche Prüfung (40 Min.). Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Informatik, Vertiefungsfeld KI

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester und wird jährlich angeboten.

Modulname	Modulnummer
Python programming for AI	1942

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Eirini Ntoutsi	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	30	60	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19421	P	Python programming for AI	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				3

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
Die erworbenen Kenntnisse können in weiterführenden Modulen mit KI- oder Programmierbezug angewendet werden.
Empfohlene Voraussetzungen
Gute Kenntnisse in Algorithmen und Programmierung
Qualifikationsziele
Dieses Modul vermittelt eine umfassende Einführung in die Programmierung mit Python mit Schwerpunkt auf Anwendungen im Bereich Künstliche Intelligenz. Es behandelt die Grundlagen der Sprache, zentrale Programmierkonzepte sowie wichtige Bibliotheken für maschinelles Lernen und KI, darunter NumPy, Pandas, Matplotlib, PyTorch und Scikit-learn. Der Kurs führt außerdem in Experiment-Tracking, Visualisierung und Erklärbarkeit von KI-Systemen ein und bietet praxisnahe Erfahrungen durch Übungen und Projekte in Jupyter Notebooks.
Inhalt
Dieses Modul vermittelt praktische Fähigkeiten und bietet Hands-on-Erfahrungen in der Programmierung mit Python für die Entwicklung von KI-Systemen. Konkret behandelt der Kurs: • Python Fundamentals • Advanced Python Topics (including key libraries like NumPy, Pandas, Matplotlib) • Data Exploration & Analysis • Machine Learning with Scikit-learn • Introduction to PyTorch (covering tensor operations, classical machine learning models, and deep learning) • Experiment Tracking & Configuration • Explaining AI decisions

Lehrmethoden
Das Modul verfolgt einen praktischen, projektorientierten Ansatz, bei dem die Studierenden durch Mini-Projekte und praktische Übungen aktiv in die Lerninhalte eingebunden werden.
Literatur
• Raschka, S., Liu, Y., & Mirjalili, V. (2022)Machine Learning with PyTorch and Scikit-Learn: Develop machine learning and deep learning models with Python, Packt Publishing • Chollet, F. (2021). Deep Learning with Python. Manning Publications. • Ergänzend werden Tutorials und Code-Repositorien bereitgestellt.
Leistungsnachweis
Der Leistungsnachweis erfolgt als 25-minütige mündliche Prüfung auf Basis eines Projekts.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul findet jährlich im Wintertrimester statt.

Modulname	Modulnummer
AI and simulation	1943

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Oliver Rose	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19431	VÜ	AI and simulation	Wahlpflicht	3
19432	P	AI and simulation Praktikum	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

- Grundkenntnisse des Maschinellen Lernens
- Grundkenntnisse der Modellbildung und Simulation
- Grundkenntnisse der Statistik

Qualifikationsziele

- Die grundlegenden Konzepte von KI und Simulation verstehen.
- KI-Techniken (z. B. maschinelles Lernen, neuronale Netze, Reinforcement Learning) in Simulationsumgebungen verstehen.
- KI-gestützte Simulationen mit Programmierframeworks implementieren.
- Praxisnahe Anwendungen von KI-gestützten Simulationen analysieren.
- Die Effektivität von KI-Modellen in prädiktiven Simulationen bewerten.

Inhalt

Dieses Modul untersucht die Schnittstelle zwischen Künstlicher Intelligenz (KI) und Simulation und behandelt theoretische Grundlagen, Algorithmen und praxisnahe Anwendungen. Die Studierenden lernen, wie KI-Techniken Simulationen verbessern und dadurch komplexe Systemmodellierung, Entscheidungsfindung und prädiktive Analysen ermöglichen. Das Modul beinhaltet praktische Erfahrungen mit KI-gestützten Simulationen in verschiedenen Bereichen.

1. Einführung in KI und Simulation

- Definition und Anwendungsbereich
- Historische Entwicklung
- Rolle der KI in modernen Simulationen

2. **KI-Techniken in der Simulation**

- Maschinelles Lernen und prädiktive Modellierung
- Neuronale Netze zur Optimierung von Simulationen
- Reinforcement Learning für simulationsbasierte Entscheidungsfindung

3. **Simulationsmodelle und -umgebungen**

- Ereignisdiskrete und agentenbasierte Simulationen
- Monte-Carlo-Methoden und probabilistische Modelle
- Physikbasierte Simulationen und Game-Engine-Simulationen

4. **KI in wissenschaftlichen und industriellen Simulationen**

- Robotik und autonome Systeme
- Produktion und Logistik
- Militärische Anwendungen

5. **Werkzeuge und Frameworks**

- Python-basierte Simulationsbibliotheken (z. B. SimPy, OpenAI Gym)
- KI-gestützte Simulationsplattformen (z. B. Unity ML-Agents, AnyLogic)
- Cloud-basierte Simulationsumgebungen für KI

6. **Ethische und praktische Überlegungen**

- Verzerrungen in KI-gestützten Simulationen
- Rechenaufwand und Effizienz
- Auswirkungen und Grenzen in der realen Welt

Leistungsnachweis
Portfolio mit einer kurzen, mündlichen Darstellung und einen kurzen Praktikumsbericht.
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfeld KI
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester, beginnt jedes Studienjahr, Startzeitpunkt ist das HT im 2. Studienjahr.

Modulname	Modulnummer
AI in military decision making	1944

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Oliver Rose	Wahlpflicht	5

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19441	VÜ	AI in military decision making	Wahlpflicht	3
19442	P	AI in military decision making Praktikum	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

- Grundkenntnisse des Maschinellen Lernens
- Grundkenntnisse der Modellbildung und Simulation
- Grundkenntnisse der Statistik

Qualifikationsziele

- Die Rolle und Auswirkungen von KI in der modernen militärischen Entscheidungsfindung verstehen.
- KI-Techniken wie maschinelles Lernen, Reinforcement Learning und Optimierungsalgorithmen für militärische Anwendungen kennen.
- Reale Fallstudien zu KI-gestützten Militäroperationen bewerten und in einem Praxisprojekt umsetzen.
- KI-Modelle für Szenarioplanung, Bedrohungsbewertung und Geheimdienstverarbeitung anwenden.
- Ethische, rechtliche und sicherheitsrelevante Aspekte von KI-gestützten Militärsystemen kennen.

Inhalt

Dieses Modul untersucht die Rolle der Künstlichen Intelligenz (KI) bei der Verbesserung militärischer Entscheidungsprozesse und behandelt wichtige KI-Techniken, Anwendungen und ethische Fragestellungen. Die Studierenden lernen, wie KI-gestützte Systeme strategische Planung, Echtzeit-Entscheidungsfindung auf dem Schlachtfeld, Geheimdienstanalysen und autonome Systeme unterstützen. Das Modul umfasst Fallstudien, Simulationen und praktische Erfahrungen mit KI-Modellen, die in militärischen Anwendungen wie prädiktiver Analytik, Computer Vision und autonomen Entscheidungssystemen eingesetzt werden.

1. **Einführung in KI für militärische Entscheidungsfindung**

- Entwicklung der KI in Verteidigung und Kriegsführung
- Rolle der KI in modernen Militärstrategien
- Herausforderungen und Grenzen von KI im militärischen Einsatz

2. **KI-gestützte Entscheidungsunterstützungssysteme**

- KI für Kommando- und Kontrollsysteme (C2)
- Reinforcement Learning für autonome Entscheidungsfindung
- KI-gestützte Kriegssimulationen und Szenariomodellierung

3. **Geheimdienst, Überwachung und Aufklärung (ISR)**

- KI in der Bedrohungserkennung und -klassifizierung
- Computer Vision für Situationsbewusstsein auf dem Schlachtfeld
- Verarbeitung natürlicher Sprache (NLP) für Geheimdienstanalysen

4. **Prädiktive Analytik und strategische Planung**

- KI zur Risikobewertung und Szenarioanalyse
- Maschinelles Lernen für Truppenlogistik und Ressourcenallokation
- Prädiktive Wartung militärischer Ausrüstung

5. **Autonome Systeme und KI in der Kriegsführung**

- KI in unbemannten Luftfahrzeugen (UAVs), autonomen Bodenfahrzeugen und Marinesystemen
- Schwarmintelligenz und Mehragenten-Koordination
- Zusammenarbeit zwischen Mensch und KI in Kampfszenarien

6. **Cyberkrieg und KI-Sicherheit**

- KI für Cybersicherheit und Cyber-Bedrohungsanalyse
- KI-gestützte elektronische Kriegsführung und Gegenmaßnahmen
- Defensive KI-Strategien gegen feindliche Angriffe

7. **Ethische, rechtliche und geopolitische Überlegungen**

- Kriegsrecht und ethische Fragen im Zusammenhang mit KI im Militär
- Autonome Waffen und die Debatte über tödliche KI
- KI-Governance und internationale Vorschriften im Verteidigungsbereich

Leistungsnachweis
Portfolio mit einer kurzen, mündlichen Darstellung und einen kurzen Praktikumsbericht.

Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfeld KI
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester, beginnt jedes Studienjahr, Startzeitpunkt ist das WT im 2. Studienjahr.

Modulname	Modulnummer
AI/ML ops	1945

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Oliver Rose	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19451	VÜ	AI/ML ops	Wahlpflicht	3
19452	P	AI/ML ops Praktikum	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

- Grundkenntnisse der Statistik
- Grundkenntnisse des Maschinellen Lernens
- Grundkenntnisse in Cloud Computing

Qualifikationsziele

- Die grundlegenden Konzepte und Herausforderungen in AI Ops und ML Ops verstehen.
- ML-Workflows mithilfe von DevOps-Prinzipien automatisieren können.
- CI/CD-Pipelines für maschinelle Lernmodelle implementieren.
- ML-Modelle in produktiven Umgebungen überwachen und verwalten können.
- Sicherheits-, Governance- und ethische Aspekte in AI Ops bewerten können.

Inhalt

Dieses Modul bietet eine umfassende Einführung in AI Operations (AI Ops) und Machine Learning Operations (ML Ops) mit einem Fokus auf die Bereitstellung, Überwachung und das Lebenszyklusmanagement von KI/ML-Modellen in produktiven Umgebungen. Die Studierenden lernen Best Practices, Tools und Frameworks zur Automatisierung von KI-Workflows kennen, um die Zuverlässigkeit, Skalierbarkeit und Leistungsfähigkeit von Modellen in realen Anwendungen sicherzustellen. Der Kurs umfasst praxisnahe Übungen mit modernen DevOps-Prinzipien für KI-Systeme, einschließlich kontinuierlicher Integration und Bereitstellung (CI/CD), Überwachung und Governance von ML-Modellen.

1. **Einführung in AI Ops & ML Ops**

- Unterschiede zwischen AI Ops und ML Ops
- Bedeutung der Operationalisierung von KI/ML-Modellen
- Herausforderungen bei der Skalierung von KI in der Praxis

2. **Maschinelles Lernen und Lebenszyklusmanagement**

- Datenvorbereitung und Versionierung
- Modelltraining, Evaluierung und Auswahl
- Experimentverfolgung und Reproduzierbarkeit

3. **CI/CD für maschinelles Lernen**

- Kontinuierliche Integration und Bereitstellung (CI/CD) von ML-Modellen
- Automatisiertes Testen für ML-Modelle
- Bereitstellungsstrategien: Batch-, Echtzeit- und Edge-KI-Deployment

4. **Modellüberwachung und Leistungsoptimierung**

- Erkennung von Modelldrift und Retraining
- Leistungsmetriken und Logging
- Observability-Tools für KI-Systeme

5. **Infrastruktur für AI Ops**

- Cloud- vs. On-Premise-Bereitstellung von KI-Modellen
- Kubernetes, Docker und containerisierte ML-Modelle
- Serverless Computing für KI-Workflows

6. **Sicherheit, Governance und Ethik in AI Ops**

- Erkennung von Verzerrungen (Bias) und Fairness in KI-Modellen
- Erklärbarkeit und Interpretierbarkeit von ML-Entscheidungen
- Compliance und regulatorische Anforderungen (z. B. DSGVO, AI Act)

7. **AI Ops & ML Ops Tools und Frameworks**

- MLOps-Plattformen (z. B. MLflow, Kubeflow, TFX)
- KI-Überwachungstools (z. B. Prometheus, Grafana)
- Modellversionierung und Registry-Systeme

Leistungsnachweis
Portfolio mit einer kurzen, mündlichen Darstellung und einen kurzen Praktikumsbericht.
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfeld KI

Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester, beginnt jedes Studienjahr, Startzeitpunkt ist das HT im 2. Studienjahr.

Modulname	Modulnummer
AI for Medicine and Healthcare	1946

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
apl. Prof. Dr. Marko Hofmann PD Dr. rer. nat. Silja Meyer-Nieberg	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19461	VÜ	AI for Medicine and Healthcare	Pflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				

Empfohlene Voraussetzungen
Wünschenswert sind Grundkenntnisse im Bereich Machine und Deep Learning

Qualifikationsziele
Die Studenten lernen aktuelle Machine und Deep Learning Algorithmen für relevante Datenmodalitäten (z.B. CT Bilder, EKG Daten) kennen. Sie können ausgewählte Verfahren für die Analyse, Klassifikation und Prognose aus den Bereichen des statistischen und maschinellen Lernens implementieren und anwenden und die Ergebnisse interpretieren. Sie verstehen wichtige Herausforderungen bei medizinischen Datensätzen insbesondere Data und Label Scarcity, Class Imbalance oder Domain Shift und können Verfahren benutzen, um diesen Problemen zu begegnen. Sie kennen aktuelle Entwicklungen im Machine Learning wie z.B. topologische Analysetechniken und können diese für Anwendungen in der Medizin und im Gesundheitswesen beurteilen.

Inhalt
Das Modul führt in Machine Learning Techniken für die Anwendung auf medizinische und biophysiologische Fragestellungen ein. Wichtige Pfeiler bilden u.a. die Analyse biophysiologischer Zeitreihen z.B. für die Früherkennung von Krankheiten und Anwendungen in der medizinischer Bildgebung. Die Vorlesung umfasst ausgewählte Machine und Deep learning Verfahren, insbesondere: • Machine Learning für biophysiologische Zeitreihen • Computer Vision für medizinische Anwendungen • Domain Shift Detection and Adaptation • Topological Data Analysis und Machine Learning für medizinische Daten • Explainable und interpretable AI für medizinische Anwendungen

Literatur
Auswahl neben aktuellen Forschungspapern:

• Pieter Kubben, Michel Dumontier, Andre Dekker (Hrsg.): Fundamentals of Clinical Data Science, Springer, 2019 • Cao Xao, Jimeng Sun: Introduction to Deep Learning for Healthcare, Springer, 2021
Leistungsnachweis
Mündliche Prüfung, 30 Minuten
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Informatik, Vertiefungsfeld KI
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester und findet im Wintertrimester statt.

Modulname	Modulnummer
Defence Analytics - AI-based Decison Making	1947

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Stefan Pickl	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	90	180	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19471	VL	Ausgewählte Kapitel des OR „AI based Decision Making“	Wahlpflicht	3
19472	VL	Defence Analytics - AI in OR - OR in AI	Wahlpflicht	3
19473	P	Ausgewählte Kapitel des DSS – AI Operations and Processes	Wahlpflicht	3
19474	SE	Ausgewählte Kapitel des DSS – Strategic AI	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen

Wünschenswert sind Grundkenntnisse im Bereich Machine und Deep Learning

Qualifikationsziele

Die Studenten lernen aktuelle Machine und Deep Learning Algorithmen für relevante Datenmodalitäten (z.B. CT Bilder, EKG Daten) kennen. Sie können ausgewählte Verfahren für die Analyse, Klassifikation und Prognose aus den Bereichen des statistischen und maschinellen Lernens implementieren und anwenden und die Ergebnisse interpretieren. Sie verstehen wichtige Herausforderungen bei medizinischen Datensätzen insbesondere Data und Label Scarcity, Class Imbalance oder Domain Shift und können Verfahren benutzen, um diesen Problemen zu begegnen. Sie kennen aktuelle Entwicklungen im Machine Learning wie z.B. topologische Analysetechniken und können diese für Anwendungen in der Medizin und im Gesundheitswesen beurteilen.

Inhalt

Das Modul führt in Machine Learning Techniken für die Anwendung auf medizinische und biophysiologische Fragestellungen ein. Wichtige Pfeiler bilden u.a. die Analyse biophysiologischer Zeitreihen z.B. für die Früherkennung von Krankheiten und Anwendungen in der medizinischer Bildgebung. Die Vorlesung umfasst ausgewählte Machine und Deep learning Verfahren, insbesondere:

- Machine Learning für biophysiologische Zeitreihen
- Computer Vision für medizinische Anwendungen
- Domain Shift Detection and Adaptation

- Topological Data Analysis und Machine Learning für medizinische Daten
- Explainable und interpretable AI für medizinische Anwendungen

Literatur

Auswahl neben aktuellen Forschungspapern:

- Pieter Kubben, Michel Dumontier, Andre Dekker (Hrsg.): Fundamentals of Clinical Data Science, Springer, 2019
- Cao Xao, Jimeng Sun: Introduction to Deep Learning for Healthcare, Springer, 2021

Leistungsnachweis

Mündliche Prüfung, 30 Minuten

Verwendbarkeit

Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Informatik, Vertiefungsfeld KI

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.

Modulname	Modulnummer
AI/ Automation/ OR - Legal and Ethical Implications in Warfare	1948

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr. Dr. Dieter Budde Univ.-Prof. Dr. Stefan Pickl	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	70	200	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19481	VL	Ethik und KI - Resilienz	Pflicht	6
19482	SE	Ausgewählte Kapitel des OR “Optimierung und Human Enhancement“	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse der „Data Mining und IT-basierten Entscheidungsunterstützungs-Vorlesung“, des „Operations Research“ sowie der Geschichte des Operations Research.

Qualifikationsziele

Das Modul „AI/Automation Legal/Ethical Implications in Warfare“ führt motivierend in das weite Gebiet „Ethik und KI/ Automatisierung“ ein. Es werden Ethische Grundlagen im Kontext von KI behandelt. Die einzelnen Veranstaltungen sind aufeinander abgestimmt. Es ist das Ziel der Veranstaltung, die Studierenden an die wesentlichen ethischen Grundkonzepte im Kontext von KI heranzuführen, und auch im Umgang mit vorhandenen existierenden speziellen Philosophischen Theorien vertraut zu machen. Im Rahmen der Lehrveranstaltungen werden auch gezielt überfachliche Kompetenzen vermittelt. Diese umfassen: Überfachliche soziale Kompetenzen, überfachliche methodische Kompetenzen sowie überfachliche Selbstkompetenzen.

Inhalt

Die Studierenden sollen mit den ethischen Konzepten im Umgang mit KI vertraut werden:

- Künstliche Intelligenz und Datenanalyse
- Künstliche Intelligenz und Cyber
- Künstliche Intelligenz und Gesellschaft
- Künstliche Intelligenz und Militär

Leitend ist dabei stets der konkrete KI/ Automatisierungs-Bezug. Desweiteren ist es das Ziel, Philosophische Theorien im Bezug zu KI zu behandeln:

- Deontologie
- Tugendethik
- Utilitarismus
- Konfuzianismus
- Atheismus

Ebenfalls werden „Glaubensfundierte Ethiken“ im Zusammenhang zu „KI und Warfare“ behandelt, da diese für menschliches Handeln grundlegend sind.

Ein zweiter großer Aspekt umfasst den Bereich der Entscheidungsunterstützung:

- KI und Entscheiden
- KI und Handeln
- KI und Verantworten
- KI und Resilienz

Das Seminar umfasst eine Planübung und behandelt dabei insbesondere die Analyse von Risikofaktoren. In diesem Kontext wird besonders auf „Human Enhancement“ eingegangen:

- Wie können Human Enhancemenz-Ansätze in heutige Entscheidungsunterstützungs-systeme (DSS Umgebungen) eingebettet und übertragen werden?
- Welche Bedeutung haben sie insbesondere bei der Optimierung von komplexen Entscheidungs-Prozessen/ Operations?
- Wie sind IT-Prozesse zu gestalten, um einerseits den gesetzlichen Vorgaben zu entsprechen und andererseits Behördenstrategien abzubilden?
- Wie können Services generiert werden, wie können gleichzeitig dabei Risiken minimiert werden?
- Welche Bedeutung kommt der Strategieentwicklung innerhalb der KI-Ansätze zu?
- Wie können diese in ein umfassendes Risikomodell eingebettet werden?
- Welche strategischen Steuerungsmodelle und -verfahren gibt es?

Im Rahmen der Lehrveranstaltungen soll zudem ein sicherer Umgang mit allgemeinen Bewertungssystemen erreicht werden:

- Ethische Bewertung eines KI-Systems
- Ethik und militärisches Managament
- Ethik und Waffensysteme

Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, eigene Risiko-Analyse- und Bewertungs-Modelle im Kontext zu KI zu erstellen. Hierbei gilt es ferner zu berücksichtigen:

- Kulturelle Bedingungen

- Rechtliche Rahmenbedingungen

Absolventinnen und Absolventen dieses Moduls können durch spezielle Wissensinhalte im Bereich „Ethik und KI“ ihre Fähigkeiten zum kritischen Urteilsvermögen und zum Lösen komplexer Probleme auch in neuen und unvertrauten strategischen Situationen zunehmend auch über das eigene Fachgebiet hinaus anwenden. Die Studierenden sind zur Reflexion des erworbenen Wissens befähigt, sowie dazu, mit komplexen technischen Veränderungen, Entwicklungen und neuen Problemstellungen im Kontext von „Resilienz“ umzugehen. Das erworbene Orientierungswissen und die Transferfähigkeit sind neben dem Fachwissen die Voraussetzung für gelingende inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit sowohl im Studium als auch in der späteren Berufspraxis.

Lehrmethoden

Das Modul umfasst eine Vorlesung und ein Seminar.

Als Lehrmethode wird dabei das Blended-Learning-Prinzip angewendet, das heißt Präsenzphasen wechseln mit Fernlernphasen ab. Über die Lehr- und Lernplattform ILIAS bereit gestellte Lehrmaterialien, wie Skripte und Folien sowie weiterführende Artikel und Sekundärliteratur, dienen dem vertieften Eigenstudium und zur Bearbeitung von Einzel- und Gruppenaufgaben. Die Studierenden wiederholen, vertiefen und verinnerlichen auf diese Weise die Wissensinhalte. Bei der Bearbeitung der Aufgaben in der Fernlehrphase trainieren die Studierenden ihre Teamfähigkeit und Sozialkompetenz und schulen Ihre Problemlösungskompetenzen. In ILIAS stehen Austauschforen für die Kommunikation und Interaktion mit dem Dozierenden sowie innerhalb- und außerhalb der Lerngruppen zur Verfügung.

Im Kontext von „KI und Ethik“ wird großen Wert auf das selbstregulierte Lernen gelegt, das eng mit der Vermittlung von überfachlichen Kompetenzen verbunden ist. So ist auch die tutorielle Begleitung der Studierenden durch die Lehrenden während der Fernlernphasen gesichert.

Literatur

- ANALYTICS INFORMS - http://analytics-magazine.org
- Buxmann, Peter: "Künstliche Intelligenz: Mit Algorithmen zum wirtschaftlichen Erfolg"
- Düwell, Markus; Hübenthal, Christoph; Werner, Micha H. (2006) "Handbuch Ethik. 2., aktualisierte und erw." Aufl. Stuttgart, Weimar: Metzler.
- Glasnapp, Helmuth von (2007): "Die fünf Weltreligionen Geschichte, Lehren, Perspektiven". Neuausg. Erftstadt: Hohe
- Gleißner, Werner (2022): "Grundlagen des Risikomanagements Handbuch für ein Management unter Unsicherheit. 4. vollst. überarb. Und erweit." Auflage. München: Verlag Franz Vahlen.
- Runkler, T. Data Analytics: "Modelle und Algorithmen intelligenter Datenanalyse" (Computational Intelligence)
- Spiekermann, Sarah (2021): "Digitale Ethik. Ein Wertesystem für das 21. Jahrhundert". München: Droemer Taschenbuch.

Leistungsnachweis
Der Leistungsnachweis erfolgt in Form einer mündlichen Prüfung im Umfang von 40 Minuten oder eines Portfolios. Die genaue Form des Leistungsnachweises wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben.
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Informatik, Vertiefungsfeld KI
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester.
Sonstige Bemerkungen
Der Workload des Moduls verteilt sich gleichmäßig.

Modulname	Modulnummer
Ethik und Philosophie der Informatik	2095

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr. Tobias Skuban-Eiseler	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	36	144	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
20951	VÜ	Ethik und Philosophie der Informatik	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				3

Empfohlene Voraussetzungen

Das Seminar beschäftigt sich mit Fragen, die philosophische, insbesondere ethische Aspekte der Technik im Allgemeinen und der Informatik im Speziellen und der gesellschaftlichen Auswirkungen digitaler Technologien berühren. Daher ist eine Offenheit zu interdisziplinärem Denken eine Voraussetzung. Daneben sollte die Bereitschaft bestehen, philosophische Texte zu lesen und sich mit diesen sowohl in der Vorbereitung als auch innerhalb der Veranstaltungen aktiv auseinanderzusetzen.

Qualifikationsziele

Die Veranstaltung befähigt dazu, zentrale philosophische und ethische Problemstellungen der Informatik zu benennen und dazu reflektiert Stellung zu beziehen. Nach der Teilnahme besitzen die Studierenden einen Überblick über wesentliche Argumentationslinien zu den wichtigsten ethischen und philosophischen Fragestellungen der Informatik und sind in der Lage, sich kritisch und fundiert zu diesen zu positionieren bzw. eigene Ansichten und Argumente wirksam zu verteidigen.

Inhalt

Digitale Technologien können als Produkt einer wahren Erfolgsgeschichte der menschlichen Zivilisation betrachtet werden. Sie setzen uns nicht nur in die Lage, mit einer unüberschaubaren Anzahl an Menschen weltweit zu interagieren und kommunizieren, sie übernehmen auch mehr und mehr Aufgaben, die bislang nur von menschlichen Wesen geleistet werden konnten. Computer sind dem menschlichen Gehirn in vielerlei Hinsicht überlegen, Künstliche Intelligenz bietet Lösungen für bislang schwer oder nicht zu bewältigende Anforderungen, Virtuelle Realitäten spielen nicht nur im Bereich von Computerspielen eine Rolle, sondern nehmen Einzug in viele Bereiche des wissenschaftlichen, gesellschaftlichen und sozialen Lebens etc. Doch im Zuge einer zunehmend technisierten, komplexen und vernetzten Welt haben Handlungen des Einzelnen zahllose Auswirkungen, die für den Handelnden kaum mehr zu überschauen sind. Dabei stellen sich wichtige Fragen: Welche gesellschaftlichen Auswirkungen können digitale Technologien haben? Wer trägt für diese Verantwortung? Können

digitale Technologien selbst entscheiden? Wie verändert das, was wir Information nennen, Machtstrukturen? Sind digitale Technologien gerecht? Haben Computer ein Bewusstsein? Sind virtuelle Welten real und haben virtuelle Handlungen überhaupt moralische Relevanz? Um diese Fragen verstehen und einordnen zu können, erfolgt in der Veranstaltung zunächst eine Einführung in die allgemeine Ethik und die Computer- und Informationsethik, danach werden folgende Themen bearbeitet: (1) Verantwortung und Technik, (2) Umweltethische Aspekte der Informatik, (3) Auswirkungen von Wissen und Macht, die durch digitale Technologien bereitgestellt wird, (4) Gefährdung von Privatheit durch digitale Technologien, (5) algorithmische Gerechtigkeit, (6) Grundlagen der Ethik Künstlicher Intelligenz, (7) Human Enhancement, (8) autonome Waffen, (9) digitale Welten und virtuelle Realitäten, (10) Bewusstsein und moralischer Status Künstlicher Intelligenz.

Lehrmethoden

Die Veranstaltung wird sich jeweils in einen Teil gliedern, in dem das notwendige Wissen zu den einzelnen Themen vermittelt wird, dann werden wir dieses gemeinsam vertiefen. Dazu wird es erforderlich sein, jeweils im Vorfeld der Termine Texte zu lesen (diese werden selbstverständlich zur Verfügung gestellt). In den Veranstaltungen werden wir diese vertiefenden Texte dann gemeinsam analysieren und diskutieren.

Literatur

Auswahl; die zu bearbeitenden Texte werden in der Veranstaltung zur Verfügung gestellt.

- James H. Moor, What Is Computer Ethics? Metaphilosophy 1985, 16(4), 266-275
- Luciano Floridi, The Ethics of Information. Oxford University Press 2013
- Mark Coeckelbergh, AI Ethics. MIT Press 2020
- Hans Jonas, Das Prinzip Verantwortung: Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation. Insel Verlag 1979 (1. Aufl.)
- Robert Sparrow, Killer robots. Journal of Applied Philosophy 2007, 24(1): 62-77
- David J. Chalmers, Realität+: Virtuelle Welten und die Probleme der Philosophie. Suhrkamp 2023

Leistungsnachweis

Mündliche Prüfung, 30 Minuten

Verwendbarkeit

Die im Modul vermittelten Kenntnisse und Fähigkeiten sind wertvoll, um sich reflektiert mit ethischen Fragen digitaler Technologien auseinanderzusetzen. Sie können somit eine nützliche Ergänzung für alle IT-technischen Themen und insbesondere auch für Aspekte der Cyber-Sicherheit sein und helfen, reflektiert und verantwortet, Wissen in Informatik und Cyber-Sicherheit anzuwenden.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert ein Trimester und findet jeweils im Herbst- und Wintertrimester statt.

Modulname	Modulnummer
Adaptive Artificial Intelligence	2180

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Eirini Ntoutsi	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	60	30	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
21811	VL	Adaptive Artificial Intelligence	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				3

Empfohlene Voraussetzungen

Gute Kenntnisse über künstliche Intelligenz, maschinelles Lernen, Daten und Algorithmen.

Qualifikationsziele

Da sich Daten kontinuierlich weiterentwickeln, steigt die Nachfrage nach KI-Systemen, die sich an veränderte Umgebungen anpassen können. Dieses Modul vermittelt adaptive KI-Techniken, die es Modellen ermöglichen, kontinuierlich zu lernen, Wissen zu übertragen und sich an neue Aufgaben und Domänen anzupassen – essenziell für Anwendungen in der Cybersicherheit, im Gesundheitswesen, in der Robotik und in autonomen Systemen. Die Studierenden erhalten einen umfassenden Überblick über verschiedene Ansätze, deren Stärken und Schwächen, und lernen, diese durch praktische Anwendungen anzuwenden.

Inhalt

Dieses Modul vermittelt die theoretischen Grundlagen und praktischen Fähigkeiten zur Entwicklung adaptiver KI-Systeme, die mit Streaming-Daten, Konzeptdrift, Feinabstimmung und Wissensübertragung zwischen Aufgaben umgehen können.

Konkret behandelt der Kurs:

- Online-Learning
- Stream-Learning
- Concept drift detection and adaptation
- Transfer learning
- Fine-tuning
- Multitask-learning

Lehrmethoden
Die Lehrveranstaltung wird als Vorlesung durchgeführt. Sie vermittelt die zentralen theoretischen Konzepte und Methoden anhand ausgewählter Beispiele und aktueller Forschungsergebnisse.
Literatur
• Gama, J. (2010). Knowledge Discovery from Data Streams. CRC Press. • Bartz-Beielstein, T., & Bartz, E. (2024). Online Machine Learning: A Practical Guide with Examples in Python (Machine Learning: Foundations, Methodologies, and Applications). • Ausgewählte aktuelle Lehrmaterialien und Fachartikel.
Leistungsnachweis
Der Leistungsnachweis erfolgt als Portfolio auf Basis von einer kleinen, mündlichen Darstellung (40 min) und einem Projekt mit einer kleinen, schriftlichen Ausfertigung.
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfeld KI
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester.
Sonstige Bemerkungen
Nicht gemeinsam mit „Adaptive Artificial Intelligence (erweitert)“ anrechenbar.

Modulname	Modulnummer
Adaptive Artificial Intelligence (erweitert)	2181

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Eirini Ntoutsi	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	174	96	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
21811	VL	Adaptive Artificial Intelligence	Pflicht	3
21812	SE	Selected topics of Adaptive AI	Pflicht	3
21813	VL	Praktikum Adaptive AI	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen

Gute Kenntnisse über künstliche Intelligenz, maschinelles Lernen, Daten und Algorithmen.

Qualifikationsziele

Da sich Daten kontinuierlich weiterentwickeln, steigt die Nachfrage nach KI-Systemen, die sich an veränderte Umgebungen anpassen können. Dieses Modul vermittelt adaptive KI-Techniken, die es Modellen ermöglichen, kontinuierlich zu lernen, Wissen zu übertragen und sich an neue Aufgaben und Domänen anzupassen – essenziell für Anwendungen in der Cybersicherheit, im Gesundheitswesen, in der Robotik und in autonomen Systemen. Die Studierenden erhalten einen umfassenden Überblick über verschiedene Ansätze, deren Stärken und Schwächen, und lernen, diese durch praktische Anwendungen anzuwenden.

Inhalt

Dieses Modul vermittelt die theoretischen Grundlagen und praktischen Fähigkeiten zur Entwicklung adaptiver KI-Systeme, die mit Streaming-Daten, Konzeptdrift, Feinabstimmung und Wissensübertragung zwischen Aufgaben umgehen können.

Konkret behandelt der Kurs:

- Online-Learning
- Stream-Learning
- Concept drift detection and adaptation
- Transfer learning
- Fine-tuning
- Multitask-learning

Lehrmethoden
Der Kurs kombiniert Vorlesungen, Mini-Projekte und Paper-Präsentationen, um eine ausgewogene Mischung aus theoretischem Wissen und praktischer Erfahrung zu vermitteln. • Vorlesungen vermitteln zentrale Konzepte wie Online-Lernen, Stream-Lernen, Transfer-Lernen und Konzeptdrift. • Mini-Projekte ermöglichen die Anwendung adaptiver KI-Techniken auf praxisnahe Datensätze (z. B. Zeitreihen, Sensordaten, Textströme). • Paper-Präsentationen fördern die kritische Auseinandersetzung mit aktueller Forschung und neuen Herausforderungen in adaptiver KI.
Literatur
• Gama, J. (2010). Knowledge Discovery from Data Streams. CRC Press. • Bartz-Beielstein, T., & Bartz, E. (2024). Online Machine Learning: A Practical Guide with Examples in Python (Machine Learning: Foundations, Methodologies, and Applications). • Konferenzveröffentlichungen und Fachzeitschriftenartikel zu adaptiver KI.
Leistungsnachweis
Der Leistungsnachweis erfolgt als Portfolio auf Basis von einer kleinen, mündlichen Darstellung (40 min) und einem Projekt mit einer kleinen, schriftlichen Ausfertigung.
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfeld KI
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester und findet jährlich statt.
Sonstige Bemerkungen
Der Workload des Moduls verteilt sich gleichmäßig.

Modulname	Modulnummer
Learning under Data Scarcity	2182

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Eirini Ntoutsi	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
90	60	30	3

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
21822	VL	Learning under Data Scarcity	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				3

Empfohlene Voraussetzungen

Gute Kenntnisse in maschinellem Lernen, Statistik, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Daten und Algorithmen.

Qualifikationsziele

In vielen Anwendungsbereichen stehen nur wenige, unvollständige, unzureichend annotierte oder unausgewogene Daten zur Verfügung. Das Modul vermittelt Methoden des maschinellen Lernens für den Umgang mit unterschiedlichen Formen von Datenknappheit.
Die Studierenden können verschiedene Formen von Daten- und Labelknappheit unterscheiden, geeignete Lernverfahren auswählen und deren Voraussetzungen, Stärken und Grenzen beurteilen. Sie verstehen, wie zusätzliche Informationen durch unbeschriftete Daten, gezielte Annotation, Datenerweiterung, Wissenstransfer und synthetische Daten erschlossen werden können.

Inhalt

Das Modul behandelt grundlegende Konzepte und Methoden des maschinellen Lernens unter begrenzter Datenverfügbarkeit.Konkret behandelt der Kurs:

- Formen von Daten- und Labelknappheit sowie Klassenungleichgewicht
- Semi-Supervised Learning und Self-Supervised Learning
- Active Learning und Weak Supervision
- Data Augmentation
- Transfer Learning und Few-Shot Learning
- Generative Verfahren und synthetische Daten
- Evaluation, Verzerrungen und Grenzen der behandelten Verfahren

Lehrmethoden

Die Lehrveranstaltung wird als Vorlesung durchgeführt. Sie vermittelt die zentralen theoretischen Konzepte und Methoden anhand ausgewählter Beispiele und aktueller Forschungsergebnisse.

Literatur
• He, H. und Ma, Y. (Hrsg.) (2013): Imbalanced Learning: Foundations, Algorithms, and Applications. Wiley-IEEE Press. • Ausgewählte aktuelle Lehrmaterialien und Fachartikel.
Leistungsnachweis
Mündliche Prüfung von 25 Minuten Dauer.
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Informatik, Vertiefungsfeld Künstliche Intelligenz.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester.
Sonstige Bemerkungen
Unterrichts- und Prüfungssprache: Englisch

Modulname	Modulnummer
Artificial Intelligence	2319

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Eirini Ntoutsi	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
23191	VÜ	Artificial Intelligence	Pflicht	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse in den Bereichen Algorithmen, Datenstrukturen, Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Qualifikationsziele

Der Kurs bietet eine Einführung in das Gebiet der Künstlichen Intelligenz und führt in die grundlegenden Ideen und Techniken ein, die dem Design von intelligenten Maschinen zugrunde liegen. Am Ende dieses Kurses werden Sie gelernt haben, wie man autonome (Software-)Agenten entwickelt, die in vollständig informierten, teilweise beobachtbaren und gegnerischen Umgebungen effizient Entscheidungen treffen. Zudem werden Sie erforschen, wie KI eingesetzt werden kann, um Entscheidungsprozesse zu optimieren, Bedrohungen zu erkennen und in dynamischen und unsicheren Umgebungen auf Sicherheitsvorfälle zu reagieren.

Inhalt

Künstliche Intelligenz hat fast jeden Aspekt unseres Lebens durchdrungen, von der Empfehlung von Inhalten und der Gesundheitsfürsorge bis hin zur vorausschauenden Polizeiarbeit und zum autonomen Fahren, und betrifft jeden, überall und jederzeit. Da die Nachfrage nach KI-Spezialisten steigt, wächst auch der Bedarf an Studierenden, die neue KI-Technologien entwickeln und anwenden können. Themen:

- Informed search
- Uninformed search
- Constraint Satisfaction Problems
- Adversarial search
- Markov Decision Processes
- Reinforcement Learning
- Local search and Optimization
- Concrete Cybersecurity Applications

Literatur
• Stuart Russell and Peter Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach • Richard Sutton and Andrew Barto, Reinforcement Learning: An Introduction Zusätzlich erhalten die Studierenden ausgewählte aktuelle Fachartikel, die sich auf die neuesten Fortschritte in der KI und deren Anwendungen in der Cybersicherheit konzentrieren.
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 80 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Studiengang Master Cyber-Sicherheit in der Vertiefung Security Intelligence (SI)
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester und wird im Wintertrimester (WT) angeboten.

Modulname	Modulnummer
Responsible Artificial Intelligence	2320

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Eirini Ntoutsi	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
23201	VÜ	Responsible Artificial Intelligence	Pflicht	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

Gute Kenntnisse in maschinellem Lernen, Algorithmen, Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Qualifikationsziele

Der Bereich der verantwortungsvollen Künstlichen Intelligenz (KI) hat sich entwickelt, um den Menschen stärker in den Mittelpunkt von KI-basierten Systemen zu stellen. Dabei werden zentrale Aspekte wie Bias, Fairness, Erklärbarkeit, Robustheit und Datenschutz systematisch berücksichtigt.

In diesem Kurs werden grundlegende Konzepte und Methoden der verantwortungsvollen KI vermittelt, mit besonderem Schwerpunkt auf Verzerrungen (Bias) und Fairness im maschinellen Lernen, erklärbarer KI (Explainable AI, XAI) sowie adversarieller Robustheit.

Inhalt

Dieser Kurs vermittelt grundlegende Konzepte und Methoden der verantwortungsvollen Künstlichen Intelligenz (KI) mit besonderem Schwerpunkt auf Verzerrungen (Bias) und Fairness im maschinellen Lernen, erklärbarer KI (Explainable AI, XAI) sowie adversarieller Robustheit. Dabei werden sowohl theoretische Grundlagen als auch praktische Ansätze zur Analyse und Bewertung von KI-Systemen behandelt.
Nach erfolgreichem Abschluss des Kurses sind die Studierenden in der Lage, Verzerrungen in KI-Systemen zu identifizieren, zu analysieren und zu bewerten, Methoden zur Erklärung von Modellverhalten anzuwenden sowie Aspekte der Fairness, Erklärbarkeit und Robustheit systematisch in den Entwurf und die Anwendung von KI-Systemen zu integrieren.

Themen:
- Aspects of responsible/trustworthy AI
- Bias in AI systems
- Explainable AI (XAI)
- Adversarial robustness

Literatur

- Virginia Dignum, Responsible Artificial Intelligence - How to Develop and Use AI in a Responsible Way, Springer, 2019
- Solon Barocas, Moritz Hardt, Arvind Narayanan, FAIRNESS AND MACHINE LEARNING Limitations and Opportunities, online, 2022
- Christopher Molnar, Interpretable Machine Learning - A Guide for Making Black Box Models Explainable, 2022
- Moritz Hardt, The Emerging Science of Machine Learning Benchmarks, Princeton University Press, 2026

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 80 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Studiengänge: MCYBSI, MINFSIT, MINFKI,MCYBSI, MINFSIT, MINFKI

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester und wird jeweils im Herbsttrimester (HT) angeboten.

Modulname	Modulnummer
Artificial Intelligence (erweitert)	2536

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Eirini Ntoutsi	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	96	174	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
23191	VÜ	Artificial Intelligence	Pflicht	6
23192	SE	Seminar Selected topics in Artificial Intelligence	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				8

Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse in den Bereichen Algorithmen, Datenstrukturen, Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Qualifikationsziele

Vorlesung **Artificial Intelligence**: Der Kurs ist eine Einführung in das Gebiet der Künstlichen Intelligenz und führt in die grundlegenden Ideen und Techniken ein, die dem Design von intelligenten Maschinen zugrunde liegen. Am Ende dieses Kurses werden Sie gelernt haben, wie man autonome (Software-)Agenten entwickelt, die in vollständig informierten, teilweise beobachtbaren und gegnerischen Umgebungen effizient Entscheidungen treffen. Zudem werden Sie erforschen, wie KI eingesetzt werden kann, um Entscheidungsprozesse zu optimieren, Bedrohungen zu erkennen und in dynamischen und unsicheren Umgebungen auf Sicherheitsvorfälle zu reagieren.

Seminar **Selected topics in Artificial Intelligence**: Die Seminare zielen auf die eigenständige Erforschung eines wissenschaftlichen Themas auf der Grundlage einiger Veröffentlichungen und einer qualitativ hochwertigen Präsentation des Themas sowohl in schriftlicher (Report) als auch in mündlicher Form (Vortrag und Frage- und Antwortrunde). Dieses Seminar beschäftigt sich mit der Diskussion ausgewählter Themen der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens. Jedes Trimester steht ein anderes Thema im Mittelpunkt, z.B. spezifische Lernaufgaben und -methoden, Lernen für verschiedene Datentypen, Lernen unter spezifischen Datenherausforderungen, etc.

Inhalt

Künstliche Intelligenz hat fast jeden Aspekt unseres Lebens durchdrungen, von der Empfehlung von Inhalten und der Gesundheitsfürsorge bis hin zur vorausschauenden Polizeiarbeit und zum autonomen Fahren, und betrifft jeden, überall und jederzeit. Da

die Nachfrage nach KI-Spezialisten steigt, wächst auch der Bedarf an Studierenden, die neue KI-Technologien entwickeln und anwenden können.

Vorlesung **Artificial Intelligence:**

- Informed search
- Uninformed search
- Constraint Satisfaction Problems
- Adversarial search
- Markov Decision Processes
- Reinforcement Learning
- Local search and Optimization
- Concrete Cybersecurity Applications

Seminar **Selected topics in Artificial Intelligence:** Die Studentinnen und Studenten wählen ein Thema aus der Liste der vorgegebenen Themen. Für jedes Thema erhalten die Studentinnen und Studenten 3-5 Forschungspapiere. Ausgehend von den Seed Papers sollen die Studentinnen und Studentendie einschlägige Literatur untersuchen und ihre Ergebnisse, einschließlich einer vergleichenden Bewertung der verschiedenen Ansätze und offenen Herausforderungen, in einem 5-seitigen Report zusammenfassen. Darüber hinaus sollen die Studentinnen und Studenten ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen konstruktives Feedback zu ihren Reports und Präsentationen geben (Peer Review). Schließlich sollen die Studentinnen und Studenten ihre Arbeit - in einer 20-minütigen Präsentation und einer 10-minütigen Fragerunde - während eines Blockseminars am Ende des Trimesters vorstellen.

In allen Lehrveranstaltungen werden die Lehrmaterialien in englischer Sprache zur Verfügung gestellt. Die Veranstaltungen werden in englischer Sprache gehalten.

Literatur

- Stuart Russell and Peter Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach
- Richard Sutton and Andrew Barto, Reinforcement Learning: An Introduction

Zusätzlich erhalten die Studierenden ausgewählte aktuelle Fachartikel, die sich auf die neuesten Fortschritte in der KI und deren Anwendungen in der Cybersicherheit konzentrieren.

Leistungsnachweis

Portfolio. Es sind die folgenden Leistungen zu erbringen: Zur Vorlesung mit Übung ist entweder eine Klausur (80 min) oder ein Fachgespräch (30 min) zu absolvieren; die Art der Leistung wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben. Im Seminar sollen die Studierenden einschlägige Literatur untersuchen, ihre Ergebnisse in einem Bericht (5 Seiten) zusammenfassen, auch die Ergebnisse der anderen Studierenden diskutieren und am Ende Ihre Arbeit präsentieren (20 Minuten Präsentation und 10 Minuten Fragerunde); Bearbeitungsdauer: 10 bis 12 Wochen. Die Leistungen in der Klausur/ Fachgespräch und im Seminar gehen im Verhältnis 80 zu 20 in die Note ein.

Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Studiengang Master Cyber-Sicherheit in der Vertiefung Security Intelligence (SI)
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester und wird im Wintertrimester (WT) angeboten.

Modulname	Modulnummer
Responsible Artificial Intelligence (erweitert)	2537

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Eirini Ntoutsi	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	96	174	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
23201	VÜ	Responsible Artificial Intelligence	Pflicht	6
23202	SE	Responsible Artificial Intelligence	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				8

Empfohlene Voraussetzungen

Gute Kenntnisse in maschinellem Lernen, Algorithmen, Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Qualifikationsziele

Vorlesung **Responsible Artificial Intelligence:** Der Bereich der verantwortungsvollen KI ist in letzter Zeit in dem Versuch entstanden, den Menschen in den Mittelpunkt von KI-basierten Systemen zu stellen, indem Aspekte wie Fairness, Erklärbarkeit, Zuverlässigkeit und Privatsphäre von KI-Systemen berücksichtigt werden. In diesem Kurs werden verschiedene Aspekte der verantwortungsvollen KI behandelt, wobei der Schwerpunkt auf fairnessbewusstem maschinellem Lernen und erklärbarer KI (XAI) liegt.

Am Ende des Kurses werden Sie gelernt haben, wie man Verantwortungsaspekte wie Fairness und XAI in den Entwurf und die Anwendung von KI einbeziehen kann.

Seminar **Responsible Artificial Intelligence**: Die Seminare zielen auf die unabhängige Erforschung eines wissenschaftlichen Themas auf der Grundlage einiger Veröffentlichungen und einer qualitativ hochwertigen Präsentation des Themas sowohl in schriftlicher (Bericht) als auch in mündlicher Form (Präsentation und Frage- und Antwortsitzungen). Dieses Seminar widmet sich der Diskussion ausgewählter Themen der verantwortungsvollen Künstlichen Intelligenz. Jedes Trimester steht ein anderes Thema im Mittelpunkt, z.B. Multi-Diskriminierung, post-hoc Erklärbarkeit, kontrafaktische Erklärungen, Erklärbarkeit für bestimmte Datentypen, etc.

Inhalt

Die diskriminierenden Effekte der KI-basierten Entscheidungsfindung auf bestimmte Bevölkerungsgruppen wurden bereits in einer Reihe von Fällen beobachtet, was zu einer zunehmenden Besorgnis der Öffentlichkeit über die Auswirkungen der KI auf unser Leben geführt hat; außerdem nimmt die Komplexität der KI-Modelle zu, was es schwierig

macht zu verstehen, wie Entscheidungen getroffen werden und ob die Modelle sinnvolle Muster aus den Daten lernen.

Vorlesung **Responsible Artificial Intelligence**:
- Responsibility aspects
- Fairness-aware learning
- Explainable AI
- Responsibility aspects in AI/ML pipelines

Seminar **Responsible Artificial Intelligence**: Die Studentinnen und Studenten wählen ein Thema aus der Liste der vorgegebenen Themen. Für jedes Thema erhalten die Studentinnen und Studenten 3-5 Forschungspapiere. Ausgehend von den Seed Papers sollen die Studentinnen und Studentendie einschlägige Literatur untersuchen und ihre Ergebnisse, einschließlich einer vergleichenden Bewertung der verschiedenen Ansätze und offenen Herausforderungen, in einem 5-seitigen Report zusammenfassen. Darüber hinaus sollen die Studentinnen und Studenten ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen konstruktives Feedback zu ihren Reports und Präsentationen geben (Peer Review). Schließlich sollen die Studentinnen und Studenten ihre Arbeit - in einer 20-minütigen Präsentation und einer 10-minütigen Fragerunde - während eines Blockseminars am Ende des Trimesters vorstellen.

In allen Lehrveranstaltungen werden die Lehrmaterialien in englischer Sprache zur Verfügung gestellt. Die Veranstaltungen werden in englischer Sprache gehalten.

Literatur

- Virginia Dignum, Responsible Artificial Intelligence - How to Develop and Use AI in a Responsible Way, Springer, 2019
- Solon Barocas, Moritz Hardt, Arvind Narayanan, FAIRNESS AND MACHINE LEARNING Limitations and Opportunities, online, 2022
- Christopher Molnar, Interpretable Machine Learning - A Guide for Making Black Box Models Explainable, 2022

Für das Seminar: Je nach dem Thema des Seminars kann jedes Trimester zusätzliches Lesematerial bereitgestellt werden.

Leistungsnachweis

Portfolio. Es sind die folgenden Leistungen zu erbringen: Zur Vorlesung mit Übung ist entweder eine Klausur (80 min) oder ein Fachgespräch (30 min) zu absolvieren; die Art der Leistung wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben. Im Seminar sollen die Studierenden einschlägige Literatur untersuchen, Ihre Ergebnisse in einem Bericht (5 Seiten) zusammenfassen, auch die Ergebnisse der anderen Studierenden diskutieren und am Ende Ihre Arbeit präsentieren (20 Minuten Präsentation und 10 Minuten Fragerunde); Bearbeitungsdauer: 10 bis 12 Wochen. Die Leistungen in der Klausur/ mündlichen Prüfung und im Seminar gehen im Verhältnis 80 zu 20 in die Note ein.

Verwendbarkeit

Wahlpflichtmodul im Studiengang Master Cyber-Sicherheit in der Vertiefung Security Intelligence (SI)

Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester und wird jeweils im Herbsttrimester (HT) angeboten.

Modulname	Modulnummer
Deep Learning (erweitert)	2668

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Marta Gomez-Barrero	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
26681	SE	Selected Topics in Deep Learning	Pflicht	2
42121	VL	Deep Learning	Pflicht	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				

Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse in den Bereichen Machine Learning, Algorithmen. Gute Programmierkenntnisse (Python).

Qualifikationsziele
Vorlesung: Die Studierenden verstehen die Grundprinzipien von Deep Learning Methoden, welche heutzutage weit verbreitet in der Künstlichen Intelligenz sind, insbesondere für Muster Erkennung. Sie werden nicht nur mit linearen Netzen arbeiten, sondern auch mit Convolutional Neural Networks (CNN) für Bildverarbeitung und Long Short-Term Memory (LSTM) Networks fu#r die Verarbeitung von Sequenzen. Die Studierenden können verschiedene Ansätze vergleichen, ihre Vorteile und Nachteile besprechen, und entscheiden, welches der beste Ansatz zur Bewältigung der anstehenden Herausforderungen ist. Seminar: Die Studierenden können aktuelle deep learning Architekturen implementieren und evaluieren. Die Studierenden sind in der Lage, aktuelle Herausforderungen des deep learnings zu verstehen, zu analysieren, zu evaluieren und zu diskutieren, um neue Lösungen zu finden. Darüber hinaus können sie fachliche Literatur und aktuelle Veröffentlichungen recherchieren, um Methoden zu finden, welche ihnen bei der Entwicklung neuer Lösungen helfen können. Die Studierenden können ihre Arbeit im Team präsentieren und Herausforderungen diskutieren. Des Weiteren können die Studierenden Fragen zu den anderen Vorträgen formulieren und mit Ideen beitragen, um die Herausforderungen zusammen zu lösen.

Inhalt

In dieser Vorlesung erwerben die Studierenden umfassende Kenntnisse über:In dieser Vorlesung erwerben die Studierenden umfassende Kenntnisse über:

- Grundlagen der deep learning
- Convolutional Neural Networks
- Long Short-Term Memory (LSTM) Networks
- Generative Adversarial Networks (GAN) und Autoencoders (AE)
- Biometrische Erkennung und deep learning
- Angriffserkennug in der Biometrie: Presentation Attack Detection (PAD) und deep learning

Seminar:

Die Studierenden wählen ein Projekt aus der Liste der angebotenen Projekte aus. Am Ende des Trimesters sollten die Studierenden eine Ausarbeitung und ggf. Code abliefern und ihre Arbeit in einer 20- bis 40-minütigen Präsentation (inkl. Q&A-Slot) vorstellen.

Literatur

- I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville: Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series), The MIT Press; Illustrated Edition (18. November 2016), ISBN: 978-0262035613
- F. Chollet: Deep Learning with Python, Manning Publications, 2017, ISBN: 978-1617294433
- B. Bhanu, A. Kumar: Deep Learning for Biometrics, Springer, 2017, ISBN: 978-3319616568
- Forschungsartikel in peer-reviewed Konferenzen oder Journalen

Leistungsnachweis

Portfolio: zur Vorlesung ein 60-minütige schriftliche Klausur und zum Seminar eine Ausarbeitung (6 bis 10 Seiten), ggf. Code und eine 20- bis 40-minütige Präsentation (inkl Q&A-Slot). Die Bearbeitungsdauer für die Ausarbeitung und die Vorbereitung der Präsentation beträgt 4 bis 6 Wochen. Die Leistungen in der Klausur und im Seminar gehen im Verhältnis 60 zu 40 in die Note ein.

Verwendbarkeit

Die hier erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten vermitteln tiefes Verständnis von modernen Verfahren des deep learnings. Die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen dieses Wahlpflichtmoduls ermöglicht den Studierenden die Übernahme einer Master-Arbeit mit Anwendungen der Methoden des Deep Learnings auf verschiedenen Gebieten.

Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert ein Trimester und beginnt jedes Jahr im FT.

Modulname	Modulnummer
Deep Learning	2821

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Marta Gomez-Barrero	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
120	48	72	4

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
42121	VL	Deep Learning	Pflicht	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				

Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse in den Bereichen Machine Learning, Algorithmen. Gute Programmierkenntnisse (Python).

Qualifikationsziele

Die Studierenden verstehen die Grundprinzipien von Deep Learning Methoden, welche heutzutage weit verbreitet in der Künstlichen Intelligenz sind, insbesondere für Muster Erkennung. Sie werden nicht nur mit linearen Netzen arbeiten, sondern auch mit Convolutional Neural Networks (CNN) für Bildverarbeitung und Long Short-Term Memory (LSTM) Networks fu#r die Verarbeitung von Sequenzen. Die Studierenden können verschiedene Ansätze vergleichen, ihre Vorteile und Nachteile besprechen, und entscheiden, welches der beste Ansatz zur Bewältigung der anstehenden Herausforderungen ist.

Inhalt

In dieser Vorlesung erwerben die Studierenden umfassende Kenntnisse über:In dieser Vorlesung erwerben die Studierenden umfassende Kenntnisse über:

- Grundlagen der deep learning
- Convolutional Neural Networks
- Long Short-Term Memory (LSTM) Networks
- Generative Adversarial Networks (GAN) und Autoencoders (AE)
- Biometrische Erkennung und deep learning
- Angriffserkennug in der Biometrie: Presentation Attack Detection (PAD) und deep learning

Literatur

- I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville: Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series), The MIT Press; Illustrated Edition (18. November 2016), ISBN: 978-0262035613

- F. Chollet: Deep Learning with Python, Manning Publications, 2017, ISBN: 978-1617294433
- B. Bhanu, A. Kumar: Deep Learning for Biometrics, Springer, 2017, ISBN: 978-3319616568
- Forschungsartikel in peer-reviewed Konferenzen oder Journalen

Leistungsnachweis

60-minütige schriftliche Klausur.

Verwendbarkeit

Die hier erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten vermitteln tiefes Verständnis von modernen Verfahren des deep learnings. Die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen dieses Wahlpflichtmoduls ermöglicht den Studierenden die Übernahme einer Master-Arbeit mit Anwendungen der Methoden des Deep Learnings auf verschiedenen Gebieten.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert ein Trimester und beginnt jedes Jahr im FT.

Modulname	Modulnummer
Ausgewählte Kapitel des OR: Data-driven Optimization	2994

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Juniorprof. Dr. rer. nat. Maximilian Moll	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
29941	VÜ	Ausgewählte Kapitel des Data-driven Optimization	Pflicht	3
29942	VÜ	Quantum Machine Learning & Optimization	Wahlpflicht	3
29943	SE	Seminar: Ausgewählte Kapitel des OR	Wahlpflicht	3
29944	P	Praktikum: Ausgewählte Kapitel des OR	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen

Grundlegende Kenntnisse in Methoden des Operations Research und des Data Minings oder der Statistik werden vorausgesetzt.

Qualifikationsziele

Studierende sollen in die Lage versetzt werden, sich selbstständig mit neuartigen Methoden der data-driven Optimization in Theorie und Praxis auseinander zu setzen. Hierzu sollen sie im Rahmen der Vorlesung, sowie vertiefend in Seminar und Praktikum, verschiedene Methoden analysieren und anwenden.

Hierbei soll nicht nur die Fähigkeit entwickelt werden Ansätze auf ihre theoretische Richtigkeit und praktische Anwendbarkeit zu beurteilen, sondern diese auf ein Problem hin anpassen zu können.

Schließlich soll das Identifizieren geeigneter Probleme und passender Lösungsansätze geschult werden.

Inhalt

Data-driven Optimization beschäftigt sich zukunftsweisend mit der Kombination von klassischen Optimierungsmethoden und daten-basierten Ansätzen. Im Gegensatz zu der klassischen Optimierung der letzten Jahrhunderte, die ausgehend von einem zu optimierenden Modell eine Lösung sucht, bietet das Data-driven Optimization die Möglichkeit, ohne eine exakte mathematische Abstrahierung des zugrunde liegenden Modells Optimierungsmethoden anzuwenden.

Das Modul bietet aufbauend auf dem vorhandenen Grundwissen einen vertiefenden Einblick in ausgewählte Themengebiete des data-driven Optimization. Neben der grundlegenden Problematik werden Themen aus dem Reinforcement Learning, Prescriptive Analytics und der konvexen Optimierung unter Unsicherheit behandelt.

Das Reinforcement Learning ist neben Supervised und Unsupervised Learning das dritte Teilgebiet des Machine Learnings und beschäftigt sich mit daten-basierten Ansätzen zu Problemen der klassischen Kontrolltheorie. Hierbei soll im Modul auch die Anwendung auf praxis-relevante Probleme herausgestellt werden, die über die bekannten Lösungen von Spielen, wie z.B. Go, hinausgehen.

Prescriptive Analytics stellt aufbauend auf Descriptive und Predictive Analytics die nützlichste und schwerste Stufe des Data Science dar. Hier müssen nicht nur datan-basierte Vorhersagen getroffen werden, sondern das zukünftige System auf eine gegebene Zielvorstellung hin optimiert werden. In der Vorlesung werden verschiedene grundsätzliche Herangehensweisen mit ihren Vor- und Nachteilen diskutiert, sowie die Abgrenzung zu Predictive Analytics konkretisiert.

Die konvexe Optimierung stellt ein zentrales Element des Operations Research und der modernen Entscheidungsunterstützung dar. In vielen Fällen sind jedoch die Parameter der Optimierungsmodelle nicht explizit bekannt, sondern müssen zunächst aus Daten abgeleitet werden. Die Vorlesung thematisiert, wie sich dies auf die zu wählenden Optimierungsverfahren auswirken muss.

Das Seminar greift aktuelle Publikationen zu den Themen der Vorlesung auf.

Im Praktikum setzen sich die Studierenden mit einer konkreten, praxis-nahen Problemstellung des data-driven Optimization auseinander.

In der Vorlesung Quantum Machine Learning and Optimization wird spezifisch auf die Verwendung von Quantum Computern für effizientere Algorithmen im Kontext der NISQ-Maschinen eingegangen.

Im Praktikum werden die Studierenden an die Lösung eines konkreten RL-Problems unter praxis-nahen Bedingungen herangeführt. Hierfür wird Ihnen ein entsprechendes Environment gestellt. Während jeder Student sich mit einem anderen konkreten Algorithmus aus der Vorlesung beschäftigt, werden sie durch verschiedenen Arbeitsschritte geführt. Abschließend werden die Performances der verschiedenen trainierten Algorithmen verglichen – der Vergleich untereinander dient dabei als Teil der Lernerfahrung, nicht aber der Bewertung.

Literatur

- Sutton, Richard S., and Andrew G. Barto. *Reinforcement learning: An introduction.* MIT press, 2018.
- Jacquier, Antoine, et al.*Quantum Machine Learning and Optimisation in Finance: On the Road to Quantum Advantage*. Packt Publishing Ltd, 2022

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfelder Software- und Informationsmanagement, Geoinformatik sowie Modellierung, Operations Research, Simulation und Experimentation, außerdem im Anwendungsfach Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang WIN, Vertiefungsfeld Technologie-und Innovationsmanagement • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang CYB, Vertiefungsfelder Enterprise Security, Public Security sowie Security Intelligence
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester. Es beginnt immer im Frühjahrstrimester.
Sonstige Bemerkungen
Zum Absolvieren des Moduls sind neben der Pflichtveranstaltung "Ausgewählte Kapitel des Data-driven Optimization" zwei der drei Wahlpflichtveranstaltungen zu belegen.

Modulname	Modulnummer
Data Mining und IT- basierte Entscheidungsunterstützung	3396

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Stefan Pickl	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
33961	VÜ	Data Mining und IT-basierte Entscheidungsunterstützung	Pflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse zu mathematischen Methoden des Operations Research und der Statistik wie sie z.B. im Bachelor Informatik bzw. Wirtschaftsinformatik vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Lernziele sind das kompetente Beherrschen grundlegender Verfahren und Methoden sowie ihrer praktischen Anwendung in den unter Inhalte dargestellten Bereichen.

Insbesondere ist es das Ziel, IT-basierte Entscheidungsunterstützung unter der speziellen Cyberperspektive zu betrachten: Wie können Angriffe schneller erkannt, wie kann man sich optimal dagegen schützen und wie können Entscheidungsunterstützungssysteme gegenüber Cyberangriffen optimiert werden. Das Modul gibt einen Überblick über aktuelle Modelle und Verfahren sowie relevante Bedrohungsszenarien.

Inhalt

Die Studierenden sollen in dieser Veranstaltung mit den IT-basierten und entscheidungstheoretischen Grundlagen im Bereich der modernen Datenanalyse vertraut gemacht werden; insbesondere im Hinblick auf die Strukturierung von Entscheidungsproblemen, die Entwicklung von geeigneten Analyseverfahren zur Erforschung von komplexen datenbasierten Zusammenhängen ("Exploratory Analysis").

Data Mining bedeutet dabei das Extrahieren von impliziten, noch unbekannten Informationen aus Rohdaten. Dazu sollten IT-Systeme in die Lage versetzt werden, Datenbanken und Datenansammlungen (z.B. im Bereich der Geoinformatik) automatisch nach Gesetzmäßigkeiten und Mustern zu durchsuchen und einen Abstraktionsprozess durchzuführen, der als Ergebnis aussagekräftige Informationen liefert. Insbesondere das heutige maschinelle Lernen und das Verfahren des "Datafarming" stellen dafür die Werkzeuge und Techniken zur Verfügung, die in den Bereich des modernen Wissensmanagements (bis zur Begriffsanalyse) und "Datamining" hineinführen.

Literatur

- Decision Support Systems Developing Web-Enabled Decision Support Systems, Abhijit A. Pol and Ravindra K. Ahuja. Dynamic Ideas 2007.
- Exploratory Data Analysis Making Sense of Data: A Practical Guide to Exploratory Data Analysis and Data Mining, Glenn J. Myatt. John Wiley, 2006.
- Spatial Data Analysis Spatial Data Analysis - Theory and Practice, Robert Haining, Cambridge University Press 2003.
- Data Mining Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques (Second Edition) Ian H. Witten, Eibe Frank. Morgan Kaufmann 2005.
- Data Mining: A Knowledge Discovery, K. Cios, W. Pedrycz, R. Swiniarski Springer, 2007.
- Data Mining Introductery and Advanced Topics, Margaret Dunham, Prentice Hall, 2003.
- Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, U. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth, R. Uthurusamy, editors , MIT Press, 1996.
- Data Mining: Concepts and Techniques, Jiawei Han, Micheline Kamber. Morgan Kaufmann, 2006.
- Principles of Data Mining, David J. Hand, Heikki Mannila and Padhraic Smyth. MIT Press, 2000. Daniel T. Larose,
- Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining, John Wiley 2004. Robert Nisbet, John Elder, IV and Gary Miner.
- Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications. Elsevier 2009.
- Statistical Learning - Machine Learning Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman,
- The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Springer Verlag, 2001. Mehmed Kantardzic, Data Mining: Concepts, Models, Methods, and Algorithms, Wiley-IEEE Press, 2002.

Weiterführende Literatur:

- Zeitreihenanalyse Time Series Analysis. Hamilton 1994.
- Reinforcement Lernen und Spieltheorie Reinforcement Learning: An Introduction. Sutton and Barto: MIT Press 1998.
- Fun and Games: A Text on Game Theory. Binmore, Linster, Houghton Mifflin 2000.
- Statistik Bayesian Data Analysis. Gelman, Carlin, Stern, Rubin: Chapman 1995. Introduction to Mathematical Statistics. Hogg, Craig: Prentice Hall 2004.
- Principles of Statistics. Bulmer: Dover 1979.
- Probability, Random Variables and Stochastic Proc., Papoulis, McGraw, Hill 2002.

Leistungsnachweis

p.p1 {
margin: 0.0px 0.0px 0.0px 0.0px;
font: 12.0px Arial;
min-height: 14.0px
}

```
p.p2 {
margin: 0.0px 0.0px 0.0px 0.0px;
font: 11.5px Arial
}

p.p3 {
margin: 0.0px 0.0px 0.0px 0.0px;
font: 11.5px Arial;
min-height: 12.0px
}

table.t1 {
border-collapse: collapse
}

td.td1 {
padding: 0.0px 5.0px 0.0px 5.0px
}
```

60-minutige schriftliche Klausur

Verwendbarkeit
Die Vorlesung kann durch weiterführende Veranstaltungen im Bereich der Datenanalyse fortgeführt werden, z.B. im Bereich der modernen Begriffsanalyse, des Algorithmic Engineering, im Rahmen von Spezialvorlesungen der Numerik und Statistik sowie der Geoinformatik. Ebenfalls bestehen enge Bezüge zu wissenschaftlichen Forschungsgebieten im Bereich der Künstlichen Intelligenz.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.

Modulname	Modulnummer
Digital und Serious Games	3579

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
apl. Prof. Dr. Marko Hofmann	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10333	VÜ	Moderne Heuristiken	Wahlpflicht	3
3579-V1	VÜ	Digital und Serious Games (I)	Pflicht	3
3579-V2	VÜ	Artificial Intelligence in Games	Wahlpflicht	3
3579-V3	VÜ	Computational Intelligence in Games	Wahlpflicht	3
3579-V4	P	Praktikum Digital und Serious Games	Wahlpflicht	3
3579-V5	VÜ	Digital und Serious Games (II)	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung

Das Modul setzt grundlegende Programmierkenntnisse sowie grundlegende Kenntnisse in den Themengebieten Algorithmen und Mathematik/Wahrscheinlichkeitsrechnung voraus, wie sie im Bachelorstudium Informatik vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Die Studierenden erwerben ein vertieftes Verständnis der Digital und Serious Games und sind in der Lage, die Basiskonzepte und die wesentlichen Schritte des Entwicklungszyklus zu erläutern. Sie können die betroffenen Fachgebiete und ihre Rolle im Bereich Digital/Serious Games beschreiben. Weiterhin können sie ausgewählte Algorithmen, die im Bereich der digitalen Spiele eingesetzt werden, anwenden und implementieren. Insbesondere sind die Studierenden vertraut mit den aktuellen Anwendungen von Serious Games sowie den Problemen, Bedenken und Grenzen.Die Studierenden erwerben ein vertieftes Verständnis der Digital und Serious Games und sind in der Lage, die Basiskonzepte und die wesentlichen Schritte des Entwicklungszyklus zu erläutern. Sie können die betroffenen Fachgebiete und ihre Rolle im Bereich Digital/Serious Games beschreiben. Weiterhin können sie ausgewählte Algorithmen, die im Bereich der digitalen Spiele eingesetzt werden, anwenden und implementieren. Insbesondere sind die Studierenden vertraut mit den aktuellen Anwendungen von Serious Games sowie den Problemen, Bedenken und Grenzen.

Inhalt

Digital und Serious Games:

Die Veranstaltung „Digital und Serious Games“ führt mit der dazugehörigen Übung, welche die Inhalte aufgreift und Anwendungen aufzeigt, in den Bereich der Serious Games ein. Serious Games bilden eine stetig an Bedeutung gewinnende Untergruppe der digitalen Spiele, bei der neben dem Aspekt der Unterhaltung ein weiteres Ziel wie z.B. eine Wissensvermittlung verfolgt wird. Die Veranstaltung behandelt Serious und Digital Games und grenzt sie gegeneinander ab. Wichtige Teilgebiete sind u.a.: Spielentwurf und -entwicklung, Funktionsweisen und aktuelle Beispiele von Authoring Tools und Game Engines, die Erzeugung von Spielinhalten, die Personalisierung und Anpassung sowie das Performance Assessment. Weiterhin werden auch ethische und juristische Gesichtspunkte behandelt und diskutiert.

Moderne Heuristiken:

Die Vorlesung und Übung behandelt grundlegende Algorithmen und Heuristiken der allgemeinen Suche und Optimierung. Beide Bereiche finden sich u.a. in den Gebieten der Artificial und Computational Intelligence und im Performance Assessment und Adaptation der Digital und Serious Games wieder. Viele Probleme in diesem Bereich sind aus Gründen der Performance nicht mehr mit exakt-lösenden Verfahren bearbeitbar. Daher muss auf Heuristiken und Metaheuristiken zurückgegriffen werden. Die Veranstaltung führt in diese Thematik ein, verdeutlicht Vor- und Nachteile der Verfahrensklassen und stellt eine Auswahl dieser Verfahren und Anwendungsbeispiele vor.

Artificial Intelligence in Games:

Digitale Spiele stellen ein wichtiges Teilgebiet der künstlichen Intelligenz dar. Hier werden Algorithmen für die Steuerung des gesamten Spiels als auch für die Non Player Character verwendet. Die Verfahren umfassen u.a. Methoden für das Pattern Movement, Flocking, Chasing and Evasion, Pfadplanung, regelbasierte und Fuzzy Systeme, Bayessche Ansätze und neuronale Netze. Die Veranstaltung behandelt eine Auswahl der wichtigsten Verfahren und zeigt ihre Anwendung und ihre aktuellen Grenzen im Bereich der digitalen Spiele -insbesondere der Serious Games auf. Die Übung vertieft die Inhalte der Vorlesung.

Computational Intelligence in Games:

Die Computational Intelligence im Spielbereich bildet seit einigen Jahren ein stetig wachsendendes Gebiet der Forschung und Anwendung. Die Begriffe Artificial und Computational Intelligence sind mitunter schwer gegeneinander abzugrenzen. Hier werden die Bereiche „Neuronale Netze“ und „Fussy-System“ ausgenommen, da sie bereits in der Veranstaltung „Artificial Intelligence in Games“ behandelt werden. Daher umfasst die Veranstaltung „Computational Intelligence in Games“ im Schwerpunkt evolutionäre Algorithmen und verwandte Verfahren, wie sie im Bereich der digitalen Spiele u.a. zur Spieladaptation, Non Player Character Steuerung und Content Generation

genutzt werden. Grundlegende Verfahren werden vorgestellt, ihre Anwendung sowie Vorteile und Probleme erläutert und in der dazugehörigen Übung vertieft.

Praktikum:

Das Praktikum vertieft die Kenntnisse der Methoden der Vorlesungen anhand einer aktuellen Fragestellung im Bereich der digitalen Spiele.

Leistungsnachweis
Portfolio. Zum Absolvieren des Moduls sind die Pflichtveranstaltung VÜ Digital und Serious Games sowie zwei der Wahlpflichtveranstaltungen zu belegen. Zu der Pflichtveranstaltung und zu jeder gewählten Wahlpflichtveranstaltung ist jeweils ein Fachgespräch von 20 Minuten Dauer zu absolvieren. Die Gesamtnote setzt sich aus den drei Teilnoten mit gleicher Gewichtung zusammen.
Verwendbarkeit
Das Modul kann für eine Vertiefung im Master Informatik in den Richtungen Modellierung, Operations Research, Simulation und Experimentation genutzt werden. Es bereitet weiterhin auf eine Masterarbeit im Bereich Serious and Digital Games vor und zeigt Anwendungen der Artificial und Computational Intelligence in einem aktuellen Teilgebiet der Informatik. Da Digital und Serious Games ein wichtiges Tätigkeitsfeld bzw. Berufsfeld der Informatik darstellen, sind Kenntnisse in diesem Bereich von großer Bedeutung.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 3 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.

Modulname	Modulnummer
Natural Language Processing	3850

Konto	WPFL Vert. KI - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. phil. Michaela Geierhos	Wahlpflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
38501	VÜ	Natural Language Processing	Pflicht	3
38502	P	Praktikum Natural Language Processing	Pflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen
Die Studierenden sollten Grundkenntnisse in Informatik besitzen, insbesondere Erfahrung mit Algorithmen sowie Programmierkenntnisse in Python haben.

Qualifikationsziele
Ziel der Lehrveranstaltungen dieses Moduls ist es, die Studierenden mit speziellen Techniken des Natural Language Processing vertraut zu machen. Insbesondere sollen die Studierenden dabei lernen, wie Qualität, Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit komplexer Sprachmodelle durch Auswahl entsprechender Entwicklungs- und Evaluationsmethoden gewährleistet werden können.

Inhalt
Die Studierenden lernen die wichtigsten Phänomene in natürlichen Sprachen auf verschiedenen Granularitätsebenen kennen, angefangen bei der Kombination von Lauten bis hin zur Bedeutung von Wörtern, Sätzen und Texten. Sie erhalten eine Einführung in die wichtigsten symbolischen und statistischen Ansätze des Natural Language Processing (NLP) zur Modellierung dieser Phänomene. Alle theoretischen Themen werden von Übungen begleitet, die sich mit diesen Phänomenen befassen und die ihre Anwendung in praktischen Szenarien demonstrieren, wie z. B. Rechtschreibkorrektur, automatische Vervollständigung, Schlüsselwortextraktion, Themenerkennung, Erkennung von benannten Entitäten (Eigennamen), Relationsextraktion, Synonymerkennung, etc. Im Praktikum werden die Inhalte der Vorlesung im Rahmen eines exemplarischen NLP-Projekts zur Anwendung gebracht.

Literatur
• Dan Jurafsky, James H. Martin: Speech and Language Processing, 3. Auflage, 2023. https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/ • Steven Bird, Ewan Klein, Edward Loper: Natural Language Processing with Python – Analyzing Text with the Natural Language Toolkit, 2019. https://www.nltk.org/book/ • Akshay Kulkarni, Adarsha Shivananda: Natural Language Processing Recipes: Unlocking Text Data with Machine Learning and Deep Learning Using Python, Apress, 2021.
Leistungsnachweis
Leistungsnachweis für das Gesamtmodul ist ein Portfolio, das sich aus den Einzelleistungen in den beiden Teilveranstaltungen zusammensetzt. Die geforderten Einzelleistungen sind wie folgt: • 38501: Schriftliche Klausur von 60 Minuten Dauer. • 38502: Präsentation, Bearbeitungszeit: 4 Wochen, Umfang 20 Minuten. Die Leistungen zur Vorlesung (mit Übung) und im Praktikum gehen mit gleichen Anteilen in die Note ein.
Verwendbarkeit
Die Teilnahme an den Lehrveranstaltungen dieses Wahlpflichtmoduls ermöglicht den Studierenden die Übernahme einer Master-Arbeit im Bereich Data Science mit Fokus auf Natural Language Processing.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester und beginnt jedes Jahr im WT.

Modulname	Modulnummer
Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik	1282

Konto	Anwendungsfachmodule Elektrotechnik - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12821	OS	Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik	Wahlpflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik, Mathematik. Grundkenntnisse im jeweils zu bearbeitenden Themengebiet.
Qualifikationsziele
Die Studierenden lernen die grundlegende Arbeitsweise zur Lösung ingenieurwissenschaftlicher Aufgabenstellungen durch die konkrete Bearbeitung einer Problemstellung und die aktive Teilnahme an Fachdiskussionen zu anderen Aufgabenstellungen kennen. Die Studierenden sind in der Lage, (mess-)technische Problemstellungen zu analysieren und mithilfe von ingenieurwissenschaftlichem Denken und Handeln zielgerichtet zu lösen. Die Studierenden haben vertiefte theoretische und praktische Kenntnisse im jeweils bearbeiteten Aufgabengebiet und besitzen verbesserte Fertigkeiten im Umgang mit problemorientierten Bearbeitungstools (eingesetzte Geräte, Software, etc.).
Inhalt
Das Oberseminar vertieft praxisnah das Verständnis für verschiedene Themengebiete der Sensorik und Messtechnik aus allen Anwendungsbereichen von beispielsweise der Consumer-Elektronik oder der Automobil- und Luftfahrttechnik über klimarelevante Fragestellungen bis hin zur Medizintechnik. Die Behandlung von vorgegebenen oder durch die Studierenden selbst vorgeschlagenen Themen ist auf theoretischer oder simulationstechnischer Basis ebenso möglich wie durch den Bau bzw. Untersuchung von Prototypen. Die von den Studierenden erarbeiteten Ergebnisse und Lösungen werden im Rahmen des Oberseminars präsentiert und zur wissenschaftlichen Diskussion gestellt.

Die auf diese Weise erworbenen Fähigkeiten können auch im Rahmen von studentischen Abschlussarbeiten (insbesondere Masterarbeit) nutzbringend eingesetzt werden.
Literatur
Je nach Aufgabenstellung unterschiedlich. Wird individuell bekannt gegeben.
Leistungsnachweis
Portfolioprüfung, laufende Mitarbeit (10%), 60 min Zwischenbesprechungen (20%), 30 min Präsentation und wissenschaftliche Diskussion (70%)
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem Trimester

Modulname	Modulnummer
Fragen der Mikro- und Nanosystemtechnik	1326

Konto	Anwendungsfachmodule Elektrotechnik - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Georg Düsberg	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
13261	SE	Fragen der Mikro- und Nanosystemtechnik	Wahlpflicht	6
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Die Module Technologie der Halbleiter und Mikrosysteme, Werkstoffe der Elektrotechnik und Nanotechnologie sind hilfreich, aber nicht zwingend vorausgesetzt.
Qualifikationsziele
Die Studierenden erhalten einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung und Entwicklung in der Industrie und öffentlichen Forschungseinrichtungen.
Inhalt
Mitglieder des Instituts für Physik als auch externe Gäste aus Industrie und Forschungseinrichtungen berichten über aktuelle Herausforderungen und Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung auf den Gebieten der Mikro- und Nanosystemtechnik
Literatur
Handout der Vortragenden
Leistungsnachweis
Portfolioprüfung: regelmäßige Teilnahme an ca. 20 über 3 Trimester verteilte 45 min. Terminen, 30 min. benoteter Vortrag (100%)
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul für Vertiefungsrichtungen der Masterstudiengänge EIT, ME, INF Anwendungsfach Elektrotechnik.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 3 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester des 1. Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
Biomedizinische Informationstechnik 1	1846

Konto	Anwendungsfachmodule Elektrotechnik - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
18461	VP	Biosignal-Messtechnik	Wahlpflicht	3
18464	VL	Konzepte für Assistiertes und Automatisiertes Fahren	Wahlpflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt wird die Bereitschaft zur aktiven Mitarbeit in kleinen Teams.
Qualifikationsziele
Die Studierenden besitzen grundlegendes methodisches Wissen zur zuverlässigen und sicheren Registrierung und Darstellung von Körpersignalen und verstehen die mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften. Sie kennen wesentliche Eigenschaften und Besonderheiten ausgewählter Biosignale wie EKG, EEG, EMG und differenzieren ein breites Spektrum von Anwendungsaspekten. Die Studierenden kennen grundlegende Konzepte und aktuelle Technologien von Fahrerassistenzsystemen und reflektieren kritisch die spezifischen Herausforderungen des Autonomen Fahrens. Die Studierenden sind in der Lage, Ingenieurwissen im interdisziplinären Umfeld der Bereiche Medizin, Biowissenschaften und Mensch-Maschine-Interaktion umzusetzen und sind sicher im eigenständigen Erarbeiten von Problemlösungen im Team.
Inhalt
Die Module Biomedizinische Informationstechnik 1 und Biomedizinische Informationstechnik 2 erlauben einen Blick über den eigenen Gartenzaun hinaus und zeigen Möglichkeiten auf, das in den Grundlagenmodulen erworbene Ingenieurs-Know-How in den Bereichen Medizin, Life-Sciences und Mensch-Maschine-Interaktion einzusetzen. Das studentenzentrierte aktive Erleben der vermittelten Inhalte steht dabei im Mittelpunkt. In den zugehörigen Lehrveranstaltungen werden wesentliche Problemfelder der Biomedizinischen Informationstechnik mit Fokus auf die zuverlässige Registrierung, Verarbeitung und Interpretation biomedizinischer Signale besprochen

und anhand von Beispielen aus der Praxis illustriert. Das Modul Biomedizinische Informationstechnik 1 umfasst die Lehrveranstaltungen Biosignal-Messtechnik und Konzepte für Assistiertes und Automatisiertes Fahren.

a) Lehrveranstaltung Biosignal-Messtechnik (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude)

In verschiedenen Lehreinheiten wird die Erfassung und Verarbeitung biologischer Signale unter Verwendung des Biopac-Student-Lab (www.biopac.com) und der PhysioNet-Datenbank demonstriert. Teams von jeweils drei Studierenden führen Messungen sowie Auswertungen selbständig durch und erarbeiten so die einzelnen Lektionen in weitgehend freier Zeiteinteilung. In gemeinsamen Seminarveranstaltungen erörtern die Studierenden charakteristische Eigenschaften biologischer Signale und erarbeiten Techniken zur zuverlässigen Signalregistrierung. Dabei erhalten sie einen Einblick in die physiologischen Grundlagen biologischer Signalquellen und in die für die Messung erforderliche Sensor- und Digitalisierungstechnik. Sie machen sich mit den sicherheitstechnischen Aspekten der Signalerfassung am menschlichen Körper vertraut und erlernen die Grundlagen der digitalen Signaldarstellung im Zeit- und Spektralbereich. Anhand typischer Anwendungsbeispiele aus Medizin, Biowissenschaften und Ambient-Assisted Living werden die Inhalte schließlich konkretisiert und vertieft.

b) Lehrveranstaltung Konzepte für Assistiertes und Automatisiertes Fahren (Prof. Dr. rer. nat. Dietrich Manstetten)

Die Lehrveranstaltung konzentriert sich auf den Kontext der Rolle des Menschen in der Fahrzeugführung und die zur Unterstützung dieser Aufgabe entwickelten technischen Systeme. Aktuelle Fahrerassistenzsysteme (Elektronisches Stabilitäts Programm ESP, Adaptive Cruise Control ACC, Notbremssysteme, Spurhalteunterstützung, Nachtsichtsysteme) werden aus Unfallforschung und Verkehrstheorie motiviert und im Detail erläutert. Die Implikationen für die sich ändernde Rolle des Fahrers werden dargestellt und anhand von informationstechnischen Technologien der Mensch-Maschine-Schnittstelle bzw. der Fahrerzustandserkennung konkretisiert. Die Studierenden erörtern Techniken zur Umwelterfassung und die dazu erforderliche Sensortechnologie. Sie erlernen Methoden zur Modellierung des Fahrerverhaltens und erhalten Einblick in den Systemtest mit Fahrsimulatoren und auf Teststrecken. Die Studierenden diskutieren die sinnvolle Gestaltung der Mensch-Maschine Schnittstelle und setzen sich mit technischen wie ethischen Aspekten des autonomen Fahrens auseinander.

Literatur

- Husar P: Elektrische Biosignale in der Medizintechnik. Springer Vieweg, 2019.
- Rangayyan RM: Biomedical Signal Analysis: A Case-Study Approach, Wiley-IEEE Press, 2002
- Moody GB, Mark RG, Goldberger AL: PhysioNet: A Web-Based Resource for the Study of Physiologic Signals, Engineering in Medicine and Biology Magazine, Vol 20/3, pp. 70-75, 2001
- Bengler K, Drüke J, Hoffmann S, Manstetten D, Neukum A (Eds.) (2017): UR:BAN Human Factors in Traffic - Approaches for Safe, Efficient and Stress-free Urban Traffic. ATZ/MTZ Fachbuch, Springer-Vieweg, 2017

- Winner H, Hakuli S, Wolf G: Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort. Verlag Vieweg&Teubner, 2009.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 75 Minuten. (sP-75)

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul im Studiengang ME M.Sc. für die Wahlpflichtgruppe ITSK
- Wahlpflichtmodul im Studiengang INF M.Sc. für das Anwendungsfach Elektrotechnik
- EIT MSc. Wahlpflichtmodul MINT

Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
Advanced Analog Integrated Circuit Design	1919

Konto	Anwendungsfachmodule Elektrotechnik - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Prof. Dr. techn. Linus Maurer	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19191	VÜ	Advanced Analog Integrated Circuit Design	Wahlpflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse im Bereich der elektronischen Bauelemente und Schaltungen, wie sie im Modul 4076, 4077 und 4081 vermittelt werden.

Qualifikationsziele
Die Studierenden haben ein Verständnis der Grundlagen des Entwurfs integrierter Schaltungen und von CMOS Technologien. Die Studierenden haben eine Befähigung zur Simulation und zur Verifikation integrierter Schaltungen. Die Studierenden haben einen Einblick in die analoge und digitale Schaltungstechnik.

Inhalt
Die Studierenden werden mit den Grundlagen der CMOS Technologien bekannt gemacht. Sie erhalten eine Einführung in die elektrischen Entwurfsregeln. Die Studierenden werden mit den Grundlagen der Simulation integrierter Schaltungen bekannt gemacht. Die Studierenden lernen statistische Methoden für den Entwurf integrierter Schaltungen und das Layout integrierter Schaltungen. Parameter Extraktion und „pre-silicon“ Verifikation werden eingeführt.

Literatur
• Behzad Razavi, Microelectronics, 2nd Edition International Student Version, ISBN: 978-1-118-16506-5 • Skript zur Vorlesung „Integrierte Schaltungen“, Institut für Mikroelektronik und Schaltungstechnik, www.unibw.de/ims/vorlesungen • P.R. Gray, P. J. Hurst, S. H. Lewis, R. G. Meyer, Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, John Wiley & Sons, 4. Aufl., 2001 • Kurt Hoffmann, „Systemintegration vom Transistor zur großintegrierten Schaltung“, ISBN 3-486-57894-4, Oldenbourg-Verlag München, München/Wien 2006 (2. Auflage)

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung mit 75 Minuten Dauer.
Verwendbarkeit
Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. die Studienrichtung SKE
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester des 1. Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
Praxisanwendungen mit MATLAB oder LabVIEW	1924

Konto	Anwendungsfachmodule Elektrotechnik - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. techn. Christian Kargel	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19241	OS	Praxisanwendungen mit MATLAB oder LabVIEW Oberseminar	Wahlpflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Elektrotechnik, Physik, Mathematik. Grundkenntnisse in MATLAB oder LabVIEW.
Qualifikationsziele
Die Studierenden lernen die grundlegende Arbeitsweise zur Lösung ingenieurwissenschaftlicher Aufgabenstellungen durch die konkrete Bearbeitung einer Problemstellung und die aktive Teilnahme an Fachdiskussionen zu anderen Aufgabenstellungen kennen. Die Studierenden haben verbesserte Fertigkeiten bei der problemorientierten Anwendung und dem praktischen Umgang mit MATLAB oder LabVIEW sowie vertiefte Kenntnisse im jeweils bearbeiteten Aufgabengebiet. Die Studierenden können ingenieurwissenschaftliche Aufgabenstellungen analysieren und durch Einsatz von MATLAB oder LabVIEW zielgerichtet lösen.
Inhalt
Das Softwarepaket MATLAB wird weltweit standardmäßig sowohl im akademischen Umfeld als auch in der Industrie eingesetzt und zählt zum Handwerkszeug jedes Ingenieurs. Ähnliches gilt für das Softwarepaket LabVIEW insbesondere für die Messdatenerfassung und die Steuerung von automatisierten Mess-Systemen. Im Oberseminar arbeiten die Teilnehmer als Einzelperson oder in Kleingruppen an der praxisnahen Anwendung von MATLAB oder LabVIEW in verschiedenen vorgegebenen oder von den Studierenden selbst vorgeschlagenen Aufgabenstellungen in unterschiedlichsten Bereichen (Automobil- und Luftfahrttechnik, Automatisierungs-, Umwelt- und Sicherheitstechnik, Medizintechnik, Machine Learning und Machine Vision,

erneuerbare Energien, etc.). Die von den Studierenden konkret erzielten Ergebnisse und Lösungen werden im Rahmen des Oberseminars präsentiert und diskutiert.
Literatur
Je nach Aufgabenstellung unterschiedlich. Wird individuell bekannt gegeben.
Leistungsnachweis
Portfolioprüfung: Bearbeitungszeit 5-10 Wochen, laufende Mitarbeit (10%), 60 min Zwischenbesprechungen (20%), 30 min Präsentation und wissenschaftliche Diskussion (70%)
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang ME • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester und findet in jedem Trimester statt.

Modulname	Modulnummer
Quantencomputing für Ingenieure	2317

Konto	Anwendungsfachmodule Elektrotechnik - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Mathias Richter	Wahlpflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
23171	VÜ	Quantencomputing für Ingenieure WP	Wahlpflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine

Empfohlene Voraussetzungen
• Kenntnisse in Linearer Algebra entsprechend den Bachelor-Vorlesungen Mathematik I-III oder äquivalent. • Kenntnisse in Grundlagen der Elektrotechnik entsprechend den Bachelor-Vorlesungen Grundlagen der Elektrotechnik I-II oder äquivalent. • Kenntnisse in Quantenmechanik entsprechend den Bachelor-Vorlesungen Experimentalphysik 1-2 oder äquivalent.

Qualifikationsziele
Diese Vorlesung versteht sich als selbständige Einführung in die Funktionsweise der supraleitenden Qubits (Transmons) und wie die grundlegenden Gatter bei den supraleitenden Qubits aufgebaut werden. Darauf basierend wird die Erstellung von verschränkten Zuständen sowie die Grundalgorithmen des Quantencomputings (Quantenteleportation, Grover-Suchalgorithmus, Quanten-Fourier-Transformation, Quanten-Phasenschätzung) vermittelt. Die Theorie wird begleitet mit Übungen, die mittels Qiskit an Simulatoren und an echten IBM-Quantencomputern programmiert und zum Laufen gebracht werden. Hauptziel der Veranstaltung ist die Fähigkeit zu erlernen, einfache Quantenalgorithmen an einer der am meisten entwickelten Quantencomputer-Technologien selbst zu implementieren und die resultierenden Ergebnisse zu deuten.

Inhalt
• Grundlagen der Quantenmechanik. Was ist ein Qubit. Einführung in die Qiskit-Programmierung. Quantenteleportation. • Linearer LC-Resonator und nichtlineares supraleitendes Transmon. Kapazitive Kopplung zwischen Transmon und LC-Resonator: Einlesen und Steuerung eines einzelnen Qubits. • Fundamentale Operationen mit Qubits, Implementierung von Gattern für einzelne und mehrere Qubits.

- Der Grover-Suchalgorithmus und dessen Implementierung in einem realen Quantencomputer.
- Quanten-Fourier-Transformation und Anwendungen.

Literatur

- N. D. Mermin, „Quantum Computer Science. An Introduction“, Cambridge University Press, 2007
- M. A. Nielsen, I. L. Chuang, „Quantum Computation and Quantum Information“, Cambridge University Press, 2010

Leistungsnachweis

Portfolioprüfung: schriftliche Ausarbeitung von 5 Übungsblättern während des Trimesters (Gewichtung mit 1/2); Klausur von 45 Minuten Dauer am Ende des Trimesters (Gewichtung mit 1/2).

Verwendbarkeit

Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für alle Studienrichtungen

Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
MATLAB essentials	3684

Konto	Anwendungsfachmodule Elektrotechnik - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	48	102	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
36841	VÜ	MATLAB essentials	Wahlpflicht	4
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				4

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt wird die Bereitschaft zur eigenmotivierten aktiven Mitarbeit in kleinen Teams
Qualifikationsziele
Die Studierenden verstehen und beherrschen die wesentlichen Schlüsseltechniken der matrixorientierten Programmierung. Sie sind vertraut mit speziellen und weiterführenden Konzepten zur strukturierten und modularen Programmierung in MATLAB und können auch komplexere interaktive Benutzerschnittstellen realisieren. Neben der generellen Fähigkeit zur algorithmischen Umsetzung ingenieurstypischer Problemstellungen besitzen die Studierenden Sicherheit im selbständigen Erarbeiten von Problemlösungen im Team.
Inhalt
MATLAB® ist ein interaktives, matrixorientiertes Programmpaket zur Berechnung, Visualisierung und Programmierung wissenschaftlich-technischer Fragestellungen. Die Vorlesung MATLAB essentials bietet einen umfassenden Einblick in dieses vielseitige, in den Ingenieurswissenschaften weitverbreitete Werkzeug. Die Vorlesung wird als Blended-Learning Kurs angeboten und verknüpft eine Selbstlernkomponente mit Vorlesungsanteilen im Seminarstil. Anhand eines ausführlichen Skripts und ausgewählter Übungsaufgaben bereiten die Studierenden die einzelnen Lehreinheiten in weitgehend freier Zeiteinteilung zunächst selbständig in kleinen Teams am eigenen Rechner vor. Ein internet-basiertes Lernportal stellt dabei den Kontakt zum Dozenten und zu den anderen Kursteilnehmern sicher. In den begleitenden Seminarveranstaltungen werden die erarbeiteten Lösungen dann präsentiert, Problemstellen und alternative Lösungsansätze diskutiert und die Inhalte weiter vertieft. Nach einer grundlegenden Einführung in die matrixorientierte Programmierung werden verschiedene Möglichkeiten zur Visualisierung und graphischen Darstellung vorgestellt. Die Studierenden lernen

die von MATLAB unterstützten Datentypen und –strukturen kennen und realisieren einfache Benutzerschnittstellen und –dialoge. Im zweiten Teil der Lehrveranstaltung werden die erlernten Techniken dann weiter vertieft und verfeinert. Die Studierenden beschäftigen sich ausführlich mit der modularen und rekursiven Programmierung unter Nutzung eingebetteter und verschachtelter Funktionen. Sie erlernen die flexible Parameterübergabe über Parameter-Value Kombinationen, werden mit den vielfältigen Möglichkeiten zum Datenimport und –export vertraut gemacht und erstellen komplexe interaktive Benutzeroberflächen mittels Callbacks.

Literatur

- Rabe M, Staude G: Skript zur Vorlesung MATLAB essentials
- Schweizer W: MATLAB kompakt. 7. Auflage. De Gruyter Oldenbourg, 2022

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer (sP-90).

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul im Studiengang INF M.Sc. für das Anwendungsfach Elektrotechnik
- Wahlpflichtmodul MINT

Hinweis: Das Modul ist nur dann verwendbar, wenn die Lehrveranstaltung MATLAB essentials nicht bereits im Rahmen eines anderen Moduls eingebracht wurde!

Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
Signalverarbeitung	6050

Konto	Anwendungsfachmodule Elektrotechnik - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60501	VÜ	Signalverarbeitung	Pflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Kenntnisse der Signal- und Systemtheorie, der Wahrscheinlichkeitsrechnung und stochastischer Prozesse und der höheren Mathematik.
Qualifikationsziele
Die Studierenden verstehen die mit dem Übergang vom kontinuierlichen Signal zum zeit- und wertdiskreten Signal einhergehenden Veränderungen von Signaleigenschaften. Sie wenden diese Signaleigenschaften eigenständig auf praktische Probleme an. Hierzu verfügen sie über einen sicheren Umgang mit Schlüsseltechniken der digitalen Signalverarbeitung im Zeit- und Frequenzbereich. Die Studierenden differenzieren ferner die Prinzipien der statistischen Signalklassifikation.
Inhalt
Die Studierenden werden in dieser Lehrveranstaltung spezifisch mit digitalen Signalen deterministischer und stochastischer Natur (Zufallssignalen) vertraut gemacht. Sie setzen sich im ersten Schritt mit der Darstellung von zeitkontinuierlichen und zeitdiskreten Signalen im Zeit- und Frequenzbereich als Fourier-Reihe, Fourier-Transformation, Laplace-Transformation, Z-Transformation und zeitdiskrete Fourier-Transformation (DTFT) auseinander. Dazu verdeutlichen sich die Studierenden erneut das Verfahren der Signalabtastung und dessen Effekte. Als wichtigstes Ergebnis dieses Abschnitts zu den Signaltransformationen erlernen die Studierenden das Werkzeug der diskreten Fourier-Transformation (DFT) und grenzen dieses zu anderen Verfahren ab. Dabei machen sie sich mit allen Effekten der DFT vertraut, insbesondere der Zusammenhänge von Zeit- und Frequenzauflösung, Aliasing und Leakage-Effekt. Spezifische Größen für Zufallssignale und Zufallsvariablen sowie allgemeine stochastische Prozesse, insbesondere die Autokorrelation, Kreuzkorrelation und das Leistungsdichtespektrum, vervollständigen das Bild basierend auf den Wiener'schen Theorien. Darauf aufbauend wird die Spektralschätzung und Spektralanalyse eingeführt. So erwerben die

Studierenden fundierte Kenntnis über die Spektralanalyse und Spektralschätzung von deterministischen Signalen und Zufallssignalen, wobei traditionelle, nicht-parametrische sowie parametrische Spektralschätzverfahren vermittelt werden. Zur Abrundung erlernen die Studierenden die Grundlagen der Parameterschätzung mithilfe von Statistiken höherer Ordnung (Higher-Order Statistics, HOS) und bestimmen die Schätzgüte anhand der wesentlichen Parameter Erwartungstreue und Schätzvarianz. Mithilfe der Cramer-Rao-Bound erlernen sie ferner, die Schätzgüte absolut sowie im Vergleich mit anderen Schätzverfahren zu beurteilen.

Literatur

- Kammeyer KD, Kroschel K: Digitale Signalverarbeitung. Springer Vieweg, 2022
- Oppenheim A, Schafer R: Discrete-Time Signal Processing: Pearson New International Edition. Pearson Education Limited, 2013

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer (sP-60).

Verwendbarkeit

- Pflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung SKE
- Pflichtmodul im Studiengang ME M.Sc. für die Wahlpflichtgruppe ITSK
- Wahlpflichtmodul im Studiengang CYB M.Sc. für das Vertiefungsfeld SI
- Wahlpflichtmodul im Studiengang INF M.Sc. für das Anwendungsfach Elektrotechnik
- Wahlpflichtmodul MINT

Dauer und Häufigkeit

1 Trimester, in jedem WT

Modulname	Modulnummer
Digitale Filter und Array Processing	6060

Konto	Anwendungsfachmodule Elektrotechnik - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
60601	VÜ	Digitale Filter	Wahlpflicht	3
60602	VÜ	Array Processing	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt sind Grundkenntnisse in der Digitalen Signalverarbeitung wie sie z.B. im Modul Signalverarbeitung vermittelt werden
Qualifikationsziele
Die Studierenden besitzen vertieftes und fundiertes Wissen in der Analyse des Ein-/ Ausgangsverhaltens linearer zeitdiskreter Systeme im Zeit- und Frequenzbereich. Sie sind sicher im Umgang mit Schlüsseltechniken zur Signaldarstellung und Interpretation im Zeit- und Frequenzbereich sowie zum Entwurf digitaler Filter. Sie sind fähig, diese Werkzeuge situationsbezogen auf neue Problemstellungen anzuwenden. Die Studierenden können digitale Filterkomponenten in Abhängigkeit von der gegebenen Fragestellung auswählen, parametrieren und kritisch hinsichtlich sicherheitsrelevanter Aspekte wie Stabilität und Robustheit bewerten. Sie erhalten die Kompetenz, das erworbene Wissen in voller Anwendungsbreite von Schätzverfahren im Zeit- und Frequenzbereich hinaus auf neue Fragestellungen anzuwenden. Die Studierenden verfügen über die Fähigkeit, selbständig Fragestellungen zu den wesentlichen Algorithmen der räumlichen Signalanalyse und Parameterschätzung zu bearbeiten. Sie erkennen die breiten Potenziale von Mehrantennensystemen für die gerichtete räumliche Kommunikation und für die Nutzung der räumlichen Dimension als zur Zeit- und Frequenzdimension orthogonale Ausbreitungskomponente und können diese benennen. Die Studierenden können Methoden zur Apertursynthese und modellbasierten Strahlformung wiedergeben und selbstständig auf neue Problemstellungen anwenden.
Inhalt
a) Lehrveranstaltung Digitale Filter (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude)

In dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden mit den wesentlichen Prinzipien zur Analyse und dem Entwurf digitaler Filter bekannt gemacht und damit das Wissen aus den grundlegenden Signalverarbeitungsvorlesungen weiter vertieft. Nach einer Einführung in das Gebiet der Schnellen Algorithmen (Fast Fourier Transform (FFT), Schnelle Faltung) befassen sich die Studierenden umfassend mit der Analyse von linearen verschiebungsinvarianten Systemen (LVI-Systeme). Sie werden mit den verschiedenen Beschreibungsformen (IA, DG, ÜF, FG) vertraut gemacht und lernen die verschiedenen Systemarten (MA, AR, ARMA) und ihre speziellen Eigenschaften (linearphasige Filter, minimalphasige Filter, Allpässe) zu differenzieren. Die Studierenden lernen unterschiedliche Realisierungsstrukturen kennen und befassen sich mit Techniken zum Entwurf digitaler Filter. Dabei erlernen sie sowohl Verfahren zum Entwurf von FIR-Filtern (Windowing, Frequency-Sampling, Tschebyscheff-Approximation) als auch zum Entwurf von IIR-Filtern (direkte, impulsinvariante und bilineare Transformation). In einem weiteren Kapitel werden die Studierenden mit dem Konzept der adaptiven Filter bekannt gemacht. Dabei werden zunächst exemplarisch das Least-Mean-Squares Verfahren und der Recursive-Least-Squares Algorithmus vorgestellt bevor die Studierenden an das allgemeine Prinzip der Zustandsmodellierung und des Kalman-Filters herangeführt werden. Ein Kapitel zu aktuell verfügbaren Hardware-Architekturen wie Digitalen Signal Prozessoren (DSP) und FPGA-Bausteinen, Implementierungsaspekten und möglichen Fehlerquellen (Quantisierungseffekte, Stabilität, Grenzzyklen) schließt die Lehrveranstaltung ab.

b) Lehrveranstaltung Array Processing (Prof. Dr.-Ing. Andreas Knopp)

In dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden grundlegend in die Anwendungsgebiete und Applikationen von Antennenarrays, Beamforming und räumlichen Filtern eingeführt. Hierbei erwerben sie ein Verständnis über uniforme lineare Arrays, zirkulare Arrays, Array Performance Metriken und Antennenelemente sowie deren Eigenschaften. Die Studierenden werden in das Thema Antennenarrays eingeführt und verstehen die unterschiedlichen Syntheseformen. Sie erlernen Array-Polynome und z-Transformation, das räumliche Abtasttheorem, Binomialarrays, Dolph-Chebychev Arrays und Villeneuve n-Verteilung und setzen sich mit der Least-Squares Fehlermustersynthese, dem Minimax Design, dem Null-Steering, dem Beamspace-Processing und den räumlich non-uniforme lineare Arrays auseinander. Die Studierenden machen sich mit den Grundlagen der planaren Arrays und Aperturen vertraut. Sie diskutieren parametrische und Wavenumber Modelle, Raum-Zeit-Zufallsprozesse und Snapshot Modelle (Frequenz und Zeit) zur Charakterisierung von Space-Time Prozessen. Die Studierenden erlernen die Themengebiete Beamforming, MMSE Estimators, Maximum SNR Estimators, Multiple Plane Wave Signals (MMSE und MVDR Beamformer), Eigenvektor Beamformer und adaptive Beamformer als Grundlagen der Waveform Estimation. Außerdem erlernen sie das Subspace Verfahren (MUSIC, ESPRIT), die Capon Methode und die Mimimum-Norm Methode systematisch auf Fragestellungen zu modell- und leistungsbasierter Parameterschätzung anzuwenden. Die Studierenden vergleichen vertieft die MISO-Systeme, Alamouti-Minimum-Norm, MIMO Systeme, Pre-coding und MIMO Entzerrung und beherrschen somit die wesentlichen Themengebiete im Bereich Beamforming als Variante der Mehrantennenkommunikation.

Literatur

- Kammeyer KD, Kroschel K: Digitale Signalverarbeitung. Springer Vieweg, 2022

- Oppenheim A, Schafer R: Discrete-Time Signal Processing: Pearson New International Edition. Pearson Education Limited, 2013
- Stoica P, Moses R: Spectral Analysis of Signals. Pearson Prentice Hall, 2005
- van Trees HL: Detection, Estimation and Modulation Theory – Part IV. Wiley Interscience, 2001
- Vucetic B and Yuan J: Space-Time Coding. Wiley, 2003

Leistungsnachweis
Mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (mP-30).

Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul im Studiengang EIT M.Sc. für die Studienrichtung SKE • Wahlpflichtmodul im Studiengang ME M.Sc. für die Wahlpflichtgruppe ITSK • Wahlpflichtmodul im Studiengang INF M.Sc. für das Anwendungsfach Elektrotechnik • Wahlpflichtmodul MINT

Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem FT

Modulname	Modulnummer
Biomedizinische Informationstechnik 2	6067

Konto	Anwendungsfachmodule Elektrotechnik - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Dr.-Ing. (Privatdozent) Gerhard Staude	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	60	90	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
18462	VÜ	Biosignalverarbeitung	Wahlpflicht	3
18463	VL	Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen	Wahlpflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Voraussetzungen laut Prüfungsordnung
keine
Empfohlene Voraussetzungen
• Vorausgesetzt werden Grundkenntnisse der digitalen Signalverarbeitung, wie sie im Modul Signalverarbeitung oder im Modul Biomedizinische Informationstechnik 1 vermittelt werden • MATLAB-Grundkenntnisse sind hilfreich, aber nicht zwingend erforderlich
Qualifikationsziele
Die Studierenden besitzen grundlegendes methodisches Wissen zur sicheren Modellierung, Verarbeitung und Interpretation biologischer Signale. Sie sind mit möglichen Störquellen vertraut und besitzen die Fähigkeit, registrierte Signale kritisch auf Artefakte zu hinterfragen und die Gefahr möglicher Fehlinterpretationen fundiert einzuschätzen. Sie sind sicher im Umgang mit ausgewählten Werkzeugen der Biosignalverarbeitungskette, reflektieren deren Stärken und Schwächen und sind in der Lage, diese Werkzeuge auch bei neuen Fragestellungen gezielt einzusetzen. Die Studierenden können menschliche Verhaltensaspekte in der Interaktion mit IT-Systemen fundiert beurteilen und sind fähig, diese zu modellieren und beim Entwurf von IT-Systemen gezielt zu berücksichtigen. Die Studierenden sind in der Lage, Ingenieurwissen im interdisziplinären Umfeld der Bereiche Medizin, Biowissenschaften und Mensch-Maschine-Interaktion umzusetzen und sind sicher im eigenständigen Erarbeiten von Problemlösungen im Team.
Inhalt
Die Module Biomedizinische Informationstechnik 1 und Biomedizinische Informationstechnik 2 erlauben einen Blick über den eigenen Gartenzaun hinaus und zeigen Möglichkeiten auf, das in den Grundlagenmodulen erworbene Ingenieurs-

Know-How in den Bereichen Medizin, Life-Sciences und Mensch-Maschine-Interaktion einzusetzen. Das studentenzentrierte aktive Erleben der vermittelten Inhalte steht dabei im Mittelpunkt. In den zugehörigen Lehrveranstaltungen werden wesentliche Problemfelder der Biomedizinischen Informationstechnik mit Fokus auf die zuverlässige Registrierung, Verarbeitung und Interpretation biomedizinischer Signale besprochen und anhand von Beispielen aus der Praxis illustriert. Das Modul Biomedizinische Informationstechnik 2 umfasst die Lehrveranstaltungen Biosignalverarbeitung und Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen.

a) Lehrveranstaltung Biosignalverarbeitung (PD Dr.-Ing. Gerhard Staude):

In der Lehrveranstaltung Biosignalverarbeitung werden, nach einer kurzen Einführung in die Basiswerkzeuge der digitalen Signalverarbeitung, die klassischen Stufen der Biosignalverarbeitungskette von der optimalen Signalaufbereitung bis hin zur Klassifikation und Entscheidungsfindung erörtert. Dabei werden ausgewählte Methoden der Biosignalverarbeitung vorgestellt, die die Studierenden dann selbst in einer MATLAB-Umgebung implementieren und auf synthetische und reale Biosignale anwenden. Dabei konzentriert sich die Lehrveranstaltung neben der Modellierung biomedizinischer Signalquellen auf lineare und nichtlineare Methoden zur Signalanalyse und Merkmalsextraktion, Überwachungs- und Alarmalgorithmen sowie Methoden zur Mustererkennung und Diagnoseunterstützung. Abschließend werden Strategien für die ambulante Erfassung von Langzeitdaten vorgestellt.

b) Lehrveranstaltung Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen (Prof. Dr.-Ing. Werner Wolf):

Die Lehrveranstaltung befasst sich mit Konzepten der menschlichen Informationsverarbeitung und der menschlichen Physiologie und deren Abbildung in Informationssystemen. Ausgehend von Beispielen der Fahrermodellierung und der Beschreibung menschlichen Verhaltens in Sicherheitssystemen werden grundlegende Modellierungsprinzipien und -vorgehensweisen detailliert erläutert. Die informationstechnischen Verfahren werden in den Beispieldomänen um menschliche Verhaltensaspekte (human factors) erweitert. Die Studierenden analysieren die „Funktionsweise" des Menschen und erörtern wichtige Konzepte zur Modellierung des Menschen als Regelelement.

Literatur

- Husar P: Elektrische Biosignale in der Medizintechnik. Springer Vieweg, 2019
- Bruce EN: Biosignal Processing and Signal Modelling. Wiley, New York, 2001
- Moody GB, Mark RG, Goldberger AL: PhysioNet: A Web-Based Resource for the Study of Physiologic Signals, Engineering in Medicine and Biology Magazine, Vol 20/3, pp. 70-75, 2001
- Rabe M, Staude G: Skript zur Vorlesung MATLAB essentials
- Bungartz HJ, Zimmer S, Buchholz M, Pflüger D: Modellbildung und Simulation - Eine anwendungsorientierte Einführung. Verlag Springer, 2009
- B. Schneider, „Die Simulation menschlichen Panikverhaltens - Ein Agenten-basierter Ansatz". Verlag Vieweg&Teubner, Wiesbaden, 2011.

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 75 Minuten Dauer (sP-75).
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul im Studiengang INF M.Sc. für das Anwendungsfach Elektrotechnik • EIT MSc. Wahlpflichtmodul MINT
Dauer und Häufigkeit
1 Trimester, in jedem HT

Modulname	Modulnummer
Algorithmen in der Mathematik	1211

Konto	Anwendungsfachmodule Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Andreas Nickel	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	96	174	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12111	VÜ	Algorithmische Zahlentheorie	Pflicht	5
12112	VÜ	Ausgewählte mathematische Methoden in Kryptographie und Codierungstheorie	Wahlpflicht	3
12113	VÜ	Quantencomputer	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				8

Empfohlene Voraussetzungen

Generelles Interesse an Mathematik und Theorie. Es wird empfohlen, das Modul "Zahlentheorie und Kryptographie" absolviert zu haben.

Qualifikationsziele

Einerseits hinreichende Vertrautheit mit den theoretischen Grundlagen; andererseits die Fähigkeit, bestehende Verfahren korrekt zu beurteilen und einzuordnen, und eventuell bei der Entwicklung neuer Verfahren zu assistieren.

Inhalt

Die Veranstaltung "Algorithmische Zahlentheorie" behandelt Grundbegriffe und wichtige Algorithmen aus der algebraischen Zahlentheorie, unter anderem Primzahlen und ihre Verallgemeinerungen, Primalitätstest, Faktorisierungsmethoden, und den Umgang mit elliptischen Kurven. Kryptographische Anwendungen werden im Blick behalten, sie sind aber nicht alleiniger Ausgangspunkt.

Die Veranstaltung "Ausgewählte mathematische Methoden der Kryptographie und Codierungstheorie" befasst sich mit ausgewählten und fortgeschrittenen Themen aus der Kryptographie und/oder der Codierungstheorie. Hierhin gehören kryptographische Verfahren, die auf zahlentheoretischen Ergebnissen aufsetzen, und "gute" Codes, die man mit Hilfe von algebraischen Kurven gefunden hat. Sowohl kryptographische als auch codierungstheoretische Inhalte sind vorgesehen; die Gewichtung zwischen diesen beiden Gebieten kann aber variieren.

In der Veranstaltung "Quantencomputer" wird das Modell des Quantencomputers vorgestellt. Seit Jahrzehnten gibt es nämlich die Hoffnung, dass man durch effizientes

Ausnutzen von quantenmechanischen Vorgängen Computer bauen kann, die bestimmte Berechnungsprobleme schneller lösen können als herkömmliche Computer. Zuerst werden einige mathematische Grundlagen gelegt, und es wird eine kurze Einführung in die notwendigen Begriffe der Quantenmechanik gegeben. Dann wird das Modell des Quantencomputers eingeführt, und es werden verschiedene Algorithmen für Quantencomputer behandelt, unter anderem der Algorithmus von Grover und der berühmte Faktorisierungalgorithmus von Shor. Auch komplexitätstheoretische Aspekte werden besprochen.

Literatur

Zur VÜ Algorithmische Zahlentheorie:

- O. Forster: Algorithmische Zahlentheorie, Springer
- H. Cohen: A course in computational algebraic number theory, Graduate Texts in Mathematics 138, Springer
- J. Hoffstein, J. Pipher, J.H. Silverman: An Introduction to Mathematical Cryptography, Springer
- C. Karpfinger, H. Kiechle: Kryptologie. Algebraische Methoden und Algorithmen, Vieweg + Teubner

Zur VÜ Ausgewählte mathematische Methoden in Kryptographie und Codierungstheorie:

- D. Jungnickel: Codierungstheorie, Spektrum Akad. Verlag
- W. Lütkebohmert, Codierungstheorie, Springer-Vieweg
- W. Heise und P. Quattrocchi: Informations- und Codierungstheorie, Springer
- N. Koblitz: Algebraic Aspects of Cryptography, Springer

Zur VÜ Quantencomputer:

- M. Homeister: Quantum Computing verstehen, Springer
- E. Desurvire: Classical and quantum information theory, Cambridge University Press

Leistungsnachweis

Mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul im Anwendungsfach Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften im Masterstudiengang Informatik.
- Wahlpflichtmodul in der Wahlpflichtgruppe IT-Sicherheit und Kommunikationssysteme (ITSK) im Masterstudiengang Mathematical Engineering.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 bis 2 Trimester.
Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.
Als Startzeitpunkt ist das Herbsttrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Sonstige Bemerkungen
Neben der Pflichtveranstaltung "Algorithmische Zahlentheorie" ist eine der beiden anderen Vorlesungen mit Übungen im Umfang von 3 TWS zu belegen.

Modulname	Modulnummer
System Analysis and Concept Development und Experimentation (ORMS III)	1232

Konto	Anwendungsfachmodule Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Stefan Pickl	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
12322	VÜ	Aviation Management: Safety und Security	Wahlpflicht	3
12324	VÜ	System Dynamics	Wahlpflicht	3
12325	P	Praktikum Operations Research - Entscheidungsunterstützung II	Wahlpflicht	3
12326	SE	Seminar Ausgewählte Kapitel des Operations Research II	Wahlpflicht	3
149014	B	Geschichte des Operations Research	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen

Grundkenntnisse zu Statistik wie sie beispielsweise im Bachelor-Modul Statistik vermittelt werden.

Qualifikationsziele

Lernziele sind das kompetente Beherrschen grundlegender Verfahren und Methoden sowie ihrer praktischen Anwendung in den oben dargestellten Bereichen.

Inhalt

Die Studierenden sollen in diesem Modul mit den system- und entscheidungstheoretischen Grundlagen der Planung und Steuerung komplexer soziotechnischer Systeme vertraut gemacht werden; insbesondere im Hinblick auf die Strukturierung von Entscheidungsproblemen, die Entwicklung von Prozessmodellen zur Erforschung des Systemverhaltens sowie die Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen auf der Grundlage von Systembewertungen. Ein weiterer ergänzender Schwerpunkt dieses Moduls liegt im Bereich der Netzwerktheorie und Netzwerkplanung. Eine exemplarische Auswahl der Inhalte besteht aus:

- Theoretische Einführung in die System- und Entscheidungstheorie (Systemklassifikation, Eigenschaften von Systemen, Stabilität und Entropie, sowie das Grundmodell rationaler Entscheidungsfindung bei von Neumann)

- Multikriterielle Optimierung - Systemanalytische Bewertungsansätze
- Der systemanalytische Planungsprozess (Beispiel: Nutzer-Modell Interaktionen)
- Modelle, Dynamische Systeme und Simulationen (Beispiel: Stabilität in globalen komplexen Systemen)
- Hochauflösende Datenanalyse - Einführung in die allgemeine Netzwerktheorie und Netzwerkplanung
- (Beispiel: Vernetzte Operationsführung-Aviation Security)
- Optimierung auf Netzen (Graphen)
- Besondere Aspekte der Spiel- und Entscheidungstheorie (Beispiel: Experimente-CD&E)
- Ausblick: Bestimmungsgrößen internationaler Sicherheit

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Weiterführende Veranstaltungen im Bereich der Entscheidungstheorie und des Operations Research

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.
Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Herbsttrimester.

Sonstige Bemerkungen

Es sind drei Wahlpflichtveranstaltungen mit jeweiliger Übung zu wählen.

Modulname	Modulnummer
Numerische Mathematik	1513

Konto	Anwendungsfachmodule Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Markus Klein	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	48	132	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10781	VL	Numerische Mathematik	Pflicht	3
10782	UE	Numerische Mathematik	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				4

Empfohlene Voraussetzungen

Grundlagen der numerischen Mathematik und der Softwareentwicklung. Insbesondere werden Grundkenntnisse zur numerischen Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen vorausgesetzt. Diese sind auch prüfungsrelevant. Wenn sie nicht vorhanden sind, müssen sie im Selbststudium erworben werden.

Qualifikationsziele

Sehr viele Vorgänge in der Luft- und Raumfahrttechnik können durch partielle Differentialgleichungen beschrieben werden. Diese Gleichungen, in Verbindung mit komplexen Randbedingungen, können nur behandelt werden, indem man sie drastisch vereinfacht oder numerisch löst.

Durch die Verfügbarkeit von leistungsfähigen Computern hat die numerische Lösung in den letzten Jahrzehnten in der Praxis große Bedeutung gewonnen. Das Modul "Numerische Mathematik" stellt die grundlegenden Rechentechniken für die relevanten Typen von partiellen Differentialgleichungen vor. Das Verständnis des Stoffes wird durch das eigenständige Implementieren der erlernten Algorithmen in MATLAB vertieft. Die Studenten erlernen die Fähigkeit, die kommerziellen Rechenwerkzeuge, die in der industriellen Praxis in der Regel Anwendung finden, kritisch auszuwählen und zu nutzen.

Inhalt

• Übersicht über die Grundtypen von linearen partiellen Differentialgleichungen und ihre physikalische Bedeutung

• Grundzüge der Raum-Zeit-Diskretisation partieller Differentialgleichungen: Finite Differenzen Verfahren, Finite Elemente Verfahren, Finite Volumen Verfahren.

• Diskussion verschiedener Typen numerischer Fehler

• Untersuchung der Konsistenz und Stabilität von Verfahren

• Anwendung auf praktische Beispiele: Konvektionsgleichung, Wärmeleitungsgleichung, Wellengleichung

• Selbstständige Programmierung der erlernten Algorithmen in MATLAB

Literatur

• W. Dahmen und A. Reusken: Numerik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer Verlag, 2008

• G. Evans, J. Blackledge, P. Yardley: Numerical Methods for Partial Differential Equations, Springer Verlag, 2000

• J.H. Ferziger, M. Peric: Numerische Strömungsmechanik, Springer Verlag, 2007

• C. Grossmann, H.G. Roos: Numerik partieller Differentialgleichungen, Teubner-Verlag, 2005

• P. Knabner, L. Angermann: Numerik partieller Differentialgleichungen, Springer Verlag, 2000

• W.H. Press, B.P. Flannery, S.A. Teukolsky und W.T. Vetterling: Numerical Recipes in Fortran (in C, in C++, in Pascal), Cambridge University Press

• A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri: Numerische Mathematik 1 & 2, Springer Verlag, 2000

• H. Schwarz: Methode der Finiten Elemente, Teubner-Verlag, 1991

• Josef Stoer, Roland Buliersch: Numerische Mathematik 1 und 2, Springer Verlag, Berlin 1994, 1990

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung 120 Minuten (Hilfsmittel: selbst angefertigte Mitschrift aus der Vorlesung (1x DINA 4 beidseitig beschrieben), kein Taschenrechner) oder mündliche Prüfung 30 Minuten (ohne Hilfsmittel). Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang Informatik, Anwendungsfach Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester, es findet im Frühjahrstrimester des 1. Master-Studienjahres statt.

Modulname	Modulnummer
Computer Vision	1932

Konto	Anwendungsfachmodule Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer	Wahlpflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19381	VÜ	Computer Vision – Basics	Wahlpflicht	3
19383	VÜ	Computer Vision - Image Understanding	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen

- Kenntnisse der Mathematik und Physik.
- Grundkenntnisse der digitalen Signalverarbeitung und des maschinellen Lernens sind hilfreich.

Qualifikationsziele

In der Vorlesung und den Übungen zu **Computer Vision – Basics** erwerben Studierende vertiefte Kenntnisse über Techniken der Bildverarbeitung und des maschinellen Lernens, die in Computer Vision verwendet werden, auch in Form der praktischen Auswertung von Bildern. Sie kennen grundlegende Methoden wie Bildtransformationen, Segmentierung, Klassifikationsverfahren für Bilder, Convolutional Neural Networks (CNNs), graphische Modelle, Binärbildverarbeitung, sowie Merkmalsextraktion und können diese sinnvoll kombinieren. Damit können sie abschätzen, welche Methoden sich in Abhängigkeit von Faktoren wie Genauigkeit, Robustheit und Geschwindigkeit besonders gut für welches Einsatzgebiet eignen.

Das Ziel der Vorlesung, den Übungen und der Seminarübung zu **Computer Vision – Image Understanding** besteht darin, den Studierenden vertieftes Wissen zu Techniken des Bildverstehens, d.h., der automatischen Extraktion von Objekten und deren Relationen aus Bildern zu vermitteln. Die Studierenden erhalten Wissen zu aussehensbasierter Extraktion, statistischer Objektmodellierung, struktureller Objektextraktion, Objektdetektion und Transformern. Die Vorlesung wird abgerundet mit Beispielen zur Fassadeninterpretation, Personenverfolgung in Videos, Straßenextraktion aus Luftbildern sowie zur Nutzung von CNNs in Form der Gebäudeextraktion. Mittels eines Vortrags lernen die Studierenden die Einordnung eines spezifischen Themas in den Rahmen der Techniken des Bildverstehens.

Inhalt
Die Vorlesung **Computer Vision – Basics** geht von der Bildgewinnung aus. Es wird gezeigt, wie Bilder mittels statistischer Maße, wie z.B. Varianz und Korrelationskoeffizient, charakterisiert werden können. Bildtransformationen verändern entweder die Radiometrie oder die Geometrie der Bilder. Mittels lokaler Transformationen werden Kanten hervorgehoben oder Störungen beseitigt. Die Bildsegmentierung führt zu homogenen Bildbereichen. Für diskriminative und generative KI-Ansätze zur Klassifikation wird die Anwendung auf Bilddaten aufgezeigt. Dies wird ergänzt um Kreuzvalidierung sowie Hauptachsentransformation (PCA). Für CNNs werden verschiedene Arten von Schichten, auf diesen aufbauende Architekturen, Initialisierung des Trainings sowie als Anwendung die Semantische Segmentierung vorgestellt. Zur Nachbearbeitung der Segmentierung werden graphische Modelle und zur Verarbeitung binärer Bilder (nur zwei Grauwerte) werden Verfahren der mathematischen Morphologie dargestellt. Auf Grundlage der vorgestellten Techniken werden Merkmale in Form von 1D-Kanten / Linien und 2D Flächen extrahiert. Für Flächen wird die Umsetzung in Vektoren inkl. Graphbildung und Polygonapproximation aufgezeigt. Die Vorlesung **Computer Vision – Image Understanding** führt zuerst in die aussehensbasierte Objektextraktion auf Grundlage kleiner Bildausschnitte sowie deren Anordnung ein. Die statistische Objektmodellierung beruht auf a priori Annahmen (Priors). Der Vergleich von Modell und realem Bild führt zu Likelihoods, die zusammen mit den Priors zur MAP (Maximum a posteriori) Schätzung genutzt werden. Als Beispiele werden die Extraktion von Gebäudefassaden und Vegetation aus terrestrischen Daten sowie die Verfolgung von Personen in Videos von Fahrzeugen aus dargestellt. Die traditionelle KI-Modellbildung mit Objekten (Geometrie und Radiometrie), Relationen, Kontext und Ebenen der Extraktion wird anhand der Extraktion von Straßen aus Luftbildern illustriert. Die Nutzung von CNNs wird mittels der Gebäudeextraktion sowie Cycle GANs (Generative Adversarial Network) dargestellt. Für die Objektdetektion werden Grundlagen, die Detektion von Flugzeugen in hoch aufgelösten Satellitenbildern sowie Erweiterungen in Richtung Multi-Task Learning, Self-Supervised Learning, Large Language Models und Explainable AI präsentiert. Abschließend werden Transformer, deren Nutzung zur Generierung von Merkmalen für Bilder sowie weiterführende Gedanken zum Maschinellen Lernen präsentiert. Weitere Anwendungen werden in Seminarvorträgen vorgestellt und diskutiert.
Literatur
• Davies, E.R. & Turk, M. (2021): Advanced Methods and Deep Learning in Computer Vision, Academic Press, London, Großbritannien. • Szeliski, R. (2022): Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, London, Großbritannien.
Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer (normalerweise am Ende des HT). Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul, Vertiefung Geoinformatik, Master Informatik • Wahlpflichtmodul, Vertiefung Künstliche Intelligenz, Master Informatik

- Anwendungsmodul, Anwendungsfachmodule Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften, Master Informatik
- Wahlpflichtmodul, Vertiefungsfeld Anwendungssysteme und E-Business, Master Wirtschaftsinformatik

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester.
Das Modul findet jedes Studienjahr im Frühjahrs- und Herbsttrimester statt.
Das Modul ist für das Frühjahrs- und Herbsttrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Sonstige Bemerkungen

Die Vorlesungen und Übungen Computer Vision – Basics und Computer Vision – Image Understanding liegen im Frühjahrs- sowie Herbsttrimester im 1. Studienjahr

Modulname	Modulnummer
Advanced Computer Vision	1937

Konto	Anwendungsfachmodule Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	72	108	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19383	VÜ	Computer Vision - Image Understanding	Wahlpflicht	3
34461	VÜ	Statistische Computer Vision	Wahlpflicht	3
34471	VÜ	Angewandtes Deep Learning für Computer Vision	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				6

Empfohlene Voraussetzungen
Grundlagen in Methoden des maschinellen Lernens sind hilfreich.

Qualifikationsziele
Das Ziel der Vorlesung, den Übungen und der Seminarübung zu **Computer Vision – Image Understanding** besteht darin, den Studierenden vertieftes Wissen zu Techniken des Bildverstehens, d.h., der automatischen Extraktion von Objekten und deren Relationen aus Bildern zu vermitteln. Die Studierenden erhalten Wissen zu aussehensbasierter Extraktion, statistischer Objektmodellierung, struktureller Objektextraktion, Objektdetektion und Transformern. Die Vorlesung wird abgerundet mit Beispielen zur Fassadeninterpretation, Personenverfolgung in Videos, Straßenextraktion aus Luftbildern sowie zur Nutzung von CNNs in Form der Gebäudeextraktion. Mittels eines Vortrags lernen die Studierenden die Einordnung eines spezifischen Themas in den Rahmen der Techniken des Bildverstehens. In der Vorlesung mit Übungen **Angewandtes Deep Learning für Computer Vision** werden state-of-the-art Deep Learning Methoden und typische praktische Anwendungen in Computer Vision vorgestellt. Die Studenten lernen die Grundlagen von tiefen neuronalen Netzen sowie Entwicklungsumgebungen und Tools kennen. Durch Anwendungsbeispiele mit verschiedenen Aufgaben (z.B. Segmentierung, Objektdetektion und Klassifikation) und Quelldaten (Bilder und Videos aus unterschiedlichen Geräten) machen die Studenten eigene Erfahrungen mit der Entwicklung sowie dem Einsatz von Deep Learning Modellen und beherrschen praktische Techniken z.B. für Datenvorbereitung und Modellanpassung.

In der Vorlesung mit Übungen **Statistische Computer Vision** erhalten die Studierenden vertieftes Wissen über statistische Modelle und ihre Anwendung in der geometrischen Dateninterpretation und Modellbildung. Erweiterte Kenntnisse in Bayes ´scher Statistik sowie Markoff Modellen führen zu einem tieferen Verständnis der abgeleiteten Modellbildungs- und Optimierungstechniken. Die Studierenden kennen für Anwendungsbeispiele mit verschiedenen Quelldaten die Vorteile hinsichtlich Plausibilität und Effizienz, die statistische Ansätze für die Verarbeitung komplizierter Objekte / Geometrien besitzen.

Inhalt

Die Vorlesung **Computer Vision – Image Understanding** führt zuerst in die aussehensbasierte Objektextraktion auf Grundlage kleiner Bildausschnitte sowie deren Anordnung ein. Die statistische Objektmodellierung beruht auf a priori Annahmen (Priors). Der Vergleich von Modell und realem Bild führt zu Likelihoods, die zusammen mit den Priors zur MAP (Maximum a posteriori) Schätzung genutzt werden. Als Beispiele werden die Extraktion von Gebäudefassaden und Vegetation aus terrestrischen Daten sowie die Verfolgung von Personen in Videos von Fahrzeugen aus dargestellt. Die traditionelle KI-Modellbildung mit Objekten (Geometrie und Radiometrie), Relationen, Kontext und Ebenen der Extraktion wird anhand der Extraktion von Straßen aus Luftbildern illustriert. Die Nutzung von CNNs wird mittels der Gebäudeextraktion sowie Cycle GANs (Generative Adversarial Network) dargestellt. Für die Objektdetektion werden Grundlagen, die Detektion von Flugzeugen in hoch aufgelösten Satellitenbildern sowie Erweiterungen in Richtung Multi-Task Learning, Self-Supervised Learning, Large Language Models und Explainable AI präsentiert. Abschließend werden Transformer, deren Nutzung zur Generierung von Merkmalen für Bilder sowie weiterführende Gedanken zum Maschinellen Lernen präsentiert. Weitere Anwendungen werden in Seminarvorträgen vorgestellt und diskutiert.

Die Vorlesung **Angewandtes Deep Learning für Computer Vision** stellt den Einsatz von Deep Learning Methoden im Bereich Computer Vision mit einem Schwerpunkt auf Anwendungen vor. Diese fokussieren auf Bildinterpretation, -klassifikation und Objektdetektion. Die Lehrveranstaltung ist in Form von „Learning-by-doing“ gestaltet und wird von praktischen Programmierbeispielen begleitet. Zuerst werden Grundlagen von tiefen neuronalen Netzen gelegt sowie die Entwicklungsumgebung und Tools auf Grundlage einfacher Aufgaben vorgestellt. Mittels des Einsatzes der Ergebnismodelle auf einer Hardware-Plattform, wie z.B. Amazon Deeplens oder NVIDIA Jetson, wird der komplette Entwicklungsprozess demonstriert. Fortgeschrittene Methoden z.B. zur Modellanpassung und Erhöhung der Performanz werden mittels anspruchsvoller Aufgaben z.T. aus realen Projekten demonstriert.

Die Vorlesung mit Übungen **Statistische Computer Vision** beschäftigt sich mit der Verarbeitung von geometrischen Messdaten auf Grundlage von statistischen Modellen. Die Schwerpunkte liegen auf dreidimensionaler (3D) Objektdetektion und Szeneninterpretation. Zuerst werden Grundlagen von Bayesscher Statistik und Markoff Modellen gelegt. Bei der generativen Modellierung werden die geometrischen Primitive statistisch parametrisiert. Die verbesserte Flexibilität und Leistungsfähigkeit in Objektdetektion und -rekonstruktion werden dargestellt. Modellselektion, die auf Informationsentropie und Bayesscher Inferenz aufbaut, ermöglicht die Auswertung von Modellen unterschiedlicher Komplexität. Als Anwendungsbeispiele werden Baumextraktion, Gebäuderekonstruktion, Fensterdetektion, und Indoorsegmentierung

präsentiert. Dabei werden verschiedene Messdaten — LIDAR, Bilder, und RGB-D Daten — verwendet und damit die Vorteile von statistischen Modellen demonstriert.

Literatur

- Davies, E.R. & Turk, M. (2021): Advanced Methods and Deep Learning in Computer Vision, Academic Press, London, Großbritannien.
- Szeliski, R. (2022): Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, London, Großbritannien.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 20 Minuten Dauer (normalerweise am Ende des WT). Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul, Masterstudiengang Informatik, Vertiefungsfeld Geoinformatik
- Wahlpflichtmodul, Masterstudiengang Informatik, Vertiefungsfeld Künstliche Intelligenz
- Wahlpflichtmodul, Masterstudiengang Informatik, Anwendungsfach Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften
- Wahlpflichtmodul, Masterstudiengang Wirtschaftsinformatik, Vertiefungsfeld Anwendungssysteme und E-Business

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester. Das Modul findet jedes Studienjahr im Herbst- und Wintertrimester statt. Das Modul ist für das Herbsttrimester im 1. Studienjahr und das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Sonstige Bemerkungen

Die Vorlesungen und Übungen Computer Vision – Image Understanding sowie Angewandtes Deep Learning für Computer Vision liegen im Herbsttrimester im 1. Studienjahr und die Vorlesungen und Übungen Statistische Computer Vision im Wintertrimester des 2. Studienjahres.

Modulname	Modulnummer
Computer Vision (erweitert)	1938

Konto	Anwendungsfachmodule Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Mayer	Wahlpflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
19381	VÜ	Computer Vision – Basics	Wahlpflicht	3
19382	VÜ	3D Computer Vision	Wahlpflicht	3
19383	VÜ	Computer Vision - Image Understanding	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen

- Kenntnisse der Mathematik und Physik.
- Grundkenntnisse der digitalen Signalverarbeitung und des maschinellen Lernens sind hilfreich.

Qualifikationsziele

In der Vorlesung und den Übungen zu **Computer Vision – Basics** erwerben Studierende vertiefte Kenntnisse über Techniken der Bildverarbeitung und des maschinellen Lernens, die in Computer Vision verwendet werden, auch in Form der praktischen Auswertung von Bildern. Sie kennen grundlegende Methoden wie Bildtransformationen, Segmentierung, Klassifikationsverfahren für Bilder, Convolutional Neural Networks (CNNs), graphische Modelle, Binärbildverarbeitung, sowie Merkmalsextraktion und können diese sinnvoll kombinieren. Damit können sie abschätzen, welche Methoden sich in Abhängigkeit von Faktoren wie Genauigkeit, Robustheit und Geschwindigkeit besonders gut für welches Einsatzgebiet eignen.

Das Ziel der Vorlesung, den Übungen und der Seminarübung zu **Computer Vision – Image Understanding** besteht darin, den Studierenden vertieftes Wissen zu Techniken des Bildverstehens, d.h., der automatischen Extraktion von Objekten und deren Relationen aus Bildern zu vermitteln. Die Studierenden erhalten Wissen zu aussehensbasierter Extraktion, statistischer Objektmodellierung, struktureller Objektextraktion, Objektdetektion und Transformern. Die Vorlesung wird abgerundet mit Beispielen zur Fassadeninterpretation, Personenverfolgung in Videos, Straßenextraktion aus Luftbildern sowie zur Nutzung von CNNs in Form der Gebäudeextraktion. Mittels

eines Vortrags lernen die Studierenden die Einordnung eines spezifischen Themas in den Rahmen der Techniken des Bildverstehens.

Mittels der Vorlesung und den Übungen zu **3D-Computer Vision** erwerben Studierende vertieftes Wissen über die Rekonstruktion von 3D-Geometrie aus perspektiven Bildern. Sie kennen verschiedene Techniken, die eine Poseschätzung mit und ohne Wissen über den Aufbau der Kamera (Kalibrierung) ermöglichen. Sie können diese zusammen mit Wissen über Bildzuordnung und robusten statistischen Verfahren anwenden, um die relative Pose für Bildpaare auch bei groben Fehlern in der Zuordnung zu schätzen. Damit sind die Studierenden grundsätzlich in der Lage, die Posen für weit auseinander liegende Aufnahmen (wide-baseline) auch für Bildtriplets und Mengen von Tausenden oder sogar Millionen Bildern zu bestimmen.

Inhalt

Die Vorlesung **Computer Vision – Basics** geht von der Bildgewinnung aus. Es wird gezeigt, wie Bilder mittels statistischer Maße, wie z.B. Varianz und Korrelationskoeffizient, charakterisiert werden können. Bildtransformationen verändern entweder die Radiometrie oder die Geometrie der Bilder. Mittels lokaler Transformationen werden Kanten hervorgehoben oder Störungen beseitigt. Die Bildsegmentierung führt zu homogenen Bildbereichen. Für diskriminative und generative KI-Ansätze zur Klassifikation wird die Anwendung auf Bilddaten aufgezeigt. Dies wird ergänzt um Kreuzvalidierung sowie Hauptachsentransformation (PCA). Für CNNs werden verschiedene Arten von Schichten, auf diesen aufbauende Architekturen, Initialisierung des Trainings sowie als Anwendung die Semantische Segmentierung vorgestellt. Zur Nachbearbeitung der Segmentierung werden graphische Modelle und zur Verarbeitung binärer Bilder (nur zwei Grauwerte) werden Verfahren der mathematischen Morphologie dargestellt. Auf Grundlage der vorgestellten Techniken werden Merkmale in Form von 1D-Kanten / Linien und 2D Flächen extrahiert. Für Flächen wird die Umsetzung in Vektoren inkl. Graphbildung und Polygonapproximation aufgezeigt.

Die Vorlesung **Computer Vision – Image Understanding** führt zuerst in die aussehensbasierte Objektextraktion auf Grundlage kleiner Bildausschnitte sowie deren Anordnung ein. Die statistische Objektmodellierung beruht auf a priori Annahmen (Priors). Der Vergleich von Modell und realem Bild führt zu Likelihoods, die zusammen mit den Priors zur MAP (Maximum a posteriori) Schätzung genutzt werden. Als Beispiele werden die Extraktion von Gebäudefassaden und Vegetation aus terrestrischen Daten sowie die Verfolgung von Personen in Videos von Fahrzeugen aus dargestellt. Die traditionelle KI-Modellbildung mit Objekten (Geometrie und Radiometrie), Relationen, Kontext und Ebenen der Extraktion wird anhand der Extraktion von Straßen aus Luftbildern illustriert. Die Nutzung von CNNs wird mittels der Gebäudeextraktion sowie Cycle GANs (Generative Adversarial Network) dargestellt. Für die Objektdetektion werden Grundlagen, die Detektion von Flugzeugen in hoch aufgelösten Satellitenbildern sowie Erweiterungen in Richtung Multi-Task Learning, Self-Supervised Learning, Large Language Models und Explainable AI präsentiert. Abschließend werden Transformer,

deren Nutzung zur Generierung von Merkmalen für Bilder sowie weiterführende Gedanken zum Maschinellen Lernen präsentiert. Weitere Anwendungen werden in Seminarvorträgen vorgestellt und diskutiert.

Die Vorlesung **3D-Computer Vision** legt zuerst Grundlagen der projektiven Geometrie. Für das Einzelbild wird die Modellierung mittels Projektionsmatrix und Kollinearitätsgleichung dargestellt und daraus die Rekonstruktion der Pose auf Grundlage der Direkten Linearen Transformation und die hoch genaue Bündellösung abgeleitet. Die relative Pose des Bildpaars kann mittels Fundamentalmatrix, essentieller Matrix und Homographie direkt bestimmt werden. Daneben wird auch die hoch genaue Bündellösung dargestellt. Für drei und mehr Bilder wird der Trifokaltensor vorgestellt. Da reale Kameras nicht der idealen Zentralperspektive entsprechen, wird auf Objektivfehler eingegangen. Um die Pose schätzen zu können, sind korrespondierende Punkte in den Bildern notwendig. Hierfür werden Grundlagen des optischen Flusses und der Bildzuordnung dargestellt. Darauf aufbauend wird dargestellt, wie die Pose für Bildpaare, -tripel und -mengen automatisch geschätzt werden kann und welche Probleme hierbei auftreten. Zuletzt werden an Hand der Poseschätzung für Tausende oder sogar Millionen von Bildern von Unmanned Aircraft Systems (UAS) und vom Boden aus Möglichkeiten aber auch Probleme dargestellt.

Literatur

- Davies, E.R. & Turk, M. (2021): Advanced Methods and Deep Learning in Computer Vision, Academic Press, London, Großbritannien.
- Förstner, W. & Wrobel, B.P. (2016): Photogrammetric Computer Vision, Springer Nature, Cham, Schweiz.
- Szeliski, R. (2022): Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, London, Großbritannien.

Leistungsnachweis

Schriftliche Prüfung von 90 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer (normalerweise am Ende des HT). Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Verwendbarkeit

- Wahlpflichtmodul, Vertiefung Geoinformatik, Master Informatik
- Anwendungsmodul, Anwendungsfachmodule Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften, Master Informatik
- Wahlpflichtmodul, Vertiefungsfeld Anwendungssysteme und E-Business, Master Wirtschaftsinformatik

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 Trimester.
Das Modul ist für das Frühjahrs- und Herbsttrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Sonstige Bemerkungen
Die Vorlesungen und Übungen Computer Vision – Basics sowie 3D-Computer Vision liegen im Frühjahrstrimester und die Vorlesungen und Übungen von Computer Vision – Image Understanding liegen im Herbsttrimester im 1. Studienjahr

Modulname	Modulnummer
Ausgewählte Kapitel des OR: Data-driven Optimization	2994

Konto	Anwendungsfachmodule Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Juniorprof. Dr. rer. nat. Maximilian Moll	Wahlpflicht	3

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
270	108	162	9

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
29941	VÜ	Ausgewählte Kapitel des Data-driven Optimization	Pflicht	3
29942	VÜ	Quantum Machine Learning & Optimization	Wahlpflicht	3
29943	SE	Seminar: Ausgewählte Kapitel des OR	Wahlpflicht	3
29944	P	Praktikum: Ausgewählte Kapitel des OR	Wahlpflicht	3
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				9

Empfohlene Voraussetzungen

Grundlegende Kenntnisse in Methoden des Operations Research und des Data Minings oder der Statistik werden vorausgesetzt.

Qualifikationsziele

Studierende sollen in die Lage versetzt werden, sich selbstständig mit neuartigen Methoden der data-driven Optimization in Theorie und Praxis auseinander zu setzen. Hierzu sollen sie im Rahmen der Vorlesung, sowie vertiefend in Seminar und Praktikum, verschiedene Methoden analysieren und anwenden.

Hierbei soll nicht nur die Fähigkeit entwickelt werden Ansätze auf ihre theoretische Richtigkeit und praktische Anwendbarkeit zu beurteilen, sondern diese auf ein Problem hin anpassen zu können.

Schließlich soll das Identifizieren geeigneter Probleme und passender Lösungsansätze geschult werden.

Inhalt

Data-driven Optimization beschäftigt sich zukunftsweisend mit der Kombination von klassischen Optimierungsmethoden und daten-basierten Ansätzen. Im Gegensatz zu der klassischen Optimierung der letzten Jahrhunderte, die ausgehend von einem zu optimierenden Modell eine Lösung sucht, bietet das Data-driven Optimization die Möglichkeit, ohne eine exakte mathematische Abstrahierung des zugrunde liegenden Modells Optimierungsmethoden anzuwenden.

Das Modul bietet aufbauend auf dem vorhandenen Grundwissen einen vertiefenden Einblick in ausgewählte Themengebiete des data-driven Optimization. Neben der grundlegenden Problematik werden Themen aus dem Reinforcement Learning, Prescriptive Analytics und der konvexen Optimierung unter Unsicherheit behandelt.

Das Reinforcement Learning ist neben Supervised und Unsupervised Learning das dritte Teilgebiet des Machine Learnings und beschäftigt sich mit daten-basierten Ansätzen zu Problemen der klassischen Kontrolltheorie. Hierbei soll im Modul auch die Anwendung auf praxis-relevante Probleme herausgestellt werden, die über die bekannten Lösungen von Spielen, wie z.B. Go, hinausgehen.

Prescriptive Analytics stellt aufbauend auf Descriptive und Predictive Analytics die nützlichste und schwerste Stufe des Data Science dar. Hier müssen nicht nur datan-basierte Vorhersagen getroffen werden, sondern das zukünftige System auf eine gegebene Zielvorstellung hin optimiert werden. In der Vorlesung werden verschiedene grundsätzliche Herangehensweisen mit ihren Vor- und Nachteilen diskutiert, sowie die Abgrenzung zu Predictive Analytics konkretisiert.

Die konvexe Optimierung stellt ein zentrales Element des Operations Research und der modernen Entscheidungsunterstützung dar. In vielen Fällen sind jedoch die Parameter der Optimierungsmodelle nicht explizit bekannt, sondern müssen zunächst aus Daten abgeleitet werden. Die Vorlesung thematisiert, wie sich dies auf die zu wählenden Optimierungsverfahren auswirken muss.

Das Seminar greift aktuelle Publikationen zu den Themen der Vorlesung auf.

Im Praktikum setzen sich die Studierenden mit einer konkreten, praxis-nahen Problemstellung des data-driven Optimization auseinander.

In der Vorlesung Quantum Machine Learning and Optimization wird spezifisch auf die Verwendung von Quantum Computern für effizientere Algorithmen im Kontext der NISQ-Maschinen eingegangen.

Im Praktikum werden die Studierenden an die Lösung eines konkreten RL-Problems unter praxis-nahen Bedingungen herangeführt. Hierfür wird Ihnen ein entsprechendes Environment gestellt. Während jeder Student sich mit einem anderen konkreten Algorithmus aus der Vorlesung beschäftigt, werden sie durch verschiedenen Arbeitsschritte geführt. Abschließend werden die Performances der verschiedenen trainierten Algorithmen verglichen – der Vergleich untereinander dient dabei als Teil der Lernerfahrung, nicht aber der Bewertung.

Literatur

- Sutton, Richard S., and Andrew G. Barto. *Reinforcement learning: An introduction.* MIT press, 2018.
- Jacquier, Antoine, et al.*Quantum Machine Learning and Optimisation in Finance: On the Road to Quantum Advantage*. Packt Publishing Ltd, 2022

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung von 60 Minuten Dauer oder mündliche Prüfung von 30 Minuten Dauer. Die Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
• Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang INF, Vertiefungsfelder Software- und Informationsmanagement, Geoinformatik sowie Modellierung, Operations Research, Simulation und Experimentation, außerdem im Anwendungsfach Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang WIN, Vertiefungsfeld Technologie-und Innovationsmanagement • Wahlpflichtmodul im Masterstudiengang CYB, Vertiefungsfelder Enterprise Security, Public Security sowie Security Intelligence
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester. Es beginnt immer im Frühjahrstrimester.
Sonstige Bemerkungen
Zum Absolvieren des Moduls sind neben der Pflichtveranstaltung "Ausgewählte Kapitel des Data-driven Optimization" zwei der drei Wahlpflichtveranstaltungen zu belegen.

Modulname	Modulnummer
Data Mining und IT- basierte Entscheidungsunterstützung	3396

Konto	Anwendungsfachmodule Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Stefan Pickl	Pflicht	1

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
180	60	120	6

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
33961	VÜ	Data Mining und IT-basierte Entscheidungsunterstützung	Pflicht	5
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				5

Empfohlene Voraussetzungen
Grundkenntnisse zu mathematischen Methoden des Operations Research und der Statistik wie sie z.B. im Bachelor Informatik bzw. Wirtschaftsinformatik vermittelt werden.

Qualifikationsziele
Lernziele sind das kompetente Beherrschen grundlegender Verfahren und Methoden sowie ihrer praktischen Anwendung in den unter Inhalte dargestellten Bereichen. Insbesondere ist es das Ziel, IT-basierte Entscheidungsunterstützung unter der speziellen Cyberperspektive zu betrachten: Wie können Angriffe schneller erkannt, wie kann man sich optimal dagegen schützen und wie können Entscheidungsunterstützungssysteme gegenüber Cyberangriffen optimiert werden. Das Modul gibt einen Überblick über aktuelle Modelle und Verfahren sowie relevante Bedrohungsszenarien.

Inhalt
Die Studierenden sollen in dieser Veranstaltung mit den IT-basierten und entscheidungstheoretischen Grundlagen im Bereich der modernen Datenanalyse vertraut gemacht werden; insbesondere im Hinblick auf die Strukturierung von Entscheidungsproblemen, die Entwicklung von geeigneten Analyseverfahren zur Erforschung von komplexen datenbasierten Zusammenhängen ("Exploratory Analysis"). Data Mining bedeutet dabei das Extrahieren von impliziten, noch unbekannten Informationen aus Rohdaten. Dazu sollten IT-Systeme in die Lage versetzt werden, Datenbanken und Datenansammlungen (z.B. im Bereich der Geoinformatik) automatisch nach Gesetzmäßigkeiten und Mustern zu durchsuchen und einen Abstraktionsprozess durchzuführen, der als Ergebnis aussagekräftige Informationen liefert. Insbesondere das heutige maschinelle Lernen und das Verfahren des "Datafarming" stellen dafür

die Werkzeuge und Techniken zur Verfügung, die in den Bereich des modernen Wissensmanagements (bis zur Begriffsanalyse) und "Datamining" hineinführen.

Literatur

- Decision Support Systems Developing Web-Enabled Decision Support Systems, Abhijit A. Pol and Ravindra K. Ahuja. Dynamic Ideas 2007.
- Exploratory Data Analysis Making Sense of Data: A Practical Guide to Exploratory Data Analysis and Data Mining, Glenn J. Myatt. John Wiley, 2006.
- Spatial Data Analysis Spatial Data Analysis - Theory and Practice, Robert Haining, Cambridge University Press 2003.
- Data Mining Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques (Second Edition) Ian H. Witten, Eibe Frank. Morgan Kaufmann 2005.
- Data Mining: A Knowledge Discovery, K. Cios, W. Pedrycz, R. Swiniarski Springer, 2007.
- Data Mining Introductery and Advanced Topics, Margaret Dunham, Prentice Hall, 2003.
- Advances in Knowledge Discovery and Data Mining, U. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, P. Smyth, R. Uthurusamy, editors , MIT Press, 1996.
- Data Mining: Concepts and Techniques, Jiawei Han, Micheline Kamber. Morgan Kaufmann, 2006.
- Principles of Data Mining, David J. Hand, Heikki Mannila and Padhraic Smyth. MIT Press, 2000. Daniel T. Larose,
- Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining, John Wiley 2004. Robert Nisbet, John Elder, IV and Gary Miner.
- Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications. Elsevier 2009.
- Statistical Learning - Machine Learning Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman,
- The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Springer Verlag, 2001. Mehmed Kantardzic, Data Mining: Concepts, Models, Methods, and Algorithms, Wiley-IEEE Press, 2002.

Weiterführende Literatur:

- Zeitreihenanalyse Time Series Analysis. Hamilton 1994.
- Reinforcement Lernen und Spieltheorie Reinforcement Learning: An Introduction. Sutton and Barto: MIT Press 1998.
- Fun and Games: A Text on Game Theory. Binmore, Linster, Houghton Mifflin 2000.
- Statistik Bayesian Data Analysis. Gelman, Carlin, Stern, Rubin: Chapman 1995. Introduction to Mathematical Statistics. Hogg, Craig: Prentice Hall 2004.
- Principles of Statistics. Bulmer: Dover 1979.
- Probability, Random Variables and Stochastic Proc., Papoulis, McGraw, Hill 2002.

Leistungsnachweis

p.p1 {
margin: 0.0px 0.0px 0.0px 0.0px;
font: 12.0px Arial;
min-height: 14.0px

}

p.p2 {
margin: 0.0px 0.0px 0.0px 0.0px;
font: 11.5px Arial
}

p.p3 {
margin: 0.0px 0.0px 0.0px 0.0px;
font: 11.5px Arial;
min-height: 12.0px
}

table.t1 {
border-collapse: collapse
}

td.td1 {
padding: 0.0px 5.0px 0.0px 5.0px
}

60-minutige schriftliche Klausur

Verwendbarkeit

Die Vorlesung kann durch weiterführende Veranstaltungen im Bereich der Datenanalyse fortgeführt werden, z.B. im Bereich der modernen Begriffsanalyse, des Algorithmic Engineering, im Rahmen von Spezialvorlesungen der Numerik und Statistik sowie der Geoinformatik. Ebenfalls bestehen enge Bezüge zu wissenschaftlichen Forschungsgebieten im Bereich der Künstlichen Intelligenz.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 1 Trimester.
Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester.

Modulname	Modulnummer
Seminarmodul	1009

Konto	Seminar - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Marta Gomez-Barrero	Pflicht	2

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	24	126	5

Zugehörige Lehrveranstaltungen:

Nr.	Art	Veranstaltungsname	Teilnahme	TWS
10091	SE	Seminar MINF	Wahlpflicht	2
10092	SE	Seminar MINF+MWIN	Pflicht	2
Summe (Pflicht und Wahlpflicht)				2

Empfohlene Voraussetzungen

keine formalen Voraussetzungen, aber je nach Themengebiet sind Kenntnisse aus Modulen bestimmter Fächer wesentliche Grundlage. Wenn ein Vertiefungsfeld gewählt wird, dann ist es empfehlenswert, das Seminar zu einem Thema dieses Vertiefungsfeldes zu belegen.

Qualifikationsziele

Die Studierenden haben Kenntnisse zu vertieften und speziellen fachlichen Themen des jeweiligen Themengebiets. Zusätzlich erwerben sie folgende Schlüsselqualifikationen:

- die Fähigkeit, anspruchsvolle englische Originalliteratur zu lesen und zu verstehen
- die Fähigkeit, vor einem Fachpublikum einen Vortrag zu einem nichttrivialen wissenschaftlichen Thema zu entwerfen (also auch didaktisch richtig zu gestalten) und ihn unter Einsatz üblicher Medien abzuhalten
- die Fähigkeit, zu Diskussionen über wissenschaftlichen Themen beizutragen
- die Fähigkeit, Texte von ca. 15 - 30 Seiten zu verfassen, i.d.R. zur Erklärung wissenschaftlicher Inhalte

Inhalt

Seminare behandeln wechselnde fachliche Themen, die auf Lehrstoffen aus dem Bachelor- und dem Master-Studium aufbauen. Die Themen können schon vorhandene fachliche Interessen und Schwerpunkte vertiefen. Die Seminare werden in Kleingruppen durchgeführt. Die angebotenen Seminare werden vor Beginn des Moduls hochschulöffentlich bekannt gegeben.

In der Regel arbeitet jeder Teilnehmer einen Vortrag zu vorgegebener Literatur aus und präsentiert ihn in der Gruppe. Außerdem wird die Teilnahme an den Diskussionen zu allen Vorträgen erwartet.

Leistungsnachweis
Referat (30 bis 60 Minuten) mit schriftlicher Ausarbeitung oder Seminararbeit mit Vortrag (20 bis 40 Minuten). Die Bearbeitungszeit beträgt jeweils insgesamt 100 bis 140 Stunden. Es sind im Einzelnen folgende Leistungen zu erbringen: • Erstellen einer schriftlichen Ausarbeitung • Abhalten einer Präsentation Die Note ergibt sich i.w. aus der Qualität der Präsentation und der schriftlichen Ausarbeitung. Der Umfang der schriftlichen Ausarbeitung beträgt 15 bis 30 Seiten. Bei einem Referat liegt der Schwerpunkt auf der mündlichen Präsentation, bei einer Seminararbeit auf der schriftlichen Ausarbeitung. Ob der Leistungsnachweis des Seminars ein Referat oder eine Seminararbeit ist, wird am Anfang jedes Seminars von der verantwortlichen Dozentin bzw. dem verantwortlichen Dozenten bekannt gegeben.
Verwendbarkeit
Das Seminarmodul stärkt die Fähigkeit der Studierenden zur wissenschaftlichen Recherche und zur Präsentation wissenschaftlicher Erkenntnisse. Es versetzt die Studierenden verstärkt in die Lage, sich Erkenntnis und Wissen selbstständig aktiv zu erarbeiten und zu reflektieren, statt diese überwiegend rezeptiv aufzunehmen. Durch die exemplarische Vertiefung der im Studium behandelten Inhalte werden Studierende an die Forschung herangeführt, die für eine universitäre Ausbildung unverzichtbar ist.
Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 1 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester. Als Startzeitpunkt ist das Frühjahrstrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.
Sonstige Bemerkungen
Aus den jeweils angebotenen Seminaren zu unterschiedlichen Themen ist eines auszuwählen. Zum Arbeitsaufwand: Der Hauptaufwand liegt in der Aufarbeitung eines Themas und der einmaligen Ausarbeitung des eigenen Vortrags. Dabei entfallen von den 126 Stunden Workload jeweils etwa 2/3 auf das Durcharbeiten der Literatur, und 1/3 auf das Erstellen der Vortragsfolien und Ausarbeitung.

Modulname	Modulnummer
Masterarbeit INF	1142

Konto	Masterarbeit - INF 2027

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Univ.-Prof. Dr. Marta Gomez-Barrero	Pflicht	4

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
900	0	900	30

Empfohlene Voraussetzungen
Vorausgesetzt werden die allgemeinen Kenntnisse aus dem Master-Studium.

Qualifikationsziele
Die Studierenden können eine anspruchsvolle Aufgabe selbständig analysieren und mit wissenschaftlichen Methoden bearbeiten. Sie haben Erfahrung in der Entwicklung von Lösungsstrategien und in der Dokumentation ihres Vorgehens. Sie haben in einem speziellen Forschungsgebiet der Informatik vertiefende praktische Erfahrung gesammelt.

Inhalt
In der Master-Arbeit soll eine Aufgabe aus einem begrenzten Problemkreis unter Anleitung selbständig mit bekannten Methoden wissenschaftlich bearbeitet werden. In der Arbeit sind die erzielten Ergebnisse systematisch zu entwickeln und zu erläutern. Sie wird in der Regel individuell und eigenständig durch die Studierenden bearbeitet, kann aber je nach Thema auch in Gruppen von bis zu drei Studierenden bearbeitet werden.

Leistungsnachweis
Es ist eine schriftliche Ausarbeitung zu erstellen und diese ist im Rahmen eines Kolloquiums zu präsentieren. Die Präsentation findet als Vortrag von ca. 20 - 30 Minuten Dauer statt. Die Präsentation wird benotet und geht mit 1/15 (entspricht 2 Leistungspunkten) in die Modulnote ein.

Verwendbarkeit
Die Anfertigung der Master-Arbeit bereitet auf eigenständige systematisch durchgeführte Arbeitsvorgänge in der beruflichen Tätigkeit oder der wissenschaftlichen Forschung vor.

Dauer und Häufigkeit
Das Modul dauert 2 Trimester. Das Modul beginnt jedes Studienjahr jeweils im Wintertrimester. Als Startzeitpunkt ist das Wintertrimester im 2. Studienjahr vorgesehen.

Modulname	Modulnummer
studium plus 3, Seminar und Training	9903

Konto	Studium+ Master

Modulverantwortliche/r	Modultyp	Empf. Trimester
Zentralinstitut studium plus	Pflicht	

Workload in (h)	Präsenzzeit in (h)	Selbststudium in (h)	ECTS-Punkte
150	72	78	5

Qualifikationsziele

***studium plus*-Seminare:** Die Studierenden erwerben profunde **Allgemeinbildung und Schlüsselqualifikationen** für künftige Führungskräfte, um das Studium als starke, mündige Persönlichkeiten zu verlassen. Die *studium plus*-Seminare bereiten die Studierenden dadurch auf ihre Berufs- und Lebenswelt vor und ergänzen die im Studium erworbenen Fachkenntnisse. Die Allgemeinbildung und die Befähigung zu ganzheitlichem Denken erweitern die Perspektive des Fachstudiums. Dadurch lernen die Studierenden, das im Fachstudium erworbene Wissen in komplexe Zusammenhänge einzuordnen und ausgewählte Themen in Relation zu anderen Wissenschaften zu setzen.

Die exemplarische Auseinandersetzung mit gesellschaftsrelevanten Fragestellungen befähigt die Studierenden zu eigenständiger Urteilsbildung und kompetenter Positionierung in aktuellen Diskussionen, schult ihre personalen, sozialen und methodischen Kompetenzen und erweitert ihre Führungsqualitäten z.B. durch die Einführung in Konfliktlösungsstrategien und interkulturellen Dialog. Damit verfügen die Studierenden über zentrale Schlüsselkompetenzen für ihr späteres Berufsleben innerhalb wie außerhalb der Bundeswehr. Durch die Vermittlung von Wissen werden die mündige Teilhabe an sozialen, kulturellen und politischen Prozessen der modernen Gesellschaft und daraus entspringendes verantwortliches Handeln gefördert. Damit steht die Persönlichkeitsbildung der Studierenden in ihren intellektuellen, ethischen und pragmatisch-sozialen Dimensionen im Fokus.

***studium plus*-Trainings**: Die Studierenden erwerben **personale, soziale und methodische Kompetenze**n, um als Führungskräfte auch unter komplexen und teils widersprüchlichen Anforderungen handlungsfähig zu bleiben bzw. um ihre Handlungskompetenz wiederzuerlangen. Damit ergänzt das Trainingsangebot die im Rahmen des Studiums erworbenen Fachkenntnisse insofern, als diese fachlichen Kenntnisse von den Studierenden in einen berufspraktischen Kontext eingebettet werden können und Möglichkeiten zur Reflexion des eigenen Handelns angeboten werden.

Inhalt

Die ***studium plus* -Seminare** bieten Lerninhalte, die Allgemeinbildung und Schlüsselqualifikationen vermitteln und die Partizipationsfähigkeit steigern. Sämtliche Inhalte sind auf den Erwerb personaler, sozialer oder methodischer Kompetenzen ausgerichtet. Sie bilden die Persönlichkeit und erhöhen die Beschäftigungsfähigkeit. Bei der Vermittlung von **Allgemeinbildung** werden die Studierenden beispielsweise

mit den Grundlagen fachfremder Wissenschaften vertraut gemacht, sie lernen Denkweisen und "Kulturen" anderer wissenschaftlicher Disziplinen und Wissensgebiete kennen. Bei der Vermittlung von **Orientierungswissen** im Sinne der Erkenntnis politischer Zusammenhänge, historischer Hintergründe und ethischer Fragestellungen steigern die Studierenden ihr Reflexionsniveau, indem sie sich exemplarisch mit gesellschaftsrelevanten Themen auseinandersetzen. Bei der Vermittlung von Partizipationswissen steht der Erwerb von Schlüsselkompetenzen im Vordergrund.
Die Seminare finden wöchentlich an einem - mit der jeweiligen Fakultät vereinbarten - Wochentag in den sog. Blockzeiten oder auch am Wochenende statt, wobei den Studierenden die Wahl frei steht.

Die *studium plus*- Trainings entsprechen den Trainings für Führungskräfte in modernen Unternehmen und bieten **berufsrelevante** und an den Themen der aktuellen Führungskräfteentwicklung von Organisationen und Unternehmen orientierte **Lerninhalte und Komptenzen**. Sie finden überwiegend am Wochenende statt. Einen detaillierten und aktualisierten Überblick bietet das jeweils gültige Trainingsangebot von studium plus.

Leistungsnachweis

studium plus-Seminare: In Seminaren werden **Notenscheine** erworben. Die Leistungsnachweise, durch die der Notenschein erworben werden kann, legt der/ die Dozent/in in Absprache mit dem Zentralinstitut *studium plus* vor Beginn des Einschreibeverfahrens für das Seminar fest. Hierbei sind folgende Formen möglich: Seminararbeit, Portfolio (bestehend aus mehreren kleinen Teilleistungen: Referat, Hausarbeit, Gruppenarbeit, Mitarbeit in der Lehrveranstaltung etc.). Bei einem Portfolio erhält der Studierende verbindliche Angaben darüber, mit welchem prozentualen Anteil die jeweiligen Teilleistungen gewichtet werden. Der bzw. die Modulverantwortliche gibt zu Beginn der jeweiligen Veranstaltung bekannt, welcher Leistungsnachweis aus den genannten Alternativen verlangt wird, wie lange die konkrete Bearbeitungszeit beträgt und welchen Umfang die zu erbringende Leistung hat. Der Erwerb des Scheins ist an die regelmäßige Anwesenheit und aktive Mitarbeit im Seminar gekoppelt. Bei der während des Einschreibeverfahrens stattfindenden Auswahl der Seminare durch die Studierenden erhalten diese verbindliche Informationen über die Modalitäten des Scheinerwerbs für jedes angebotene Seminar.
Das Modul wird mit 3 ECTS-Punkten mit der Note des Seminars in der Berechnung der Gesamtnote des Studiengangs gewichtet.
studium plus-Trainings: In Trainings werden **Teilnahmescheine** erworben. Die erfolgreiche Teilnahme setzt aktive, engagierte Mitarbeit im Training sowie respektvollen Umgang miteinander voraus. Die Trainings sind unbenotet, die Zuerkennung der ECTS-Leistungspunkte setzt jedoch die aktive, engagierte Teilnahme an der gesamten Trainingszeit voraus.

Verwendbarkeit

Das Modul ist für sämtliche Masterstudiengänge gleichermaßen geeignet.

Dauer und Häufigkeit

Das Modul dauert 2 mal 1 Trimester.Das Modul findet statt im ersten Studienjahr jeweils im Frühjahrstrimester und im Herbsttrimester. Als Startzeitpunkt ist das Frühjahrstrimester im 1. Studienjahr vorgesehen.

Übersicht des Studiengangs: Konten und Module

Legende:

FT	= Fachtrimester des Moduls
PrFT	= frühestes Trimester, in dem die Modulprüfung erstmals abgelegt werden kann
Nr	= Konto- bzw. Modulnummer
Name	= Konto- bzw. Modulname
M-Verantw.	= Modulverantwortliche/r
ECTS	= Anzahl der Credit-Points

FT	PrFT	Nr	Name	M-Verantw.	ECTS
		7	**Pflichtmodule - INF 2027**		**11**
1	3	1531	Simulation	O. Rose	6
2	2	3491	Algorithmen und Komplexität	P. Hertling	5
		8-14	**Überkonto Wahlpflicht - INF 2027**		**54**
		8	**Wahlpflichtmodule, Vertiefung: Theoretische Informatik - INF 2027**		**54**
1	1	1037	Informations- und Codierungstheorie	P. Hertling	6
2		1163	Praxisprojekt	M. Siegle	12
1	1	1195	Algorithmische Geometrie	M. Minas	6
3	3	1196	Ausgewählte Kapitel der Komplexitätstheorie	P. Hertling	6
1		1198	Berechenbarkeit	V. Brattka	6
1	4	1490	Operations Research, Complex Analytics and Decision Support Systems (ORMS I)	S. Pickl	9
1	2	1518	Formale Entwicklung korrekter Software	B. Elbl	6
	3	1523	Reelle Berechenbarkeit	V. Brattka	6
1	4	3394	Ausgewählte Kapitel der Logik in der Informatik	B. Elbl	6
1	1	3395	Logikprogrammierung	B. Elbl	6
1	1	5548	Modern Cryptography	M. Manulis	6
		9	**Wahlpflichtmodule, Vertiefung: Software- und Informationsmanagement - INF 2027**		**54**
3	7	1034	Softwareentwicklungsumgebungen	M. Minas	6
2	3	1144	Knowledge Discovery in Big Data	M. Geierhos	6
2		1163	Praxisprojekt	M. Siegle	12
2	2	1165	Rechtsfragen der Informatik	M. Mayer	3
1	2	1167	Mensch-Computer-Interaktion	M. Koch	9
4	4	1189	Visuelle Sprachen und Umgebungen	M. Minas	6
2	2	1190	Web Technologies	M. Koch	6
1	1	1398	Middleware und mobile Cloud Computing	A. Karcher	6
1	2	1518	Formale Entwicklung korrekter Software	B. Elbl	6
6	6	1630	Introduction to Machine Learning	M. Gomez-Barrero	6
1	1	2095	Ethik und Philosophie der Informatik	T. Skuban-Eiseler	6
1	1	2319	Artificial Intelligence	E. Ntoutsi	6
3	3	2320	Responsible Artificial Intelligence	E. Ntoutsi	6
1	1	2536	Artificial Intelligence (erweitert)	E. Ntoutsi	9
3	3	2537	Responsible Artificial Intelligence (erweitert)	E. Ntoutsi	9
	2	2668	Deep Learning (erweitert)	M. Gomez-Barrero	6
	2	2821	Deep Learning	M. Gomez-Barrero	4

3	3	2994	Ausgewählte Kapitel des OR: Data-driven Optimization	M. Moll	9
1	2	3647	Compilerbau	S. Brunthaler	6
1	2	3648	Compilerbau (erweitert)	S. Brunthaler	9
4	4	3850	Natural Language Processing	M. Geierhos	6
1	4	3851	Information Retrieval	M. Geierhos	6
		10	**Wahlpflichtmodule, Vertiefung: Technische Informatik - INF 2027**		**54**
	2	1010	Cyber Defense	G. Dreo Rodosek	12
	3	1032	Analytische Modelle	M. Siegle	9
	3	1033	Simulationstechnik	O. Rose	9
2		1163	Praxisprojekt	M. Siegle	12
	3	1197	Rechnernetze	G. Dreo Rodosek	12
	3	4097	Intelligent vernetzte Systeme	C. Schmitt	6
2	2	5505	Systemsicherheit	H. Baier	6
		11	**Wahlpflichtmodule, Vertiefung: Informationstechnik in Organisationen - INF 2027**		**54**
2		1163	Praxisprojekt	M. Siegle	12
2	2	1165	Rechtsfragen der Informatik	M. Mayer	3
3	3	1169	Vernetzte Operationsführung und Digitale Streitkräfte	A. Karcher	6
1	1	1170	Projektmanagement INF	H. Hagel	6
2	2	1171	Prozessmanagement und Engineering Standards	H. Hagel	6
3	3	1360	IT-Governance	U. Lechner	6
1	1	1398	Middleware und mobile Cloud Computing	A. Karcher	6
1	1	1507	Enterprise Architecture und IT Service Management	A. Karcher	6
1	1	2095	Ethik und Philosophie der Informatik	T. Skuban-Eiseler	6
		12	**Wahlpflichtmodule, Vertiefung: Geoinformatik - INF 2027**		**54**
4	4	1149	Geoinformatik Seminar	H. Mayer	6
2	2	1150	Geoinformatik und Visual Computing	H. Mayer	6
2		1163	Praxisprojekt	M. Siegle	12
1	4	1490	Operations Research, Complex Analytics and Decision Support Systems (ORMS I)	S. Pickl	9
2	3	1932	Computer Vision	H. Mayer	6
3	4	1937	Advanced Computer Vision	H. Mayer	6
	3	1938	Computer Vision (erweitert)	H. Mayer	9
3	3	2994	Ausgewählte Kapitel des OR: Data-driven Optimization	M. Moll	9
2	4	4044	Fernerkundung	H. Mayer	6
2	4	4045	Fernerkundung (erweitert)	H. Mayer	9
		13	**Wahlpflichtmodule, Vertiefung: Modellierung, Operations Research, Simulation und Experimentation - INF 2027**		**54**
	3	1032	Analytische Modelle	M. Siegle	9
	3	1033	Simulationstechnik	O. Rose	9
2		1163	Praxisprojekt	M. Siegle	12
1	4	1490	Operations Research, Complex Analytics and Decision Support Systems (ORMS I)	S. Pickl	9
3	3	2994	Ausgewählte Kapitel des OR: Data-driven Optimization	M. Moll	9
	5	3579	Digital und Serious Games	M. Hofmann	9
		14	**Wahlpflichtmodule, Vertiefung: Künstliche Intelligenz - INF 2027**		**54**
2	3	1144	Knowledge Discovery in Big Data	M. Geierhos	6

6	6	1630	Introduction to Machine Learning	M. Gomez-Barrero	6
2	3	1932	Computer Vision	H. Mayer	6
3	4	1937	Advanced Computer Vision	H. Mayer	6
3	3	1940	Graph Analytics and Machine Learning	M. Moll	3
2	2	1941	Generative KI	M. Moll	9
1	1	1942	Python programming for AI	E. Ntoutsi	3
4	4	1943	AI and simulation	O. Rose	6
5		1944	AI in military decision making	O. Rose	6
4		1945	AI/ML ops	O. Rose	6
4	4	1946	AI for Medicine and Healthcare	M. Hofmann	6
4		1947	Defence Analytics - AI-based Decison Making	S. Pickl	9
4		1948	AI/ Automation/ OR - Legal and Ethical Implications in Warfare	D. Budde	9
1	1	2095	Ethik und Philosophie der Informatik	T. Skuban-Eiseler	6
4	4	2180	Adaptive Artificial Intelligence	E. Ntoutsi	3
4	4	2181	Adaptive Artificial Intelligence (erweitert)	E. Ntoutsi	9
4		2182	Learning under Data Scarcity	E. Ntoutsi	3
1	1	2319	Artificial Intelligence	E. Ntoutsi	6
3	3	2320	Responsible Artificial Intelligence	E. Ntoutsi	6
1	1	2536	Artificial Intelligence (erweitert)	E. Ntoutsi	9
3	3	2537	Responsible Artificial Intelligence (erweitert)	E. Ntoutsi	9
	2	2668	Deep Learning (erweitert)	M. Gomez-Barrero	6
	2	2821	Deep Learning	M. Gomez-Barrero	4
3	3	2994	Ausgewählte Kapitel des OR: Data-driven Optimization	M. Moll	9
1	1	3396	Data Mining und IT- basierte Entscheidungsunterstützung	S. Pickl	6
	5	3579	Digital und Serious Games	M. Hofmann	9
4	4	3850	Natural Language Processing	M. Geierhos	6
		15	**Anwendungsfachmodule Elektrotechnik - INF 2027**		**15**
1	2	1282	Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik	C. Kargel	5
1	1	1326	Fragen der Mikro- und Nanosystemtechnik	G. Düsberg	6
1	1	1846	Biomedizinische Informationstechnik 1	G. Staude	5
3	1	1919	Advanced Analog Integrated Circuit Design	L. Maurer	5
1	1	1924	Praxisanwendungen mit MATLAB oder LabVIEW	C. Kargel	5
1	1	2317	Quantencomputing für Ingenieure	M. Richter	5
2	2	3684	MATLAB essentials	G. Staude	5
1	1	6050	Signalverarbeitung	A. Knopp	5
2	2	6060	Digitale Filter und Array Processing	A. Knopp	5
3	3	6067	Biomedizinische Informationstechnik 2	G. Staude	5
		16	**Anwendungsfachmodule Mathematik und Angewandte Systemwissenschaften - INF 2027**		**15**
3	4	1211	Algorithmen in der Mathematik	A. Nickel	9
3	3	1232	System Analysis and Concept Development und Experimentation (ORMS III)	S. Pickl	9
2	2	1513	Numerische Mathematik	M. Klein	6
2	3	1932	Computer Vision	H. Mayer	6
3	4	1937	Advanced Computer Vision	H. Mayer	6
	3	1938	Computer Vision (erweitert)	H. Mayer	9
3	3	2994	Ausgewählte Kapitel des OR: Data-driven Optimization	M. Moll	9

1	1	3396	Data Mining und IT- basierte Entscheidungsunterstützung	S. Pickl	6
		17	**Seminar - INF 2027**		**5**
2		1009	Seminarmodul	M. Gomez-Barrero	5
		18	**Masterarbeit - INF 2027**		**30**
4		1142	Masterarbeit INF	M. Gomez-Barrero	30
		99MA (neu)	**Verpflichtendes Begleitstudium plus**		**5**
		9903	studium plus 3, Seminar und Training	Z. studium plus	5

Übersicht des Studiengangs: Lehrveranstaltungen

Legende:

FT	= Fachtrimester der Veranstaltung
Nr	= Veranstaltungsnummer
Name	= Veranstaltungsname
Art	= Veranstaltungsart
P/Wp	= Pflicht / Wahlpflicht
TWS	= Trimesterwochenstunden

FT	Nr	Name	Art	P/Wp	TWS
	10091	Seminar MINF	Seminar	WPf	2
	10092	Seminar MINF+MWIN	Seminar	Pf	2
	10342	Seminar Ausgewählte Kapitel der Software-Entwicklung	Seminar	Pf	2
	11443	Research Topics in Data Science	Seminar	WPf	3
	11631	Praxisprojekt	Praktikum	Pf	1
	11981	Berechenbarkeit	Vorlesung/Übung	Pf	5
	149010	Spieltheorie: Einführung in die mathematische Theorie strategischer Spiele	Vorlesung/Übung	WPf	3
	14902	Diskrete Optimierung	Vorlesung/Übung	WPf	3
	14904	Scheduling	Vorlesung/Übung	WPf	3
	14906	Soft Computing A: Management Science and Complex System Analysis - System Dynamics and Strategic Planning	Vorlesung/Übung	WPf	3
	14907	Soft Computing B: Fuzzy Systems - Network Operations	Vorlesung/Übung	WPf	3
	14909	Soft Computing D: Neural Networks and Network Analysis	Vorlesung/Übung	WPf	3
	19441	AI in military decision making	Vorlesung/Übung	WPf	3
	19442	AI in military decision making Praktikum	Praktikum	WPf	3
	19451	AI/ML ops	Vorlesung/Übung	WPf	3
	19452	AI/ML ops Praktikum	Praktikum	WPf	3
	19471	Ausgewählte Kapitel des OR „AI based Decision Making“	Vorlesung	WPf	3
	19472	Defence Analytics - AI in OR - OR in AI	Vorlesung	WPf	3
	19473	Ausgewählte Kapitel des DSS – AI Operations and Processes	Praktikum	WPf	3
	19474	Ausgewählte Kapitel des DSS – Strategic AI	Seminar	WPf	3
	19481	Ethik und KI - Resilienz	Vorlesung	Pf	6
	19482	Ausgewählte Kapitel des OR “Optimierung und Human Enhancement“	Seminar	Pf	3
	21812	Selected topics of Adaptive AI	Seminar	Pf	3
	21813	Praktikum Adaptive AI	Vorlesung	Pf	3
	21822	Learning under Data Scarcity	Vorlesung	Pf	3
	23192	Seminar Selected topics in Artificial Intelligence	Seminar	Pf	2
	26681	Selected Topics in Deep Learning	Seminar	Pf	2
	55482	Seminar Research Trends in Cryptography	Seminar	Pf	2
1	10101	Ausgewählte Kapitel der IT-Sicherheit	Vorlesung/Übung	WPf	3
1	10102	Netzsicherheit	Vorlesung/Übung	WPf	3
1	10331	Parallele und verteilte Simulation	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	10333	Moderne Heuristiken	Vorlesung/Übung	WPf	3
1	1037	Informations- und Codierungstheorie	Vorlesung/Übung	WPf	5
1	10382	Logikprogrammierung	Vorlesung/Übung	WPf	5
1	10554	Radarfernerkundung	Vorlesung/Übung	WPf	3

1	11433	Simulation	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	11671	Mensch-Computer-Interaktion	Vorlesung	WPf	3
1	11701	Projektmanagement	Vorlesung	Pf	3
1	11702	Projektmanagement	Übung	Pf	2
1	11951	Algorithmische Geometrie	Vorlesung/Übung	Pf	5
1	11971	Rechnernetze	Vorlesung/Übung	Pf	5
1	12324	System Dynamics	Vorlesung/Übung	WPf	3
1	13261	Fragen der Mikro- und Nanosystemtechnik	Seminar	WPf	6
1	13981	Middleware und mobile Cloud Computing	Vorlesung	Pf	3
1	13982	Middleware und mobile Cloud Computing	Übung	Pf	2
1	149014	Geschichte des Operations Research	Blockveranstaltung	WPf	3
1	15071	Enterprise Architecture und IT Service Management	Vorlesung	Pf	3
1	15072	Enterprise Architecture und IT Service Management	Übung	Pf	2
1	15174	Spezifikation	Vorlesung/Übung	WPf	5
1	18461	Biosignal-Messtechnik	Vorlesung/Praktikum	WPf	3
1	18464	Konzepte für Assistiertes und Automatisiertes Fahren	Vorlesung	WPf	2
1	19191	Advanced Analog Integrated Circuit Design	Vorlesung/Übung	WPf	5
1	19241	Praxisanwendungen mit MATLAB oder LabVIEW Oberseminar	Oberseminar	WPf	5
1	19421	Python programming for AI	Praktikum	Pf	3
1	20951	Ethik und Philosophie der Informatik	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	23171	Quantencomputing für Ingenieure WP	Vorlesung/Übung	WPf	5
1	23191	Artificial Intelligence	Vorlesung/Übung	Pf	6
1	33961	Data Mining und IT-basierte Entscheidungsunterstützung	Vorlesung/Übung	Pf	5
1	3579-V1	Digital und Serious Games (I)	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	36481	Praktikum Compilerbau	Praktikum	Pf	3
1	40971	Grundlagen, Konzepte, Protokolle und Anwendungen	Vorlesung/Übung	Pf	3
1	55481	Modern Cryptography	Vorlesung/Übung	Pf	4
1	60501	Signalverarbeitung	Vorlesung/Übung	Pf	5
2	10103	Praktikum Netzsicherheit	Praktikum	WPf	3
2	10104	IT-Forensik	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	10106	Sicherheitsmanagement	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	10107	Sichere vernetzte Anwendungen	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	10244	Praktikum Modellbildung und Simulation	Praktikum	WPf	4
2	10271	Grundzüge der Geoinformatik	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	10272	Grundzüge von Visual Computing	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	10321	Quantitative Modelle	Vorlesung/Übung	Pf	5
2	10332	Entscheidungsunterstützende Modellbildung und Simulation	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	10781	Numerische Mathematik	Vorlesung	Pf	3
2	10782	Numerische Mathematik	Übung	Pf	2
2	11441	Knowledge Discovery	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	11521	Computer Vision	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	11651	Rechtsfragen der Informatik	Vorlesung	Pf	2
2	11672	Projekt Mensch-Computer-Interaktion	Vorlesung/Übung	WPf	4
2	11711	Prozessmanagement und Engineering Standards	Vorlesung	Pf	3
2	11712	Prozessmanagement und Engineering Standards	Übung	Pf	2
2	11901	Web Technologies	Vorlesung/Übung	Pf	3

2	12325	Praktikum Operations Research - Entscheidungsunterstützung II	Praktikum	WPf	3
2	12326	Seminar Ausgewählte Kapitel des Operations Research II	Seminar	WPf	3
2	12821	Ausgewählte Kapitel der Sensorik und Messtechnik	Oberseminar	WPf	5
2	19381	Computer Vision – Basics	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	19382	3D Computer Vision	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	19411	Grundlagen generativer KI	Vorlesung	Pf	3
2	19412	Foundation models for tabular data	Vorlesung	Pf	3
2	19413	Generative KI für komplexe Datenstrukturen	Vorlesung	Pf	3
2	29942	Quantum Machine Learning & Optimization	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	34911	Algorithmen und Komplexität	Vorlesung/Übung	WPf	5
2	3579-V3	Computational Intelligence in Games	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	3579-V5	Digital und Serious Games (II)	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	36471	Compilerbau	Vorlesung	Pf	2
2	36472	Compilerbau	Übung	Pf	4
2	36841	MATLAB essentials	Vorlesung/Übung	WPf	4
2	38502	Praktikum Natural Language Processing	Praktikum	Pf	3
2	42121	Deep Learning	Vorlesung	Pf	4
2	55051	Betriebssystemsicherheit	Vorlesung/Übung	Pf	3
2	55131	Sichere mobile Systeme	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	60601	Digitale Filter	Vorlesung/Übung	WPf	3
2	60602	Array Processing	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	10122	Software-Entwicklungsumgebungen	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	10322	Verlässliche Systeme	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	10323	Zuverlässigkeitstheorie	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	10334	Verifikation und Validierung von Modellen	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	10471	IT-Governance	Vorlesung/Übung	Pf	4
3	10932	Tatort Internet	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	11444	Big Data Management	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	11446	Data Science Praktikum	Praktikum	WPf	3
3	11691	Vernetzte Operationsführung und Digitale Streitkräfte	Vorlesung	Pf	3
3	11692	Vernetzte Operationsführung und Digitale Streitkräfte	Übung	Pf	2
3	11961	Ausgewählte Kapitel der Komplexitätstheorie	Vorlesung	Pf	3
3	11962	Ausgewählte Kapitel der Komplexitätstheorie	Übung	Pf	2
3	11972	Mobile Kommunikationssysteme	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	12111	Algorithmische Zahlentheorie	Vorlesung/Übung	Pf	5
3	12113	Quantencomputer	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	12322	Aviation Management: Safety und Security	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	14901	Ausgewählte Kapitel des Operations Research und der Entscheidungstheorie	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	14908	Soft Computing C: Natural Computing - Evolutionary Algorithms	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	15231	Reelle Berechenbarkeit	Vorlesung/Übung	Pf	5
3	15312	Praktikum Modellbildung und Simulation (klein)	Praktikum	Pf	2
3	18462	Biosignalverarbeitung	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	18463	Modellierung menschlichen Verhaltens in Informationssystemen	Vorlesung	WPf	2
3	19383	Computer Vision - Image Understanding	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	19401	Graph Machine Learning	Vorlesung/Übung	Pf	3

3	23201	Responsible Artificial Intelligence	Vorlesung/Übung	Pf	6
3	23202	Responsible Artificial Intelligence	Seminar	Pf	2
3	29941	Ausgewählte Kapitel des Data-driven Optimization	Vorlesung/Übung	Pf	3
3	29943	Seminar: Ausgewählte Kapitel des OR	Seminar	WPf	3
3	29944	Praktikum: Ausgewählte Kapitel des OR	Praktikum	WPf	3
3	34471	Angewandtes Deep Learning für Computer Vision	Vorlesung/Übung	WPf	3
3	3579-V2	Artificial Intelligence in Games	Vorlesung/Übung	WPf	3
4	10381	Ausgewählte Kapitel der Logik in der Informatik	Vorlesung/Übung	WPf	5
4	11471	Optische Fernerkundung	Vorlesung/Übung	WPf	3
4	11491	Geoinformatik Seminar	Vorlesung/Übung	Pf	4
4	11891	Visuelle Sprachen und Umgebungen	Vorlesung/Übung	Pf	5
4	12112	Ausgewählte mathematische Methoden in Kryptographie und Codierungstheorie	Vorlesung/Übung	WPf	3
4	14905	Schwarmbasierte Verfahren	Vorlesung/Übung	WPf	3
4	19431	AI and simulation	Vorlesung/Übung	WPf	3
4	19432	AI and simulation Praktikum	Praktikum	WPf	3
4	19461	AI for Medicine and Healthcare	Vorlesung/Übung	Pf	5
4	21811	Adaptive Artificial Intelligence	Vorlesung	Pf	3
4	34461	Statistische Computer Vision	Vorlesung/Übung	WPf	3
4	38501	Natural Language Processing	Vorlesung/Übung	Pf	3
4	38511	Information Retrieval	Vorlesung/Übung	Pf	6
5	3579-V4	Praktikum Digital und Serious Games	Praktikum	WPf	3
6	16301	Introduction to Machine Learning	Vorlesung/Übung	Pf	6