



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

Curriculum für das
Masterstudium
Computational Intelligence

an der Technischen Universität Wien

Gültig ab 1. Oktober 2012

Version: 5.6.2012

Redaktion: Hans Tompits, tompits@kr.tuwien.ac.at

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlage und Geltungsbereich	3
2. Qualifikationsprofil	3
3. Dauer und Umfang	4
4. Zulassung zum Masterstudium	4
5. Aufbau des Studiums	5
6. Lehrveranstaltungen	9
7. Prüfungsordnung	9
8. Studierbarkeit und Mobilität	10
9. Diplomarbeit	10
10. Akademischer Grad	11
11. Integriertes Qualitätsmanagement	11
12. Inkrafttreten	12
13. Übergangsbestimmungen	13
A. Modulbeschreibungen	13
B. Lehrveranstaltungstypen	34
C. Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen	35
D. Innovation – Supplementary Curriculum	35

1. Grundlage und Geltungsbereich

Das vorliegende Curriculum definiert und regelt das ingenieurwissenschaftliche, englischsprachige Masterstudium *Computational Intelligence* an der Technischen Universität Wien. Es basiert auf dem Universitätsgesetz 2002 BGBl. I Nr. 120/2002 (UG) und dem Satzungsteil *Studienrechtliche Bestimmungen* der Technischen Universität Wien in der jeweils geltenden Fassung. Die Struktur und Ausgestaltung dieses Studiums orientieren sich am folgenden Qualifikationsprofil.

2. Qualifikationsprofil

Das Masterstudium *Computational Intelligence* vermittelt eine vertiefte, wissenschaftlich und methodisch hochwertige, auf dauerhaftes Wissen ausgerichtete Bildung, welche die Absolventinnen und Absolventen sowohl für eine Weiterqualifizierung vor allem im Rahmen eines facheinschlägigen Doktoratsstudiums als auch für eine Beschäftigung in beispielsweise folgenden Tätigkeitsbereichen befähigt und international konkurrenzfähig macht:

- in der Grundlagenforschung im universitären und industriellen Bereich;
- in angewandter Forschung und Entwicklung in Industrieunternehmen und universitären Spin-Offs in Gebieten wie Formal Systems Engineering, Web und Semantic Systems, Logistik, Operations Research, und Telekommunikation; sowie
- für Analyse und Consulting in diesen Gebieten.

Nach entsprechender operationeller Qualifikation sind die Absolventinnen und Absolventen in der Lage leitende Positionen zu übernehmen.

Aufgrund der beruflichen Anforderungen werden im Masterstudium *Computational Intelligence* Qualifikationen hinsichtlich folgender Kategorien vermittelt:

Fachliche und methodische Kenntnisse Aufbauend auf einem einschlägigen Bachelorstudium werden, neben fortgeschrittenen Kenntnissen im Bereich der Informatik und einem kritischen Verständnis ihrer Theorien und Grundsätze, Kenntnisse in folgenden Teilbereichen der *Computational Intelligence* vermittelt:

- Algorithmen und Komplexität;
- Wissensrepräsentation und Künstliche Intelligenz;
- Programmiersprachen und Verifikation;
- Logik, Mathematik und Theoretische Informatik.

Kognitive und praktische Fertigkeiten Durch die praktische und theoretische Auseinandersetzung mit aktuellen Technologien und Methoden werden folgende Fertigkeiten vermittelt:

- Analyse komplexer Aufgabenstellungen auf Basis formaler, mathematischer und logikbasierter Methoden, sowie Lösung und praktische Umsetzung derselben;
- Weiterentwicklung formal-mathematischer Methoden;
- wissenschaftlich fundiertes Vorgehen;
- logisch-mathematisches Abstraktionsvermögen und Methodik.

Soziale Kompetenzen, Innovationskompetenz und Kreativität

- Entscheidungsverantwortung und Führungskompetenz;
- Kommunikationsfähigkeit;
- Fähigkeit zur kritischen Reflexion des Status Quo und des eigenen Handelns.

3. Dauer und Umfang

Der Arbeitsaufwand für das Masterstudium *Computational Intelligence* beträgt 120 ECTS-Punkte. Dies entspricht einer vorgesehenen Studiendauer von 4 Semestern als Vollzeitstudium.

ECTS-Punkte (Ects) sind ein Maß für den Arbeitsaufwand der Studierenden. Ein Studienjahr umfasst 60 ECTS-Punkte.

4. Zulassung zum Masterstudium

Die Zulassung zum Masterstudium *Computational Intelligence* setzt den Abschluss eines fachlich in Frage kommenden Bachelorstudiums bzw. Fachhochschul-Bachelorstudienganges oder eines anderen gleichwertigen Studiums an einer anerkannten in- oder ausländischen postsekundären Bildungseinrichtung voraus. Wenn die Gleichwertigkeit grundsätzlich gegeben ist und nur einzelne Ergänzungen auf die volle Gleichwertigkeit fehlen, können zur Erlangung der vollen Gleichwertigkeit zusätzliche Lehrveranstaltungen und Prüfungen im Ausmaß von maximal 30 ECTS-Punkten vorgeschrieben werden, die im Laufe des Masterstudiums zu absolvieren sind. Sie können im Modul *Freie Wahl* verwendet werden.

Ein Studium kommt fachlich in Frage, wenn die Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen der Module

Algebra und Diskrete Mathematik
Algorithmen und Datenstrukturen
Analysis
Programmierparadigmen
Programmkonstruktion
Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie
Theoretische Informatik und Logik

des Bachelorstudiums *Software & Information Engineering* vermittelt werden.

Fachlich in Frage kommen jedenfalls die Bachelor-, Master- und Diplomstudien der Informatik, Wirtschaftsinformatik und Mathematik an österreichischen Universitäten. An der Technischen Universität Wien sind das insbesondere die Bachelorstudien *Medieninformatik und Visual Computing*, *Medizinische Informatik*, *Software & Information Engineering*, *Technische Informatik* und *Wirtschaftsinformatik* sowie die Bachelorstudien der Mathematik, deren Absolventinnen und Absolventen ohne Auflagen zuzulassen sind. Bei Absolventinnen und Absolventen anderer Studien sind die oben angeführten Voraussetzungen individuell zu prüfen und gegebenenfalls Auflagen zu erteilen.

Personen, deren Muttersprache nicht Englisch ist, haben die Kenntnis der englischen Sprache nachzuweisen. Für einen erfolgreichen Studienfortgang werden Englischkenntnisse nach Referenzniveau B2 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen empfohlen.

5. Aufbau des Studiums

Die Inhalte und Qualifikationen des Studiums werden durch *Module* vermittelt. Ein Modul ist eine Lehr- und Lerneinheit, welche durch Eingangs- und Ausgangsqualifikationen, Inhalt, Lehr- und Lernformen, den Regelarbeitsaufwand sowie die Leistungsbeurteilung gekennzeichnet ist. Die Absolvierung von Modulen erfolgt in Form einzelner oder mehrerer inhaltlich zusammenhängender *Lehrveranstaltungen*. Thematisch ähnliche Module werden zu *Prüfungsfächern* zusammengefasst, deren Bezeichnung samt Umfang und Gesamtnote auf dem Abschlusszeugnis ausgewiesen wird.

Prüfungsfächer und zugehörige Module

Das Masterstudium *Computational Intelligence* gliedert sich in nachstehende Prüfungsfächer mit den ihnen zugeordneten Modulen.

Die mit Stern markierten Module sind *Pflicht-*, die anderen *Vertiefungsmodule*. Die Pflichtmodule sind in jedem Fall zu absolvieren. Aus der Liste der Vertiefungsmodule sind mindestens zwei zu wählen. Wird ein Vertiefungsmodul gewählt, müssen daraus Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 9 Ects absolviert werden, wobei für diese 9 Ects Projekte (Lehrveranstaltungstyp PR) nicht gezählt werden. Weiters müssen im Rahmen der gewählten Vertiefungsmodule mindestens zwei Seminare gewählt werden. Insgesamt sind in den Vertiefungsmodulen Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestens 48 Ects zu absolvieren. Im Modul *Freie Wahl* sind so viele Lehrveranstaltungen

zu absolvieren, dass ihr Umfang zusammen mit den 37.5 Ects der übrigen Pflichtmodule, der Diplomarbeit und dem Umfang der gewählten Vertiefungsmodule 120 Ects oder mehr ergibt.

Algorithms and Complexity

- *Algorithmics (6.0 Ects)
- Algorithms and Complexity (min. 9.0 Ects)

Knowledge Representation and Artificial Intelligence

- *Knowledge-based Systems (6.0 Ects)
- Knowledge Representation and Artificial Intelligence (min. 9.0 Ects)

Programming Languages and Verification

- *Formal Methods in Computer Science (6.0 Ects)
- Programming Languages and Verification (min. 9.0 Ects)

Logic, Mathematics, and Theoretical Computer Science

- *Discrete Mathematics (9.0 Ects)
- *Logic and Computability (6.0 Ects)
- Logic, Mathematics, and Theoretical Computer Science (min. 9.0 Ects)

Fachübergreifende Qualifikationen und freie Wahl

Fachübergreifende Qualifikationen (4.5 Ects)
Freie Wahl (max. 4.5 Ects)

Diplomarbeit

Siehe Abschnitt 9.

Ergänzungsstudium „Innovation“

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Prüfungsfächern im Umfang von 120 Ects kann das englischsprachige Prüfungsfach *Innovation* im Umfang von 30 Ects absolviert werden. In diesem Fall wird es ebenfalls auf dem Abschlusszeugnis ausgewiesen.

Innovation

Innovation and Creativity (6.0 Ects)
Innovation Planning (6.0 Ects)
Innovation Implementation (6.0 Ects)
Innovation Practice (12.0 Ects)

Die Module des Prüfungsfaches *Innovation* vermitteln Zusatzqualifikationen in Bereichen wie Firmengründung, Innovationsmanagement und Forschungstransfer. Aufgrund der beschränkten Teilnehmerzahl erfolgt die Vergabe der Plätze nach einem gesonderten Auswahlverfahren. Details sind dem Curriculum des Ergänzungsstudiums *Innovation* in Anhang D sowie den Modulbeschreibungen zu entnehmen.

Kurzbeschreibung der Module

Dieser Abschnitt führt die Module des Masterstudiums *Computational Intelligence* in alphabetischer Reihenfolge an und charakterisiert sie kurz. Eine ausführliche Beschreibung ist in Anhang A zu finden.

Algorithmics (6.0 Ects) This module covers advanced algorithms and data structures as well as algorithm analysis. It has an emphasis on (but is not limited to) algorithms on graphs and methods for problem solving and optimization. The module consists of a lecture together with exercises.

Algorithms and Complexity (min. 9.0 Ects) This module covers more specific topics in algorithms and data structures, algorithm analysis, and complexity. It has an emphasis on (but is not limited to) machine learning, problem solving and optimization methods with exact as well as heuristic and approximative algorithms, geometric algorithms, and distributed algorithms. The module considers theoretical foundations as well as practical applications and contains lectures as well as different forms of exercises and seminars.

Discrete Mathematics (9.0 Ects) This course is an advanced introduction to discrete mathematical methods and algorithms which are useful in computer science. It covers central aspects of combinatorics, graph theory, applied number theory, and algebra.

Fachübergreifende Qualifikationen (4.5 Ects) Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls dienen dem Erwerb fachübergreifender Qualifikationen wie zum Beispiel: Verhandlungsführung, Präsentations- und Kommunikationstechnik, systematische Recherche und Planung, Konfliktmanagement, Teamfähigkeit und Führung, Organisation und Management, Betriebsgründung und Finanzierung, Verständnis rechtlicher Rahmenbedingungen, Verbesserung von Fremdsprachenkenntnissen.

Formal Methods in Computer Science (6.0 Ects) This module is an advanced introduction to formal methods in computer science. It covers central aspects of computability, decision procedures, program semantics, and automated verification.

Freie Wahl (max. 4.5 Ects) Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls dienen der Vertiefung des Faches sowie der Aneignung außerfachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen.

Innovation Implementation (6.0 Ects) This is the third module out of four of the supplementary curriculum on innovation. It focuses on the implementation of innovations. It comprises practical aspects such as legal, financial, and social issues, which are complementary to and often critical for the innovation process.

Innovation Planning (6.0 Ects) This is the second module out of four of the supplementary curriculum on innovation. Students will learn to formulate business plans, as well as to discuss selected innovation cases.

Innovation Practice (12.0 Ects) This is the fourth and last module of the supplementary curriculum on innovation. Within a project, students will work on a concrete innovation task.

Innovation and Creativity (6.0 Ects) This is the first module out of four of the supplementary curriculum on innovation. As such it represents the entry point to the innovation modules. Students should have interest in innovation, and prove their excellent progress in their bachelor and master studies. At the end of this module they should know the basic concepts of innovation as well as the respective creativity techniques. The module contains subjects such as innovation theory and management, and focuses on the importance of innovation for businesses and society. It will also introduce creativity techniques and ways to explicitly formulate business ideas.

Knowledge Representation and Artificial Intelligence (min. 9.0 Ects) This module addresses aspects of knowledge and data systems, and in the wider setting of artificial intelligence in general. It has an emphasis on (but is not limited to) the symbol-processing approach to artificial intelligence, and in particular to logic-related approaches for representing and processing knowledge. The module includes foundations, regarding both semantics and computation, representation formalisms and reasoning methods, tools, and application areas.

Knowledge-based Systems (6.0 Ects) This modul provides an advanced introduction to knowledge-based systems. It covers central aspects of knowledge-based systems like different logics as well as rule-based forms for knowledge representation, the corresponding inference principles for knowledge processing, answer-set programming, truth-maintenance systems, more advanced techniques for processing uncertain or incomplete knowledge, and learning.

The module aims at a consolidation as well as an extension of skills and knowledge in formal logic in the context of knowledge-based systems acquired at the bachelor level. Students continue to use formal tools and to apply them to solve problems in the given domain.

Logic and Computability (6.0 Ects) The module aims at a consolidation as well as an extension of skills and knowledge in formal logic and the theory of computability acquired at the bachelor level. It comprises further training in the use of logical formalisms as specification tools, of various logical systems for proof search, elements of modal logics and of intuitionistic logic, and a deeper understanding of the concept of computability, including its connections to logic, program verification, and to complexity theory.

Logic, Mathematics, and Theoretical Computer Science (min. 9.0 Ects) The areas covered by this module are theoretical computer science, logic and its applications to computer science, and mathematical methods. There are three blocks of courses (theoretical computer science, logic, and mathematics) from which the student may freely

choose his or her courses. As a background, students require basic knowledge in logic (propositional logic and predicate logic) and in computer science (automata, basic complexity theory) and a good mathematical foundation.

Programming Languages and Verification (min. 9.0 Ects) This module provides advanced courses in the area of programming languages and verification, covering different topics like requirements engineering, software testing, high performance computing, and dynamic compilation.

6. Lehrveranstaltungen

Die Stoffgebiete der Module werden durch Lehrveranstaltungen vermittelt. Die Lehrveranstaltungen der einzelnen Module sind in Anhang A in den jeweiligen Modulbeschreibungen spezifiziert. Lehrveranstaltungen werden durch Prüfungen im Sinne des Universitätsgesetzes beurteilt. Die Arten der Lehrveranstaltungsbeurteilungen sind in der Prüfungsordnung (siehe Abschnitt 7) festgelegt.

Änderungen an den Lehrveranstaltungen eines Moduls werden in der Evidenz der Module dokumentiert, mit Übergangsbestimmungen versehen und im Mitteilungsblatt der Technischen Universität Wien veröffentlicht. Die aktuell gültige Evidenz der Module liegt in der Rechtsabteilung auf.

7. Prüfungsordnung

Den Abschluss des Masterstudiums bildet die Diplomprüfung. Sie beinhaltet

- (a) die erfolgreiche Absolvierung aller im Curriculum vorgeschriebenen Module, wobei ein Modul als positiv absolviert gilt, wenn die ihm zuzurechnenden Lehrveranstaltungen gemäß Modulbeschreibung positiv absolviert wurden,
- (b) die Abfassung einer positiv beurteilten Diplomarbeit,
- (c) die Erstellung eines Posters über die Diplomarbeit, das der Technischen Universität Wien zur nicht ausschließlichen Verwendung zur Verfügung zu stellen ist, und
- (d) eine kommissionelle Abschlussprüfung. Diese erfolgt mündlich vor einem Prüfungssenat gem. § 12 und § 19 des Satzungsteil *Studienrechtliche Bestimmungen* der Technischen Universität Wien und dient der Präsentation und Verteidigung der Diplomarbeit und dem Nachweis der Beherrschung des wissenschaftlichen Umfeldes. Dabei ist vor allem auf Verständnis und Überblickswissen Bedacht zu nehmen. Die Anmeldevoraussetzungen zur kommissionellen Abschlussprüfung gem. § 18 Abs. 1 des Satzungsteil *Studienrechtliche Bestimmungen* der Technischen Universität Wien sind erfüllt, wenn die Punkte a und b erbracht sind.

Das Abschlusszeugnis beinhaltet

- (a) die Prüfungsfächer mit ihrem jeweiligen Umfang in ECTS-Punkten und ihren Noten,
- (b) das Thema der Diplomarbeit,
- (c) die Note des Prüfungsfaches Diplomarbeit und
- (d) eine auf den unter a und c angeführten Noten basierenden Gesamtbeurteilung gemäß § 73 Abs. 3 UG 2002,
- (e) sowie die Gesamtnote.

Die Note eines Prüfungsfaches ergibt sich durch Mittelung der Noten jener Lehrveranstaltungen, die dem Prüfungsfach über die darin enthaltenen Module zuzuordnen sind, wobei die Noten mit dem ECTS-Umfang der Lehrveranstaltungen gewichtet werden. Bei einem Nachkommateil kleiner als oder gleich 0,5 wird abgerundet, andernfalls wird aufgerundet. Die Gesamtnote ergibt sich analog zu den Prüfungsfachnoten durch gewichtete Mittelung der Noten aller dem Studium zuzuordnenden Lehrveranstaltungen sowie der Noten der Diplomarbeit und der Abschlussprüfung.

Lehrveranstaltungen des Typs VO (Vorlesung) werden aufgrund einer abschließenden mündlichen und/oder schriftlichen Prüfung beurteilt. Alle anderen Lehrveranstaltungen besitzen immanenten Prüfungscharakter, d.h., die Beurteilung erfolgt laufend durch eine begleitende Erfolgskontrolle sowie optional durch eine zusätzliche abschließende Teilprüfung.

Der positive Erfolg von Prüfungen ist mit *sehr gut* (1), *gut* (2), *befriedigend* (3) oder *genügend* (4), der negative Erfolg ist mit *nicht genügend* (5) zu beurteilen.

8. Studierbarkeit und Mobilität

Studierende des Masterstudiums *Computational Intelligence* sollen ihr Studium mit angemessenem Aufwand in der dafür vorgesehenen Zeit abschließen können.

Es wird empfohlen, das Studium nach dem Semestervorschlag in Anhang C zu absolvieren.

Die Anerkennung von im Ausland absolvierten Studienleistungen erfolgt durch das studienrechtliche Organ. Zur Erleichterung der Mobilität stehen die in § 27 Abs. 1 bis 3 der *Studienrechtlichen Bestimmungen* der Satzung der Technischen Universität Wien angeführten Möglichkeiten zur Verfügung. Diese Bestimmungen können in Einzelfällen auch zur Verbesserung der Studierbarkeit eingesetzt werden.

9. Diplomarbeit

Die Diplomarbeit ist eine wissenschaftliche Arbeit, die dem Nachweis der Befähigung dient, ein wissenschaftliches Thema selbstständig inhaltlich und methodisch vertretbar zu bearbeiten. Das Prüfungsfach Diplomarbeit, bestehend aus der wissenschaftlichen Arbeit und der kommissionellen Gesamtprüfung, wird mit 30.0 ECTS-Punkten bewertet,

wobei der kommissionellen Gesamtprüfung 3.0 Ects zugemessen werden. Das Thema der Diplomarbeit ist von der oder dem Studierenden frei wählbar und muss im Einklang mit dem Qualifikationsprofil stehen.

10. Akademischer Grad

Den Absolventinnen und Absolventen des Masterstudiums *Computational Intelligence* wird der akademische Grad *Diplom-Ingenieur/Diplom-Ingenieurin* – abgekürzt *Dipl.-Ing.* oder *DI* – verliehen (englische Übersetzung *Master of Science*, abgekürzt *MSc*).

11. Integriertes Qualitätsmanagement

Das integrierte Qualitätsmanagement gewährleistet, dass das Curriculum des Masterstudiums *Computational Intelligence* konsistent konzipiert ist, effizient abgewickelt und regelmäßig überprüft bzw. kontrolliert wird. Geeignete Maßnahmen stellen die Relevanz und Aktualität des Curriculums sowie der einzelnen Lehrveranstaltungen im Zeitablauf sicher; für deren Festlegung und Überwachung sind das Studienrechtliche Organ und die Studienkommission zuständig.

Die Studienkommission unterzieht das Curriculum in einem dreijährigen Zyklus einem Monitoring, unter Einbeziehung wissenschaftlicher Aspekte, Berücksichtigung externer Faktoren und Überprüfung der Arbeitsaufwände, um Verbesserungspotentiale des Curriculums zu identifizieren und die Aktualität zu gewährleisten.

Die semesterweise Lehrveranstaltungsbewertung liefert, ebenso wie individuelle Rückmeldungen zum Studienbetrieb an das Studienrechtliche Organ, für zumindest die Pflichtlehrveranstaltungen ein Gesamtbild für alle Beteiligten über die Abwicklung des Curriculums. Insbesondere können somit kritische Lehrveranstaltungen identifiziert und in Abstimmung zwischen studienrechtlichem Organ, Studienkommission und Lehrveranstaltungsleitung geeignete Anpassungsmaßnahmen abgeleitet und umgesetzt werden.

Jedes Modul besitzt eine Modulverantwortliche oder einen Modulverantwortlichen. Diese Person ist für die inhaltliche Kohärenz und die Qualität der dem Modul zugeordneten Lehrveranstaltungen verantwortlich. Diese wird insbesondere durch zyklische Kontrollen, inhaltliche Feinabstimmung mit vorausgehenden und nachfolgenden Modulen sowie durch Vergleich mit analogen Lehrveranstaltungen bzw. Modulen anderer Universitäten im In- und Ausland sichergestellt.

Lehrveranstaltungskapazitäten

Für die verschiedenen Typen von Lehrveranstaltungen (siehe Anhang B) dienen die folgenden Gruppengrößen als Richtwert:

Lehrveranstaltungstyp	Gruppengröße	
	je Leiter(in)	je Tutor(in)
VO	100	
UE mit Tutor(inn)en	30	15
UE	15	
LU mit Tutor(inn)en	20	8
LU	8	
EX, PR, SE	10	

Für Lehrveranstaltungen des Typs VU werden für den Vorlesungs- bzw. Übungsteil die Gruppengrößen für VO bzw. UE herangezogen. Die Beauftragung der Lehrenden erfolgt entsprechend der tatsächlichen Abhaltung.

Lehrveranstaltungen mit ressourcenbedingten Teilnahmebeschränkungen sind in der Beschreibung des jeweiligen Moduls entsprechend gekennzeichnet; weiters sind dort die Anzahl der verfügbaren Plätze und das Verfahren zur Vergabe dieser Plätze festgelegt. Die Lehrveranstaltungsleiterinnen und Lehrveranstaltungsleiter sind berechtigt, mehr Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu einer Lehrveranstaltung zulassen als nach Teilnahmebeschränkungen oder Gruppengrößen vorgesehen, sofern dadurch die Qualität der Lehre nicht beeinträchtigt wird.

Kommt es in einer Lehrveranstaltung ohne explizit geregelte Platzvergabe zu einem unvorhergesehenen Andrang, kann die Lehrveranstaltungsleitung in Absprache mit dem studienrechtlichen Organ Teilnahmebeschränkungen vornehmen und die Vergabe der Plätze nach folgenden Kriterien (mit absteigender Priorität) regeln.

- Es werden jene Studierenden bevorzugt aufgenommen, die die formalen und inhaltlichen Voraussetzungen erfüllen. Die inhaltlichen Voraussetzungen können etwa an Hand von bereits abgelegten Prüfungen oder durch einen Eingangstest überprüft werden.
- Unter diesen hat die Verwendung der Lehrveranstaltung als Pflichtfach Vorrang vor der Verwendung als Wahlfach und diese vor der Verwendung als Freifach.
- Innerhalb dieser drei Gruppen sind jeweils jene Studierenden zu bevorzugen, die trotz Vorliegens aller Voraussetzungen bereits in einem früheren Abhaltesemester abgewiesen wurden.

Die Studierenden sind darüber ehebaldigst zu informieren.

12. Inkrafttreten

Dieses Curriculum tritt mit 1. Oktober 2012 in Kraft.

13. Übergangsbestimmungen

Die Übergangsbestimmungen werden gesondert im Mitteilungsblatt verlautbart und liegen in der Rechtsabteilung der Technischen Universität Wien auf.

A. Modulbeschreibungen

Algorithmics

ECTS-Credits: 6.0 Ects

Learning Outcomes:

Knowledge: A broader knowledge in the area of algorithms and data structures, in particular on graph algorithms and methods for problem solving, as well as techniques for analyzing algorithms.

Skills: Extended ability to design proper algorithms and data structures for challenging computational problems and to analyze and compare different algorithms.

Competences: Extended ability to adapt existing or invent new methods for computational problem solving.

Syllabus: The module discusses the following topics:

- shortest paths (Bellman's Equations, Dijkstra's algorithm, Bellman-Ford's Algorithm, Floyd-Warshall's Algorithm, detection of negative cycles),
- network flows: maximal flow algorithms (Ford-Fulkerson's Algorithm, Hoffman's algorithm), minimum cost flow algorithm,
- Hamiltonian cycles and TSP,
- matchings and covers in (bipartite) graphs,
- strongly connected components,
- planarity of graphs,
- selected tree problems, e.g., Steiner tree problem,
- A* algorithm,
- linear programming (simplex method),
- basic techniques for solving integer programs,
- further mathematical algorithms, e.g., median calculation, and
- selected approximation and randomized algorithms.

Expected Prerequisites:

Knowledge: A solid knowledge of basic algorithms and data structures (O-, Theta-, Omega-notations, asymptotic runtimes, algorithm analysis, sorting, searching, trees, hashing, fundamental problem-solving algorithms, basic complexity theory, basic geometric algorithms), solid programming skills, good mathematical skills (linear algebra, analysis, series, basics of graphs, proof techniques).

Skills: Capability of abstraction as well as programming and software engineering skills.

Competences: The student should have presentation skills and be capable to work in a team.

These prerequisites are taught in the module Algorithmen und Datenstrukturen of the bachelor curriculum *Software & Information Engineering*.

Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance: The module consists of one course which comprises classroom lectures (3.0 ECTS) and an exercise part in small groups (demonstration of solutions to homework exercises) (3.0 ECTS). The final grade is determined by the results of the exercises and a final, written and/or oral examination.

Courses of Module:

6.0/4.0 VU Algorithmics

Algorithms and Complexity

ECTS-Credits: min. 9.0 Ects

Learning Outcomes:

Knowledge: A broader knowledge in the area of algorithms and data structures, in particular on methods for problem solving, optimization, geometric and distributed algorithms, as well as techniques for analyzing algorithms.

Skills: Extended ability to design proper algorithms and data structures for challenging computational problems and to analyze and compare different algorithms.

Competences: Extended ability to adapt existing or invent new methods for computational problem solving.

Syllabus: This module mainly deals with algorithmic techniques, data structures, their analysis, and complexity in computer science. It aims at getting acquaintance with the design of effective algorithms in order to solve non-trivial computational problems.

In its core, the module covers algorithms from diverse domains including graph theory, combinatorial optimization (exact as well as heuristic approaches, approximation algorithms, mathematical programming methods), distributed computing, computational geometry, bioinformatics, and machine learning, as well as the analysis of these algorithms. Students will further learn how to model practical problems in order to develop adequate solution methods and algorithms.

Expected Prerequisites:

Knowledge: A solid knowledge of basic algorithms and data structures (O-, Theta-, Omega-notations, asymptotic runtimes, algorithm analysis, sorting, searching, trees, hashing, fundamental problem-solving algorithms, basic complexity theory, basic geometric algorithms), solid programming skills, good mathematical skills (linear algebra, analysis, series, basics of graphs, proof techniques).

Skills: Capability of abstraction as well as programming and software engineering skills.

Competences: The student should have presentation skills and be capable to work in a team.

Obligatory Prerequisites: None.

Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance: The courses of the module are basically of four different types:

1. Lectures with exercises, where students learn some theoretical foundations and train the corresponding techniques in exercises (which are either required in written form or in form of a blackboard presentation).
2. Lectures with laboratory exercises, where students learn some methods which they have either to implement or to experiment with existing systems.
3. Seminars, where advanced new scientific material is discussed in a small group and students have to give presentations and (optional) have to write seminar papers; this kind of course should lead the students closer to actual scientific research.
4. Project work, where students work out some project, involving theoretical and practical aspects.

The performance assessment will be done according to different methods, including written or oral examinations, tests, graded exercises, the evaluation of presentation performance, and the evaluation of seminar papers or project reports.

The course type (VO, VU, etc.) may restrict the assessment methods by law. The evaluation mode will be fixed by the course responsible at the beginning of the semester respectively the beginning of the course, and may also be a combination of methods.

Courses of Module: From the courses below, any group of courses can be selected which gives an ECTS sum of at least 9. These 9 ECTS may not include courses of type PR.

3.0/2.0 VU Algorithms in Graph Theory

3.0/2.0 VU Algorithmic Geometry

1.5/1.0 UE Algorithmic Geometry

5.0/3.0 VO Analysis of Algorithms

4.0/2.0 UE Analysis of Algorithms

3.0/2.0 VU Approximation Algorithms

3.0/2.0 VU Complexity Theory

3.0/2.0 VU Discrete Reasoning Methods
6.0/4.0 VU Distributed Algorithms
3.0/2.0 VU Efficient Algorithms
3.0/2.0 VU Heuristic Optimization Techniques
3.0/2.0 VU Mathematical Programming
3.0/2.0 VU Modeling and Solving Constrained Optimization Problems
3.0/2.0 VU Networks: Design and Analysis
4.5/3.0 VU Problems in Distributed Computing
3.0/2.0 VU Optimization in Transport and Logistics
3.0/2.0 VU Real-Time Scheduling
3.0/2.0 SE Seminar in Algorithms
3.0/2.0 SE Seminar in Complexity Theory
6.0/4.0 PR Project in Computer Science 1
6.0/4.0 PR Project in Computer Science 2

Discrete Mathematics

ECTS-Credits: 9.0 Ects

Learning Outcomes:

Knowledge: Advanced knowledge of combinatorics, graph theory and algorithms, applied number theory and algebra.

Skills: Ability to apply the above concepts and methods in theoretical and practical work, and in specialized courses.

Competences: Ability to identify and apply mathematical concepts for practical problems.

Syllabus: Higher Combinatorics

- Counting principles (sets, permutations, partitions, pigeon hole principle, double counting, Ramsey theorems)
- Generating functions (ordered and unordered combinatorial structures, recurrences, asymptotic methods)
- Combinatorics on partial ordered sets (Dilworth, Moebius inversion, lattices)

Graph Theory

- Basics
- Trees and forests (spanning subgraphs, matroids and greedy algorithms)
- Weighted graphs and algorithms (Dijkstra, Floyd-Warshall, Ford-Fulkerson)
- Special graph classes (Eulerian, Hamiltonian, planar, bipartite, matchings, graph coloring)

Number Theory

- Divisibility and unique factorisation (Euclidean algorithm)
- Congruences and residue classes (Eulerian totient function, Euler-Fermat theorem, primitive roots)
- Chinese remainder theorem
- RSA algorithm

Polynomials over Finite Fields

- Rings (factorial rings, Euclidean rings)
- Fields (prime fields, characteristic, polynomial ring, minimal polynomial, primitive polynomial)
- Applications (polynomial codes, shift register sequences, ...)

Expected Prerequisites:

Knowledge: Bachelor-level courses in Algebra and Discrete Mathematics, Analysis, and Algorithms.

Skills: Bachelor-level mathematical skills (proofs, mathematical modeling).

Competences: Presentation skills to demonstrate the results of the home exercises.

These prerequisites are taught in the following modules of the bachelor curriculum *Software & Information Engineering*: Algebra und Diskrete Mathematik, Analysis.

Obligatory Prerequisites: None.

Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance: The course consists of classroom lectures, graded by both a written and a subsequent oral exam, and exercises that are prepared at home and presented during the exercise classes. Exercises are individually graded.

Courses of Module:

4.0/4.0 VO Discrete Mathematics

5.0/2.5 UE Discrete Mathematics

Fachübergreifende Qualifikationen

ECTS-Credits: 4.5 Ects

Learning Outcomes: Durch dieses Modul sollen Studierende Qualifikationen erwerben, die über die für das Studium typischen fachlichen Kenntnisse und Fertigkeiten hinausgehen und im Berufsalltag eine wesentliche Rolle spielen, wie zum Beispiel: Verhandlungsführung, Präsentations- und Kommunikationstechnik, systematische Recherche und

Planung, Konfliktmanagement, Teamfähigkeit und Führung, Organisation und Management, Betriebsgründung und Finanzierung, Verständnis rechtlicher Rahmenbedingungen, Verbesserung von Fremdsprachenkenntnissen.

Courses of Module: Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls sind im Umfang von mindestens 4.5 Ects aus dem von der Technischen Universität Wien verlautbarten Katalog von Lehrveranstaltung zum Erwerb von fachübergreifenden Qualifikationen sowie aus den folgenden Lehrveranstaltungen.

- 3.0/2.0 SE Coaching als Führungsinstrument 1
- 3.0/2.0 SE Coaching als Führungsinstrument 2
- 3.0/2.0 SE Didaktik in der Informatik
- 1.5/1.0 VO EDV-Vertragsrecht
- 3.0/2.0 VO Einführung in die Wissenschaftstheorie I
- 3.0/2.0 VO Einführung in Technik und Gesellschaft
- 3.0/2.0 SE Folgenabschätzung von Informationstechnologien
- 3.0/2.0 VU Forschungsmethoden
- 3.0/2.0 VO Frauen in Naturwissenschaft und Technik
- 3.0/2.0 SE Gruppendynamik
- 3.0/2.0 VU Italienisch für Ingenieure I
- 3.0/2.0 VU Kommunikation und Moderation
- 3.0/2.0 SE Kommunikation und Rhetorik
- 1.5/1.0 SE Kommunikationstechnik
- 3.0/2.0 VU Kooperatives Arbeiten
- 1.5/1.0 VO Präsentation, Moderation und Mediation
- 3.0/2.0 UE Präsentation, Moderation und Mediation
- 3.0/2.0 VU Präsentations- und Verhandlungstechnik
- 3.0/2.0 SE Rechtsinformationsrecherche im Internet
- 3.0/2.0 VU Rhetorik, Körpersprache, Argumentationstraining
- 3.0/2.0 VU Softskills für TechnikerInnen
- 3.0/2.0 VU Technical English Communication
- 3.0/2.0 VU Technical English Presentation
- 3.0/2.0 VU Techniksoziologie und Technikpsychologie
- 3.0/2.0 VU Technisches Französisch, Hohes Niveau I
- 3.0/2.0 VU Technisches Russisch I
- 3.0/2.0 VU Technisches Russisch II
- 3.0/2.0 VU Technisches Spanisch I
- 3.0/2.0 VU Technisches Spanisch II
- 3.0/2.0 VO Theorie und Praxis der Gruppenarbeit
- 3.0/2.0 SE Wissenschaftliche Methodik
- 3.0/2.0 VO Zwischen Karriere und Barriere

Formal Methods in Computer Science

ECTS-Credits: 6.0 Ects

Learning Outcomes:

Knowledge: Advanced knowledge of computability, decision procedures, program semantics, and automated verification.

Skills: Ability to apply the above concepts in theoretical and practical work, and in specialized courses.

Competences: Ability to use mathematical concepts as tools for practical problems.

Syllabus: The module discusses the following topics:

- complexity and computability,
- logical decision procedures,
- program semantics, and
- automated verification.

Expected Prerequisites:

Knowledge: Knowledge of basic concepts in theoretical computer science, logic, discrete mathematics, programming, and algorithms, as taught at respective bachelor courses.

Skills: The student should be in command of both programming as well as mathematical skills.

Competences: Presentation skills to demonstrate the results of home exercises.

Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance: The module consists of one course which comprises classroom lectures and an exercise part. The exercises are written take-home exercises, and are individually graded. The final grade is determined by the results of the exercises and a final, written exam.

Courses of Module:

6.0/4.0 VU Formal Methods in Computer Science

Freie Wahl

ECTS-Credits: max. 4.5 Ects

Learning Outcomes: Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls dienen der Vertiefung des Faches sowie der Aneignung außerfachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen.

Courses of Module: Die Lehrveranstaltungen dieses Moduls können frei aus dem Angebot an wissenschaftlichen/künstlerischen Lehrveranstaltungen aller anerkannten in- und ausländischen Universitäten gewählt werden, sofern sie der Vertiefung des Faches oder der Aneignung außerfachlicher Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen dienen. Der Umfang der frei wählbaren Lehrveranstaltungen ergänzt den Umfang der übrigen im Studium absolvierten Lehrveranstaltungen auf 90 Ects (oder mehr), wobei ihr Anteil daran 4.5 Ects nicht übersteigen darf.

Innovation Implementation

ECTS-Credits: 6.0 Ects

Learning Outcomes:

Knowledge:

- Funding aspects of innovation.
- Legal and financial issues of company creation.

Skills:

- Company foundation.
- Enterprise expansion.

Competences:

- Handling of conflicts and crises.

Syllabus: Students will learn what to take care of when founding a new company or when expanding an existing enterprise. The module comprises the following issues:

- Company foundation: Legal issues and funding
- Enterprise expansion: Organisational and technical aspects
- Finance and venture capital
- Decision making, conflict, and crisis management

Expected Prerequisites:

Knowledge:

- Innovation theory and management
- Creativity techniques
- Business model and plan
- Understand the commonalities and differences of a variety of innovation cases

Skills:

- Formulate and present business ideas
- Conduct innovation of processes, products, and services in and outside existing enterprises

- Methods and techniques to translate ideas into solid business plans

Competences:

- Methods and techniques to foster creativity
- Interaction and cooperation with highly creative people and teams, accepting also critiques
- Understand the non-linearity of innovation from a variety of innovation cases

The prerequisites are conveyed in the modules *Innovation and Creativity*, *Innovation Planning*.

Obligatory Prerequisites: Innovation and Creativity, Innovation Planning.

Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance: Blended learning: Lectures, self-study, labs, seminars, expert panels, and work in project groups.

Courses of Module:

- 2.0/1.5 VU Legal issues and funding
- 2.0/1.5 VU Finance and venture capital
- 2.0/1.5 VU Management of conflicts

Innovation Planning

ECTS-Credits: 6.0 Ects

Learning Outcomes:

Knowledge:

- Business model and plan.
- Understand the commonalities and differences of a variety of innovation cases.

Skills:

- Conduct innovation of processes, products, and services in and outside existing enterprises.
- Methods and techniques to translate ideas into solid business plans.

Competences:

- Interaction with highly creative people and teams.
- Understand the non-linearity of innovation from a variety of innovation cases.

Syllabus: Students will learn to plan the translation of their innovation—within a company or a start-up. This will also include cases of successful and non successful innovations. Issues treated are:

- Management-Team
- Product and service description (USP)
- Market and competition
- Marketing, price, and distribution
- Realisation plan, financial planning
- Chances and risks

Expected Prerequisites:

Knowledge:

- Innovation theory and management.
- Creativity techniques.

Skills:

- Formulation of business ideas.

Competences:

- Methods and techniques to foster creativity.
- Interaction and cooperation with highly creative people and teams, accepting also critiques.

The prerequisites are conveyed in the module *Innovation and Creativity*.

Obligatory Prerequisites: Innovation and Creativity.

Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance: Blended learning: Lectures, self-study, labs, seminars, expert panels, and work in project groups.

Courses of Module:

3.0/2.0 VU Business Plan

3.0/2.0 VU Innovation Cases

Innovation Practice

ECTS-Credits: 12.0 Ects

Learning Outcomes:

Knowledge:

- Consolidate and strengthen the innovation knowledge in a real innovation case implementation.

Skills:

- Experience and reflect social and organisational aspects.
- Practice innovation transfer and university-company cooperation.

Competences:

- Complex interaction with multiple stakeholders within and outside the university.
- Practice management of conflicts and crises.

Syllabus: The innovation project provides flexibility and ways to specialise:

- Specialisation at the students' option.
- Small groups or individual work possible.
- Internship possible.
- Company cooperation possible.
- International cooperation possible.

Expected Prerequisites:

Knowledge:

- Innovation theory and management.
- Creativity techniques.
- Business model and plan.
- Understand the commonalities and differences of a variety of innovation cases.
- Understand the legal, financial, and organisational aspects of innovation implementation.

Skills:

- Formulate and present business ideas.
- Conduct innovation of processes, products, and services in and outside existing enterprises.
- Methods and techniques to translate ideas into solid business plans.
- Company foundation and enterprise expansion.

Competences:

- Methods and techniques to foster creativity.
- Interaction and cooperation with highly creative people and teams, accepting also critiques.
- Understand the non-linearity of innovation from a variety of innovation cases.
- Handling of conflicts and crises.

The prerequisites are conveyed in the modules *Innovation and Creativity*, *Innovation Planning*, *Innovation Implementation*.

Obligatory Prerequisites: Innovation and Creativity, Innovation Planning, Innovation Implementation.

Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance: Highly interactive and proactive group work with a final presentation.

Courses of Module:

12.0/4.0 PR Innovation project

Innovation and Creativity

ECTS-Credits: 6.0 Ects

Learning Outcomes:

Knowledge:

- Innovation theory and management.
- Creativity techniques.

Skills:

- Formulation of business ideas.

Competences:

- Methods and techniques to foster creativity.
- Interaction with highly creative people and teams.

Syllabus: This module aims to enable the students to foster and formulate ideas:

- Innovation theory, innovation management, innovation and society (3 ECTS).
- Creativity techniques, dynamism, formulate ideas of innovation projects as prerequisite for business plans (3 ECTS).

Expected Prerequisites:

Knowledge:

- Knowledge in Computer Science and/or Business Informatics.

Skills:

- Ability to work in groups.

Competences:

- Strong commitment.

Obligatory Prerequisites: A two-stage admission procedure is conducted during the first semester of the respective main master study in informatics or business informatics.

Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance: Blended learning: Lectures, self-study, labs, seminars, expert panels, and work in project groups.

Courses of Module:

3.0/2.0 VU Foundations of innovation

3.0/2.0 PR Creativity and ideas

Knowledge Representation and Artificial Intelligence

ECTS-Credits: min. 9.0 Ects

Learning Outcomes: The main objective is that upon completion of this module, students have a detailed understanding of how knowledge is formalized and processed in artificial intelligence using symbolic, and in particular logic-related approaches, and of problems and issues that have to be respected in connection with this. They furthermore will have acquired skills in designing, formally specifying, and realizing techniques of knowledge representation and reasoning.

Knowledge: Knowledge of theoretical foundations of knowledge representation and reasoning, specifically the logic-related paradigm and its embedding in the theory of artificial intelligence. The students are knowledgeable about foundational issues in connection

with knowledge handling, regarding capturing, formal representation, and knowledge processing. They are also aware of methods and tools in knowledge representation and reasoning, which they can exploit to develop solutions in applications.

Skills: The ability to select and use formalisms and methods in knowledge representation and artificial intelligence for problem solving in various application areas, comprising formal problem modeling (design of domain and application models) and practical realization based on problem-solving tools.

Competences: The ability to adapt existing or invent new formalisms and methods for practical problem solving.

Syllabus: This module deals with knowledge representation in particular and artificial intelligence in general. It comprises various aspects of capturing knowledge (learning), formally representing knowledge (modeling and representation), and processing knowledge (reasoning), pays particular attention to problems, methods, and techniques that have been developed in this area, where the focus is with symbolic and in particular with logic-based approaches. Furthermore, in the broader perspective, also sub-symbolic and numeric approaches and models (e.g., neural networks) are included.

More specifically, the module covers in its core machine learning, representation languages and tools for knowledge representation (e.g., logics, answer-set programming, argumentation systems, agents, ontologies and Semantic-Web techniques, SAT), reasoning methods (e.g., abduction, common sense reasoning, belief change, reasoning about actions, inconsistency management) and search, and, in the broader perspective, also mathematical models of neural computation and classification, and their application.

Expected Prerequisites: Students are expected to have solid knowledge of logic in computer science (propositional and predicate logic), complexity and computation, mathematics, and programming on a computer-science bachelor level.

Knowledge: Solid knowledge of logic concepts in computer science (propositional and predicate logic), basic knowledge of complexity (e.g., NP-completeness) and computation, and of discrete mathematics.

Skills: Capability for abstraction as well as modeling and programming skills.

Competences: Presentation skills.

Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance: The courses of the module are basically of four different types:

1. Lectures with exercises, where students learn some theoretical foundations and train the corresponding techniques in exercises (which are either required in written form or in form of a blackboard presentation).
2. Lectures with laboratory exercises, where students learn some methods which they have either to implement or to experiment with existing systems.
3. Seminars, where advanced new scientific material is discussed in a small group and students have to give presentations and (optional) have to write seminar papers; this kind of course should lead the students closer to actual scientific research.

4. Project work, where students work out some project, involving theoretical and practical aspects.

The performance assessment will be done according to different methods, including written or oral examinations, tests, graded exercises, the evaluation of presentation performance, and the evaluation of seminar papers or project reports.

The course type (VO, VU, etc.) may restrict the assessment methods by law. The evaluation mode will be fixed by the course responsible at the beginning of the semester respectively the beginning of the course, and may also be a combination of methods.

Courses of Module: From the courses below, any group of courses can be selected which gives an ECTS sum of at least 9. These 9 ECTS may not include courses of type PR.

- 3.0/2.0 VU Theory of Knowledge Representation
- 3.0/2.0 SE Seminar in Artificial Intelligence
- 3.0/2.0 SE Seminar in Databases
- 3.0/2.0 SE Seminar in Knowledge Representation and Reasoning
- 3.0/2.0 VO Processing of Declarative Knowledge
- 4.5/3.0 VU Self-Organizing Systems
- 4.5/3.0 VU Abstract Argumentation
- 3.0/2.0 VU Nonmonotonic Reasoning
- 3.0/2.0 VU Semantic Web Technologies
- 3.0/2.0 VO Deductive Databases
- 3.0/2.0 VO Knowledge Management
- 3.0/2.0 UE Knowledge Management
- 3.0/2.0 VU SAT Solving and Extensions
- 3.0/2.0 VU Complexity Analysis
- 3.0/2.0 VU Database Theory
- 3.0/2.0 VU Foundations of Information Integration
- 4.5/3.0 VU Information Design
- 3.0/2.0 VU Advanced Logic Programming
- 3.0/2.0 VU Problem Solving and Search in Artificial Intelligence
- 4.5/3.0 VU Machine Learning
- 3.0/2.0 VU Similarity Modeling 1
- 3.0/2.0 VU Similarity Modeling 2
- 3.0/2.0 VU Media and Brain 1
- 3.0/2.0 VU Media and Brain 2
- 4.5/3.0 VU Classification and Discriminant Analysis
- 6.0/4.0 PR Project in Computer Science 1
- 6.0/4.0 PR Project in Computer Science 2

Knowledge-based Systems

ECTS-Credits: 6.0 Ects

Learning Outcomes:

Knowledge: Advanced knowledge of techniques, methods, and algorithms used in knowledge-based systems.

Skills: Ability to apply the above concepts in theoretical and practical work, and in specialized courses.

Competences: Ability to use mathematical concepts as tools for practical problems.

Syllabus: The module discusses the following topics: predicate logic as a knowledge representation language, description logics, rule-based inferences, answer-set programming, truth-maintenance systems, processing of insecure or incomplete information (e.g., by probabilistic, Bayesian, or nonmonotonic reasoning), and learning.

Expected Prerequisites:

Knowledge:

- Bachelor-level knowledge of classical propositional and first-order logic (interpretations and models, logical consequence, satisfiability vs. validity, etc.) and their use as a modelling and representation language.

These prerequisites are taught in the following modules of the bachelor curriculum *Software & Information Engineering*: Theoretische Informatik und Logik, Wissensrepräsentation.

Skills:

- Ability to represent knowledge using classical logic.
- Mathematical skills like the ability to perform simple proofs.

These prerequisites are taught in the following modules of the bachelor curriculum *Software & Information Engineering*: Modellierung, Wissensrepräsentation, Algebra und Diskrete Mathematik.

Competences:

- Presentation skills to demonstrate the results of the home exercises.

Obligatory Prerequisites: None.

Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance: The module consists of one course which comprises classroom lectures and an exercise part. The solutions to the exercises have to be presented and discussed with lecturers and are individually graded. The final grade is determined by the results of the exercises and a final, written examination.

Courses of Module:

6.0/4.0 VU Knowledge-based Systems

Logic and Computability

ECTS-Credits: 6.0 Ects

Learning Outcomes:

Knowledge: Command over a considerable range of logical formalisms as specification tools, as well as techniques for automated proof search. Moreover, a solid understanding of the role of mathematical logic and computability theory in computer science is aimed at.

Skills: Ability to apply logical formalisms in various application scenarios.

Competences: Ability to employ concepts of formal logic and computability theory as tools of analysis and innovative problem solving in IT.

Syllabus: The topics in logic comprise advanced aspects of classical first-order logic as a specification tool, expressibility (elements of model theory), proof systems for classical first order logic (including soundness and completeness proofs), a comparison of different types of inference systems, methods for handling identity, elements of modal logic (including temporal and epistemic logics), elements of intuitionistic logic and constructivism, and computational aspects of logic (undecidability, principles of automated theorem proving).

As for computability, topics include computationally unsolvable problems, various concepts of problem reductions, different models of computations, hierarchies of computable functions, the Church-Turing thesis, the incompleteness of arithmetic and its consequences for the verification of programs, and connections between computability and logic.

Expected Prerequisites:

Knowledge: Knowledge of classical propositional logic and of basic concepts of first-order logic (logical consequence, interpretations and model structures, satisfiability vs. validity, acquaintance with various proof systems), familiarity with the distinction between syntax and semantics, acquaintance with a range of different programming paradigms (imperative, functional, logical), concepts of formal languages (grammars, Chomsky hierarchy) and of complexity theory.

Skills: The ability to translate informal statements into formal ones, some experience with formal specification, and the ability to generalize and abstract from particular problem instances.

Competences: Skills in expressing problems and requirements in precise mathematical language.

These prerequisites are taught in the master module *Formal Methods in Computer Science* and in the bachelor modules *Theoretische Informatik und Logik* and *Algebra und Diskrete Mathematik*.

Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance: The module consists of one course which comprises classroom lectures and an exercise part in small

groups (demonstration of solutions to homework exercises). The examination will be in oral and in written form.

Courses of Module:

6.0/4.0 VU Logic and Computability

Logic, Mathematics, and Theoretical Computer Science

ECTS-Credits: min. 9.0 Ects

Learning Outcomes:

Knowledge: After completion of this module, the student will know the key results in logic and theoretical computer science and will be in command of the most important modern techniques in these fields.

Skills: The student will be capable of formalizing complicated problems in an appropriate way and to apply advanced mathematical solution methods. In particular, the ability of abstraction will be strongly promoted in this module.

Competences: In the seminars, the students will be trained in scientific discussions on substantial conceptual and formal matters. Creativity will be promoted by assigning complicated problems which cannot simply be solved by applying straightforward techniques; the solutions of these problems are discussed and analyzed in the group.

Syllabus: This module mainly deals with the areas of theoretical computer science, logic, and applications of logic to computer science. It aims at getting acquaintance with formal models of specification and computation and the use of such models to solve computational problems.

To this end, the module covers in its core automata, formal languages, various models of computation, the theory of computability (recursion theory), complexity theory (computational complexity, Kolmogoroff complexity), Lambda calculus (typed and untyped), higher-order logic (proof theory and model theory), automated deduction, term rewriting, unification theory, and nonclassical logics (intuitionistic logic, fuzzy logic, modal logic).

The main objective is that after completing this module, the students have a deep understanding of the theoretical foundations of computer science, potentials and limits of computability and representability. They have a solid knowledge of advanced methods and results of logic and theoretical computer science, which they can apply to formalize complex problems, analyze them, and develop adequate solution methods and algorithms. Another objective is that the students are able to reason and prove properties in a precise, formal, and abstract way.

Expected Prerequisites:

Knowledge: Prerequisite for this module is a basic knowledge in mathematical logic and theoretical computer science as it is taught in the bachelor studies of computer science (this includes propositional logic, first-order logic, grammars, finite automata, and Turing machines).

Skills: The student should be in command of basic mathematical skills (induction proofs etc.) and capable of formalizing simple problems in a rigorous mathematical manner. Generally, some training in abstract and formal thinking is an obligatory prerequisite for this module.

Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance: The courses of the module are basically of four different types:

1. Lectures with exercises, where students learn some theoretical foundations and train the corresponding techniques in exercises (which are either required in written form or in form of a blackboard presentation).
2. Lectures with laboratory exercises, where students learn some methods which they have either to implement or to experiment with existing systems.
3. Seminars, where advanced new scientific material is discussed in a small group and students have to give presentations and (optional) have to write seminar papers; this kind of course should lead the students closer to actual scientific research.
4. Project work, where students work out some project, involving theoretical and practical aspects.

The performance assessment will be done according to different methods, including written or oral examinations, tests, graded exercises, the evaluation of presentation performance, and the evaluation of seminar papers or project reports.

The course type (VO, VU, etc.) may restrict the assessment methods by law. The evaluation mode will be fixed by the course responsible at the beginning of the semester respectively the beginning of the course, and may also be a combination of methods.

Courses of Module: From the courses below, any group of courses can be selected which gives an ECTS sum of at least 9. These 9 ECTS may not include courses of type PR.

- 3.0/2.0 VU Kryptographie
- 3.0/2.0 VU Formal Language Theory
- 3.0/2.0 VU Advanced Topics in Formal Language Theory
- 3.0/2.0 VU Membrane Computing
- 3.0/2.0 VU Quantum Computing
- 3.0/2.0 SE Seminar in Logic
- 3.0/2.0 SE Seminar in Theoretical Computer Science
- 3.0/2.0 VU Non-classical Logics
- 3.0/2.0 VO Lambda Calculus
- 3.0/2.0 VO Proof Theory 1
- 3.0/2.0 VO Proof Theory 2
- 3.0/2.0 VU Advanced Mathematical Logic
- 3.0/2.0 VU Computability Theory
- 3.0/2.0 VU Computational Equational Logic
- 3.0/2.0 VU Temporal Logic

3.0/2.0 VU Fuzzy Logic
3.0/2.0 VU Unification Theory
6.0/4.0 VU Automated Deduction
3.0/2.0 VU Higher-order Logic
3.0/2.0 VU Term Rewriting
3.0/2.0 VO History of Logic
3.0/2.0 VU Proof Systems in Modal Logic
5.0/4.0 VO Functional Analysis 1
2.0/1.0 UE Functional Analysis 1
5.0/3.0 VO Complex Analysis
2.0/1.0 UE Complex Analysis
6.0/4.0 PR Project in Computer Science 1
6.0/4.0 PR Project in Computer Science 2

Programming Languages and Verification

ECTS-Credits: min. 9.0 Ects

Learning Outcomes:

Knowledge: Advanced understanding of programming languages, their semantics, and of verification methods.

Skills: Ability to read state-of-the-art scientific literature; ability to build advanced software such as compilers or verification tools; ability to start independent scientific work in the area.

Competences: Ability to design innovative languages and tools; ability to collaborate with practitioners.

Syllabus: This module contains a broad variety of courses that reflect the breadth of research and industrial development in programming languages and verification.

Expected Prerequisites:

Knowledge: Good knowledge of programming languages, formal methods, logic, and theoretical computer science.

Skills: The student should be in command of programming skills, algorithmic and mathematical skills, and software engineering skills.

Competences: The student should be capable to work in a team and be acquainted with human-computer interaction.

Teaching and Learning Methods and Adequate Assessment of Performance: The courses of the module are basically of four different types:

1. Lectures with exercises, where students learn some theoretical foundations and train the corresponding techniques in exercises (which are either required in written form or in form of a blackboard presentation).

2. Lectures with laboratory exercises, where students learn some methods which they have either to implement or to experiment with existing systems.
3. Seminars, where advanced new scientific material is discussed in a small group and students have to give presentations and (optional) have to write seminar papers; this kind of course should lead the students closer to actual scientific research.
4. Project work, where students work out some project, involving theoretical and practical aspects.

The performance assessment will be done according to different methods, including written or oral examinations, tests, graded exercises, the evaluation of presentation performance, and the evaluation of seminar papers or project reports.

The course type (VO, VU, etc.) may restrict the assessment methods by law. The evaluation mode will be fixed by the course responsible at the beginning of the semester respectively the beginning of the course, and may also be a combination of methods.

Courses of Module: From the courses below, any group of courses can be selected which gives an ECTS sum of at least 9. These 9 ECTS may not include courses of type PR.

- 3.0/2.0 VU Computer-Aided Verification
- 3.0/2.0 UE Computer-Aided Verification
- 3.0/2.0 VU Requirements Engineering and Specification
- 3.0/2.0 VU Rigorous Systems Engineering
- 3.0/2.0 VU Software Testing
- 3.0/2.0 VU Automated Reasoning and Program Verification
- 3.0/2.0 VU Formal Methods for Concurrent and Distributed Systems
- 3.0/2.0 SE Seminar in Formal Methods
- 3.0/2.0 VU Fortgeschrittene funktionale Programmierung
- 3.0/2.0 VU Fortgeschrittene objektorientierte Programmierung
- 3.0/2.0 VU Parallele Architekturen und Programmiermodelle
- 3.0/2.0 VU High Performance Computing
- 3.0/2.0 VU Stackbasierte Sprachen
- 3.0/2.0 VU Effiziente Programme
- 6.0/4.0 VU Formal Verification of Software
- 3.0/2.0 SE Seminar aus Programmiersprachen
- 3.0/2.0 VU Programmiersprachen
- 3.0/2.0 VU Program Analysis
- 3.0/2.0 VO Typsysteme
- 4.5/3.0 VU Semantik von Programmiersprachen
- 3.0/2.0 VU Analyse und Verifikation
- 3.0/2.0 VO Codegeneratoren
- 3.0/2.0 VU Dynamic Compilation
- 3.0/2.0 VU Optimierende Übersetzer
- 3.0/2.0 VU Übersetzer für Parallele Systeme
- 6.0/4.0 PR Project in Computer Science 1

6.0/4.0 PR Project in Computer Science 2
6.0/4.0 VU Model Engineering
3.0/2.0 VU Advanced Model Engineering
3.0/2.0 SE Advanced Model Engineering

B. Lehrveranstaltungstypen

EX: Exkursionen sind Lehrveranstaltungen, die außerhalb des Studienortes stattfinden. Sie dienen der Vertiefung von Lehrinhalten im jeweiligen lokalen Kontext.

LU: Laborübungen sind Lehrveranstaltungen, in denen Studierende in Gruppen unter Anleitung von Betreuerinnen und Betreuern experimentelle Aufgaben lösen, um den Umgang mit Geräten und Materialien sowie die experimentelle Methodik des Faches zu lernen. Die experimentellen Einrichtungen und Arbeitsplätze werden zur Verfügung gestellt.

PR: Projekte sind Lehrveranstaltungen, in denen das Verständnis von Teilgebieten eines Faches durch die Lösung von konkreten experimentellen, numerischen, theoretischen oder künstlerischen Aufgaben vertieft und ergänzt wird. Projekte orientieren sich an den praktischberuflichen oder wissenschaftlichen Zielen des Studiums und ergänzen die Berufsvorbildung bzw. wissenschaftliche Ausbildung.

SE: Seminare sind Lehrveranstaltungen, bei denen sich Studierende mit einem gestellten Thema oder Projekt auseinandersetzen und dieses mit wissenschaftlichen Methoden bearbeiten, wobei eine Reflexion über die Problemlösung sowie ein wissenschaftlicher Diskurs gefordert werden.

UE: Übungen sind Lehrveranstaltungen, in denen die Studierenden das Verständnis des Stoffes der zugehörigen Vorlesung durch Anwendung auf konkrete Aufgaben und durch Diskussion vertiefen. Entsprechende Aufgaben sind durch die Studierenden einzeln oder in Gruppenarbeit unter fachlicher Anleitung und Betreuung durch die Lehrenden (Universitätslehrerinnen und -lehrer sowie Tutorinnen und Tutoren) zu lösen. Übungen können auch mit Computerunterstützung durchgeführt werden.

VO: Vorlesungen sind Lehrveranstaltungen, in denen die Inhalte und Methoden eines Faches unter besonderer Berücksichtigung seiner spezifischen Fragestellungen, Begriffsbildungen und Lösungsansätze vorgetragen werden. Bei Vorlesungen herrscht keine Anwesenheitspflicht.

VU: Vorlesungen mit integrierter Übung vereinen die Charakteristika der Lehrveranstaltungstypen VO und UE in einer einzigen Lehrveranstaltung.

C. Semestereinteilung der Lehrveranstaltungen

Es wird empfohlen, die Lehrveranstaltungen der Pflichtmodule in folgender Reihenfolge zu absolvieren:

1. Semester (WS)

- 6.0/4.0 VU Algorithmics
- 4.0/4.0 VO Discrete Mathematics
- 5.0/2.5 UE Discrete Mathematics
- 6.0/4.0 VU Formal Methods in Computer Science
- 6.0/4.0 VU Logic and Computability

2. Semester (SS)

- 6.0/4.0 VU Knowledge-based Systems

D. Innovation – Supplementary Curriculum

Qualification profile

The supplementary master curriculum *Innovation* offers an advanced, scientific, and methodologically sound complementary education that is targeted towards sustainable knowledge and has a strong focus on practice. The graduates will be competent and internationally competitive in the following fields of informatics and business informatics:

- Entrepreneurship and company foundation
- Intrapreneurship and innovation management
- University engagement and research transfer

According to professional requirements, the innovation curriculum conveys qualifications on top of a regular informatics or business informatics master study with respect to the following categories.

Functional and methodological knowledge The innovation curriculum conveys the following knowledge:

- Innovation management
- Business model and plan
- Legal and economical aspects of innovation
- Financial aspects of innovation
- Social and organisational aspects of innovation

Cognitive and practical skills By investigating innovation methods practically and theoretically, the following skills are acquired:

- Company foundation and expansion
- Innovation of processes, products, and services in existing enterprises
- Innovation transfer and university-company cooperation

Social, innovation and creative competence The focus of the innovation curriculum is on fostering creativity and high innovation potentials, in particular:

- Methods and techniques to foster creativity
- Interaction with highly creative people and teams
- Handling of conflicts and crises

Prerequisites

The innovation curriculum is planned exclusively as supplementary education to a regular master study in informatics or business informatics. Admission requires a bachelor, master or diploma degree in informatics or business informatics.

The study is restricted to 20 exceptionally qualified and highly motivated students. A two-stage admission procedure is conducted during the first semester of the regular master study in informatics or business informatics. First, a written application (in English, containing curriculum of studies, practical experience, additional qualifications, and a motivation letter) has to be submitted by October 31. Second, during December and January, interviews will be held with the most promising candidates. Candidates are finally selected based on their knowledge, skills, and potential by an evaluation committee (appointed by the dean for student affairs).

Modules

The innovation curriculum is implemented as four obligatory modules with a total of 30 Ects, to be completed during the second to fourth semester of the regular master study in informatics or business informatics. Specialisation is possible by choosing the topic of the innovation project.

Semester	Regular study	Innovation curriculum
1	30.0 Ects	admission procedure
2	30.0 Ects	6.0 Ects Module <i>Innovation and Creativity</i> 6.0 Ects Module <i>Innovation Planning</i>
3	30.0 Ects	6.0 Ects Module <i>Innovation Implementation</i>
4	30.0 Ects	12.0 Ects Module <i>Innovation Practice</i>
Total	120.0 Ects	30.0 Ects

For a detailed description of the modules, see section 5 and appendix A.