



# Curriculum für das Masterstudium

## Data Science

Curriculum 2023 in der Version 2023

Dieses Curriculum wurde vom Senat der Karl-Franzens-Universität Graz in der Sitzung vom **tt.mm.20jj** und vom Senat der Technischen Universität Graz in der Sitzung vom **tt.mm.20jj** genehmigt.

### Inhaltsverzeichnis:

<b>I. ALLGEMEINES .....</b>	<b>1</b>
§ 1 GEGENSTAND DES STUDIUMS UND QUALIFIKATIONSPROFIL .....	1
§ 2 ZULASSUNGSBEDINGUNGEN .....	4
§ 3 GLIEDERUNG DES STUDIUMS .....	4
§ 4 GRUPPENGROßEN .....	5
§ 5 RICHTLINIEN ZUR VERGABE VON PLÄTZEN FÜR LEHRVERANSTALTUNGEN .....	5
<b>II. STUDIENINHALT UND STUDIENABLAUF .....</b>	<b>6</b>
§ 6 MODULE, LEHRVERANSTALTUNGEN UND SEMESTERZUORDNUNG .....	6
§ 7 WAHLMODUL .....	8
§ 8 FREIE WAHLFÄCHER .....	11
§ 9 MASTERARBEIT .....	11
§ 10 ANMELDEVORAUSSETZUNGEN FÜR LEHRVERANSTALTUNGEN/PRÜFUNGEN .....	11
§ 11 AUSLANDSAUFENTHALTE UND PRAXIS .....	12
<b>III. PRÜFUNGSORDNUNG UND STUDIENABSCHLUSS .....</b>	<b>12</b>
§ 12 MODULNOTEN .....	12
§ 13 MASTERPRÜFUNG .....	12
§ 14 STUDIENABSCHLUSS .....	13
<b>IV. INKRAFTTRETEN UND ÜBERGANGSBESTIMMUNGEN .....</b>	<b>13</b>
§ 15 INKRAFTTRETEN .....	13
<b>ANHANG I: MODULBESCHREIBUNGEN .....</b>	<b>14</b>
<b>ANHANG II A: MUSTERSTUDIENVERLAUF FÜR BACHELOR IN MATHEMATIK .....</b>	<b>23</b>
<b>ANHANG III: EMPFOHLENE LEHRVERANSTALTUNGEN FÜR DIE FREIEN WAHLFÄCHER .....</b>	<b>28</b>

## I. Allgemeines

### § 1 Gegenstand des Studiums und Qualifikationsprofil

Das Masterstudium Data Science ist ein interdisziplinäres, ingenieurwissenschaftliches Studium. Absolvent\*innen dieses Studiums wird der akademische Grad „Diplom-Ingenieurin“ bzw. „Diplom-Ingenieur“, abgekürzt: „Dipl.-Ing.“ oder „DI“ verliehen. Dieser akademische Grad entspricht international dem „Master of Science“, abgekürzt: „MSc“. Das Masterstudium Data Science wird als fremdsprachiges Studium in englischer Sprache durchgeführt.

#### (1) Gegenstand des Studiums



Das Masterstudium Data Science bietet eine breite, grundlagenorientierte und interdisziplinäre Ausbildung in unterschiedlichen Themen der Datenwissenschaften mit den Schwerpunkten Mathematik, Statistik und Informatik. Themen des Studiums umfassen maschinelles Lernen und Statistik im Bereich der Datenanalyse und Prognostik, Informationsintegration zur Bearbeitung komplexer Datenstrukturen, sowie die Optimierung als Grundlage wichtiger Algorithmen des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz. Rechtliche und ethische Aspekte werden ebenso im Kernbereich des Studiums behandelt. Zur weiteren Spezialisierung gibt es eine breite, interdisziplinäre Auswahl sowohl in anwendungsorientierten als auch in grundlagenorientierten Themen. Es besteht die Möglichkeit einen Teil des Studiums im Rahmen der Europäischen Universitätsinitiative im Ausland zu absolvieren. Exemplarisch werden im Curriculum spezifische Möglichkeiten innerhalb des Unite! bzw. des Arqus Netzwerkes abgebildet.

Das Masterstudium fügt sich nahtlos in die bereits bestehenden Curricula der Mathematik und Informatik ein. Mittels vordefinierter Einstiegspfade richtet es sich gleichermaßen an Bachelor Absolventinnen und Absolventen aus den Bereichen Mathematik und Informatik, sowie an Studierende aus den Bereichen Physik, Software Engineering and Management und Information and Computer Engineering. Auch für weitere Studien mit naturwissenschaftlich-technischem Hintergrund besteht die Möglichkeit individueller Einstiegspfade.

## (2) Qualifikationsprofil und Kompetenzen

Die Erfassung von Daten in allen Lebensbereichen hat in den letzten Jahrzehnten geradezu explosionsartig zugenommen. Viele dieser Datensätze bergen ein riesiges Potential für Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft. Um dieses Potential richtig auszuschöpfen, bedarf es einer kompetenten und sorgsam Exploration und Verarbeitung der verfügbaren Informationen. Das Hauptziel dieses Studiums ist es den Studierenden auf Basis der relevanten mathematischen und statistischen Grundlagen, die hierfür nötigen Kompetenzen und Methoden zu vermitteln.

Die Absolvent\*innen des Masterstudiums Data Science verfügen über folgende Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen:

### **Wissen und Verstehen**

Die Absolvent\*innen

- verfügen über ein erweitertes mathematisches Grundlagenwissen in den Bereichen Analysis, lineare Algebra, Statistik, Optimierung,
- verfügen über erweitertes Grundlagenwissen in Datenbanken, Datenintegration, Programmierung und Softwareentwicklung,
- kennen die wichtigsten Modelle und Algorithmen der logik- und lernbasierten künstlichen Intelligenz,
- sind mit grundlegenden ethischen und rechtlichen Aspekten in der Verwendung und Weiterverarbeitung von Daten vertraut,
- erwerben mit ihren Kenntnissen die Grundlagen zur Entwicklung von neuen Methoden im Bereich Statistik, maschinelles Lernen und künstlicher Intelligenz und deren jeweiliger Anwendungsgebiete,
- können Besonderheiten, Grenzen, Terminologien und Lehrmeinungen ihres Fachgebiets definieren und interpretieren.
- haben Spezialkenntnisse in fortgeschrittenen Lehrveranstaltungen aus den Bereichen *Advanced Mathematics for Data Science*, *Modeling in Data Science*, *Advanced Machine Learning*, *Visual Computing*, *Applied Data Analysis Methods and Computing*, sowie *Applications of Data Science*.

### **Anwenden von Wissen und Verstehen**

Die Absolvent\*innen

- haben die Kompetenz, Algorithmen der Statistik und künstlichen Intelligenz mit Hilfe der neuesten Programmiersprachen zu implementieren und zu erweitern,
- sind in der Lage, große Datenmengen von Echtwelt-Systemen zu verwalten, zu analysieren und zu interpretieren,
- haben die Fähigkeit, sich selbstständig neues Wissen anzueignen und die Fähigkeit, eigenständig wissenschaftlich zu arbeiten,
- können komplexe wissenschaftliche Methoden anwenden,
- können wissenschaftliche Aufgaben eigenverantwortlich bearbeiten,
- sind in der Lage, ihr Wissen sowie ihre Fähigkeiten zur Problemlösung auch in neuen und unvertrauten Situationen anzuwenden.

### **Beurteilungen abgeben**

Die Absolvent\*innen

- sind in der Lage, mit komplexen Situationen umzugehen,
- können wissenschaftlich fundierte Einschätzungen auch auf der Grundlage unvollständiger oder begrenzter Informationen formulieren,
- sind in der Lage, bei ihren fachlichen oder wissenschaftlichen Handlungen die gesellschaftlichen, sozialen und ethischen Auswirkungen zu berücksichtigen.

### **Kommunikative, soziale Kompetenzen und organisatorische Kompetenzen**

Die Absolvent\*innen

- beherrschen Kommunikations- und Präsentationstechniken und können sie adäquat einsetzen,
- sind in der Lage, wissenschaftliche Texte zu verfassen,
- können Informationen, Ideen, Probleme und deren Lösung einem Publikum klar und eindeutig kommunizieren, und zwar sowohl Spezialist\*innen als auch Nichtspezialist\*innen,
- sind in der Lage gemeinsam mit Anwendern aus Industrie und Wirtschaft oder mit Wissenschaftlern in anderen Disziplinen Fragestellungen zu präzisieren,
- verfügen über Lernstrategien für autonomen Wissenserwerb,
- sind in der Lage, selbständig zu arbeiten und sich und andere zu motivieren.

### (3) Bedarf und Relevanz des Studiums für die Wissenschaft und für den Arbeitsmarkt

Datenwissenschaften haben sich im letzten Jahrzehnt zunehmend als eigenständiges wissenschaftliches Fachgebiet auf einer globalen Skala etabliert. Insbesondere erlebte die grundlagenfokussierte Forschung in diesem Bereich ein starkes Wachstum. Parallel dazu

finden datenwissenschaftliche Ansätze der Statistik, des maschinellen Lernens oder der künstlichen Intelligenz, Eingang in nahezu alle wissenschaftlichen Disziplinen, von Naturwissenschaften bis Geisteswissenschaften. Absolventinnen und Absolventen werden in der Lage sein, sowohl auf der Grundlagenseite als auch auf der Anwenderseite forschend in der Wissenschaft tätig zu sein.

Die augenblicklich stark zunehmende Digitalisierung in der Wirtschaft ist in wesentlichen Teilen durch die Verfügbarkeit von Daten und datenbasierten Techniken wie maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz getrieben. Datenwissenschaftlichen Ansätzen wird ein enormes Innovationspotential für die Zukunft zugeschrieben, und daher wird das Profil der Datenwissenschaftlerin und des Datenwissenschaftlers auch seitens der Wirtschaft stark nachgefragt. Absolventinnen und Ab-

solventen werden durch die fundierte Ausbildung diesem Profil entsprechen und vielseitig in Forschung, Entwicklung und industriellen Produktion einsetzbar sein, um Innovationen voranzutreiben und industrielle Führungsrollen in der Zukunft zu stärken und auszubauen.

## § 2 Zulassungsbedingungen

- (1) Das Masterstudium Data Science ist ein interdisziplinäres, grundlagenorientiertes Studium zwischen den Gebieten Mathematik, Statistik und Informatik. Für die Zulassung zum Masterstudium Data Science ohne Auflagen kommen folgende fachlichen Vorstudien, die an der Universität Graz oder der TU-Graz angeboten werden, in Frage:
  - a. Bachelorstudium Mathematik
  - b. Bachelorstudium Informatik
  - c. Bachelorstudium Physik
  - d. Bachelorstudium Information and Computer Engineering
  - e. Bachelorstudium Software Engineering and Management

Ein abgeschlossenes Bachelorstudien aus Mathematik, Statistik, Informatik oder Physik an einer anderen österreichischen Universität oder Universität der europäischen Union, gewährleistet ebenso einen Zugang ohne Auflagen.

- (2) Absolventinnen und Absolventen anderer Studien, welche an einer in- oder ausländischen anerkannten postsekundären Bildungseinrichtung absolviert wurden, können ohne Auflagen zum Masterstudium „Data Science“ zugelassen werden, wenn sie äquivalentes Wissen aus den Pflichtmodulen der unter Abs. 1 angeführten Bachelorstudien vermittelten Lehrinhalte von mindestens 120 ECTS nachweisen können.
- (3) Studien, die nicht unter Abs. 1 oder Abs. 2 fallen, weisen wesentliche fachliche Unterschiede auf. Diese können durch Ergänzungsprüfungen ausgeglichen werden, wenn aus den in Abs. 2 genannten Fachgebieten mindestens 90 ECTS-Anrechnungspunkte absolviert wurden. Im Rahmen dieser Ergänzungsprüfungen können maximal 30 ECTS-Anrechnungspunkte vorgeschrieben werden.
- (4) Bei Studien, die nicht unter Abs. 1 bis Abs. 3 fallen, bestehen wesentliche fachliche Unterschiede, die nicht ausgeglichen werden können. In diesem Fall ist die Zulassung zum Masterstudium Data Science nicht möglich.
- (5) Als Voraussetzung für die Zulassung zum Studium ist die für den erfolgreichen Studienfortgang erforderliche Kenntnis der englischen Sprache nachzuweisen. Die Form des Nachweises ist in einer Verordnung des Rektorats festgelegt.

## § 3 Gliederung des Studiums

- (1) Das Masterstudium Data Science mit einem Arbeitsaufwand von 120 ECTS-Anrechnungspunkten umfasst vier Semester und ist wie folgt modular strukturiert:

	ECTS
Modulgruppe A (A1-A5): Bridge Courses	13,5-18 <sup>1</sup>
Pflichtmodul B1: Stochastic Methods	10,5
Pflichtmodul B2: Ethics and Law	4,5
Pflichtmodul B3: Data and Software Engineering	7,5
Pflichtmodul B4: Machine Learning	9

<sup>1</sup> ECTS-Anzahl abhängig vom Umfang der zu absolvierenden Brückenkurse. Die Summe der ECTS Anrechnungspunkte aus Modulgruppe Bridge Courses und den Wahlmodulen C Elective Subjects hat 35,5 zu betragen.

Pflichtmodul B5: Optimization	6
Pflichtmodul B6: Project and Seminar	10
Wahlmodule C (C1-C6): Elective Subjects	17,5-22
Masterarbeit	30
Masterprüfung	1
Freie Wahlfächer	6
Summe	120

- (2) Prüfungen, die im Rahmen eines Bachelor- oder Diplomstudiums absolviert wurden, das als Voraussetzung für die Zulassung zu einem Masterstudium diente, können für das betreffende Masterstudium nur so weit anerkannt werden, als der Umfang des Bachelor- oder Diplomstudiums 180 ECTS-Anrechnungspunkte überschreitet.

#### § 4 Gruppengrößen

Folgende maximale Teilnehmendenzahlen (Gruppengrößen) werden festgelegt:

Vorlesung (VO) Vorlesungsanteil von VU	Keine Beschränkung
Übung (UE) Übungsanteil von (VU) Konversatorium (KO)	25
Projekt (PT)	10
Seminar (SE)	10

#### § 5 Richtlinien zur Vergabe von Plätzen für Lehrveranstaltungen

- (1) Melden sich mehr Studierende zu einer Lehrveranstaltung an, als verfügbare Plätze vorhanden sind, dann erfolgt die Aufnahme der Studierenden nach dem folgenden Reihungsverfahren, wobei die einzelnen Kriterien in der angegebenen Reihenfolge anzuwenden sind:
- Stellung der Lehrveranstaltung im Curriculum (gem. § 6 und § 7): Die Lehrveranstaltung ist im Curriculum, für das die Lehrveranstaltungsanmeldung erfolgt, in den Pflicht- oder Wahlmodulen vorgeschrieben. Diese Lehrveranstaltungen werden gleichrangig gereiht und jeweils gegenüber dem Freien Wahlfach bevorzugt.
  - Im Studium absolvierte/anerkannte ECTS-Anrechnungspunkte: Für die ECTS-Reihung werden alle Leistungen des Studiums, für das die Lehrveranstaltungsanmeldung erfolgt, herangezogen. Eine höhere Gesamtsumme wird bevorzugt gereiht.
  - Bisher benötigte Semesteranzahl im Studium: Reihung nach der Anzahl der bisher benötigten Semester innerhalb des Studiums. Eine höhere Anzahl wird bevorzugt gereiht.
  - Losentscheid: Ist anhand der vorangehenden Kriterien keine Reihungsentscheidung möglich, entscheidet das Los.
- (2) An Studierende, die im Rahmen von Mobilitätsprogrammen einen Teil ihres Studiums an den an NAWI Graz beteiligten Universitäten absolvieren, werden vorrangig bis zu 10 % der Plätze vergeben.

## II. Studieninhalt und Studienablauf

### § 6 Module, Lehrveranstaltungen und Semesterzuordnung

- (1) Die einzelnen Lehrveranstaltungen dieses Masterstudiums und deren Gliederung in Pflicht- und Wahlmodule sind nachfolgend angeführt. Die in den Modulen zu vermittelnden Kenntnissen, Methoden oder Fertigkeiten werden im Anhang I näher beschrieben. Die Zuordnung der Lehrveranstaltungen zur Semesterfolge ist eine Empfehlung für Studierende und stellt sicher, dass die Abfolge der Lehrveranstaltungen optimal auf Vorwissen aufbaut und das Arbeitspensum des Studienjahres 60 ECTS-Anrechnungspunkte nicht überschreitet. Die Zuordnung der Lehrveranstaltungen zu den beteiligten Universitäten erfolgt in Anhang II und § 7.

Masterstudium Data Science					Semester mit ECTS-Punkten			
Modul	Lehrveranstaltung	Sst.	Typ	ECTS	I	II	III	IV
<b>Modulgruppe A: Bridge Courses<sup>2</sup></b>								
<b>Pflichtmodul A.1: Bridge Courses for Students with Bachelor Mathematics</b>								
[A.1.1]	Data Management	2	VO	3		3		
[A.1.2]	Data Management	1	KU	1,5		1,5		
[A.1.3]	Machine Learning 1 <sup>3</sup>	2	VO	3		3		
[A.1.4]	Machine Learning 1 <sup>3</sup>	1	UE	1,5		1,5		
[A.1.5]	Object Orientated Programming 2	2	VO	3	3			
[A.1.6]	Object Orientated Programming 2	1	UE	1,5	1,5			
<b>Zwischensumme Pflichtmodul A.1</b>		<b>9</b>		<b>13,5</b>	<b>4,5</b>	<b>9</b>		
<b>Pflichtmodul A.2: Bridge Courses for Students with Bachelor Computer Science</b>								
[A.2.1]	Analysis for Data Science	3	VU*	4,5	4,5			
[A.2.2]	Numerical Linear Algebra for Data Science	3	VU*	4,5	4,5			
[A.2.3]	Probability and Statistics for Data Science	3	VU*	4,5	4,5			
<b>Zwischensumme Pflichtmodul A.2</b>		<b>9</b>		<b>13,5</b>	<b>13,5</b>			
<b>Pflichtmodul A.3: Bridge Courses for Students with Bachelor Physics</b>								
[A.3.1]	Data Management	2	VO	3		3		
[A.3.2]	Data Management	1	KU	1,5		1,5		
[A.3.3]	Machine Learning 1	2	VO	3		3		
[A.3.4]	Machine Learning 1	1	UE	1,5		1,5		

<sup>2</sup> Lehrveranstaltungen der Modulgruppe A können durch Lehrveranstaltungen desselben ECTS Umfangs aus der Modulgruppe C ersetzt werden, falls entsprechende Vorkenntnisse zu den Inhalten der zu ersetzenden Lehrveranstaltungen der Modulgruppe A durch Vorstudienleistungen nachgewiesen werden.

<sup>3</sup> Kann durch Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestest 4,5 ECTS aus den Wahlmodulen C ersetzt werden, falls die Lehrveranstaltung Mathematics of Machine Learning (VO+UE) im BA Mathematik absolviert wurde.

\* 2 SSt Vorlesungsteil, 1 SSt Übungsteil.

[A.3.5]	Numerical Linear Algebra for Data Science	3 VU*	4,5	4,5		
[A.3.6]	Probability and Statistics for Data Science	3 VU*	4,5	4,5		
<b>Zwischensumme Pflichtmodul A.3</b>		<b>12</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	
<b>Pflichtmodul A.4: Bridge Courses for Students with Bachelor Software Engineering and Management or Information and Computer Engineering</b>						
[A.4.1]	Analysis for Data Science	3 VU*	4,5	4,5		
[A.4.2]	Numerical Linear Algebra for Data Science	3 VU*	4,5	4,5		
[A.4.3]	Probability and Statistics for Data Science	3 VU*	4,5	4,5		
[A.4.5]	Machine Learning 1 <sup>4</sup>	2 VO	3		3	
[A.4.6]	Machine Learning 1 <sup>4</sup>	1 UE	1,5		1,5	
<b>Zwischensumme Pflichtmodul A.4</b>		<b>12</b>	<b>18</b>	<b>13,5</b>	<b>4,5</b>	
<b>Modulgruppe B: Core Areas</b>						
<b>Pflichtmodul B.1: Stochastic Methods</b>						
[B.1.1]	Applied Statistics	3 VO	4,5	4,5		
[B.1.2]	Applied Statistics	1 UE	1,5	1,5		
[B.1.3]	Bayesian Modelling <sup>5</sup>	3 VU*	4,5			4,5
<b>Zwischensumme Pflichtmodul B.1</b>		<b>7</b>	<b>10,5</b>	<b>6</b>		<b>4,5</b>
<b>Pflichtmodul B.2: Ethics and Law</b>						
[B.2.1]	Applied Ethics	1 VO	1,5	1,5		
[B.2.2]	IT Law	2 VO	3		3	
<b>Zwischensumme Pflichtmodul B.2</b>		<b>3</b>	<b>4,5</b>	<b>1,5</b>	<b>3</b>	
<b>Pflichtmodul B.3: Data and Software Engineering</b>						
[B.3.1]	Software Development	2 VU**	3	3		
[B.3.2]	Data Integration and Large-Scale Analysis <sup>6</sup>	3 VU	4,5	4,5		
<b>Zwischensumme Pflichtmodul B.3</b>		<b>5</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>		
<b>Pflichtmodul B.4: Machine Learning</b>						
[B.4.1]	Statistical Learning	2 VO	3			3
[B.4.2]	Statistical Learning	1 UE	1,5			1,5
[B.4.3]	Machine Learning 2	2 VO	3		3	
[B.4.4]	Machine Learning 2	1 KU	1,5		1,5	
<b>Zwischensumme Pflichtmodul B.4</b>		<b>6</b>	<b>9</b>		<b>4,5</b>	<b>4,5</b>
<b>Pflichtmodul B.5: Optimization</b>						

<sup>4</sup> Kann durch Lehrveranstaltungen im Umfang von mindestest 4,5 ECTS aus den Wahlmodulen C ersetzt werden, falls die Lehrveranstaltung Computational Intelligence (VO+UE) im BA Information and Computer Engineering absolviert wurde.

<sup>5</sup> Für Einstiegspfade A1 und A3 in Semester I.

<sup>6</sup> Für Einstiegspfade A1 und A3 in Semester III.

\* 2 SSt Vorlesungsteil, 1 SSt Übungsteil.

\*\* 1 SSt Vorlesungsteil, 1 SSt Übungsteil.

[B.5.1]	Optimization for Data Science	2 VO	3		3	
[B.5.2]	Optimization for Data Science	2 UE	3		3	
<b>Zwischensumme Pflichtmodul B.5</b>		<b>4</b>	<b>6</b>		<b>6</b>	
<b>Pflichtmodul B.6: Project and Seminar</b>						
[B.6.1]	Project <sup>7</sup>	4 PR	6		6	
[B.7.2]	Seminar <sup>7</sup>	2 SE	4			4
<b>Zwischensumme Pflichtmodul B.6</b>		<b>6</b>	<b>10</b>		<b>6</b>	<b>4</b>
<b>Summe Pflichtmodule</b>		<b>40-43</b>	<b>61-65,5</b>	<b>19,5-28,5</b>	<b>24-28,5</b>	<b>13</b>
<b>Wahlmodule C (C1-C6)</b>			<b>17,5-22</b>			
<b>Summe Wahlmodul gem. § 7</b>			<b>17,5-22</b>			
<b>Masterarbeit</b>			<b>30</b>			<b>30</b>
<b>Masterprüfung</b>			<b>1</b>			<b>1</b>
<b>Freie Wahlfächer gem. § 8</b>			<b>6</b>			
<b>Summe Gesamt</b>			<b>120</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
						<b>29</b>

## § 7 Wahlmodul

Im Rahmen der Wahlmodulgruppe C Elective Subjects sind zumindest 17,5 bis 22 ECTS Anrechnungspunkte wie in §3(1) beschrieben aus den sechs Wahlmodulen zu absolvieren. Zusätzlich müssen entweder a) zumindest 4,5 ECTS aus den Modulen C1-C2 und zumindest 4,5 ECTS aus den Modulen C3-C6 absolviert werden, oder b) zumindest 8 ECTS an Lehrveranstaltungen die dem Wahlmodul C zuzurechnen sind, im Ausland absolviert werden.

Die Modulgruppe C Elective Subjects kann im Rahmen der ARQUS oder Unite!-Kooperationen vollständig an einer Partneruniversität wie zum Beispiel der University of Padua in Italien, dem KTH Royal Institute of Technology in Schweden oder der TU Darmstadt in Deutschland absolviert werden. Weitere Partneruniversitäten sowie Listen geeigneter Lehrveranstaltungen sind auf [nawigraz.at/datascience](http://nawigraz.at/datascience) verfügbar. Der dazu notwendige Auslandsaufenthalt z.B. über Erasmus+ ist rechtzeitig zu beantragen.

- (1) Für das Wahlmodul *C.1 Advanced Mathematics for Data Science* sind Lehrveranstaltungen aus dem nachfolgenden Wahlmodulkatalog zu absolvieren.

<b>Wahlmodul C1: Advanced Mathematics for Data Science</b>						
<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>SSt.</b>	<b>Typ</b>	<b>ECTS</b>	<b>Uni Graz<sup>1</sup></b>	<b>TU Graz<sup>1</sup></b>	
Nonlinear Optimization	4	VO	6	X		
Nonlinear Optimization	2	UE	3	X		
Topological Data Analysis	3	VU	5		X	
Stochastic Processes	3	VO	4,5	X	X	
Stochastic Processes	1	UE	1,5	X	X	

<sup>7</sup> Wird jedes Semester angeboten.

Mathematical Statistics	3 VO	4,5		x
Mathematical Statistics	1 UE	1,5		x
Advanced Probability	3 VO	4,5	x	x
Advanced Probability	1 UE	1,5	x	x
Combinatorial Optimization 2	3 VO	4,5		x
Combinatorial Optimization 2	1 UE	1,5		x
Algorithmic and Advanced Graph Theory	3 VO	4,5		x
Algorithmic and Advanced Graph Theory	1 UE	1,5		x
Integer and Discrete Optimization	3 VO	4,5		x
Integer and Discrete Optimization	1 UE	1,5		x
Random Matrices	3 VO	4,5		x
Random Matrices	1 UE	1,5		x
Additional Lectures on Advanced Mathematics for Data Science	1-4 VO/UE/VU	1,5-6	x	x

<sup>1</sup>: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten wird.

- (2) Für das Wahlmodul *C.2 Modelling in Data Science* sind Lehrveranstaltungen aus dem nachfolgenden Wahlmodulkatalog zu absolvieren.

<b>Wahlmodul C2: Modelling in Data Science</b>					
<b>Lehrveranstaltung</b>	<b>SSt.</b>	<b>Typ</b>	<b>ECTS</b>	<b>Uni Graz<sup>1</sup></b>	<b>TU Graz<sup>1</sup></b>
Time Series Analysis	3	VO	4,5		x
Time Series Analysis	1	UE	1,5		x
Mathematische Modellierung in Data Science	4	VU	6	x	
Mathematical Modelling in the Natural Sciences	3	VO	4,5	x	
Mathematical Modelling in the Natural Sciences	1	UE	1,5	x	
Statistical Modeling	3	VO	4,5		x
Statistical Modeling	1	UE	1,5		x
Inverse Problems	3	VO	4,5	x	
Inverse Problems	1	UE	1,5	x	
Advanced Topics in Bayesian Statistics	3	VO	4,5		x
Advanced Topics in Bayesian Statistics	1	UE	1,5		x
Additional Lectures on Advanced Modelling in Data Science	1-4	VO/UE/VU	1,5-6	x	x

<sup>1</sup>: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten wird.

- (3) Für das Wahlmodul *C.3 Advanced Machine Learning* sind Lehrveranstaltungen aus dem nachfolgenden Wahlmodulkatalog zu absolvieren.

#### Wahlmodul C3: Advanced Machine Learning

Lehrveranstaltung	SSt.	Typ	ECTS	Uni Graz <sup>1</sup>	TU Graz <sup>1</sup>
Deep Learning	2	VO	3		x
Deep Learning	1	UE	1,5		x
Mathematics of Deep Learning	2	VO	3	x	
Mathematics of Deep Learning	2	UE	3	x	
Generative Modelling	4	VU	6	x	
Reinforcement Learning	2	VO	3		x
Reinforcement Learning	1	KU	1,5		x
Physics Informed Learning	4	VU	6	x	
Natural Language Processing	3	VU	5		x
Recommender Systems	2	VU	3		x
Additional Lectures on Advanced Machine Learning	1-4	VO/UE/VU	1,5-6	x	x

<sup>1</sup>: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten wird.

- (4) Für das Wahlmodul *C.4 Visual Computing* sind Lehrveranstaltungen aus dem nachfolgenden Wahlmodulkatalog zu absolvieren.

Wahlmodul C4: Visual Computing					
Lehrveranstaltung	SSt.	Typ	ECTS	Uni Graz <sup>1</sup>	TU Graz <sup>1</sup>
Mathematical Signal- and Image Processing	3	VO	4,5	x	
Mathematical Signal- and Image Processing	1	UE	1,5	x	
Mathematical Principles in Visual Computing	3	VU	4,5		x
Medical Image Analysis	2	VO	3		x
Medical Image Analysis	1	KU	1,5		x
Information Visualization	3	VU	5		x
Image Processing and Pattern Recognition	2	VO	3		x
Image Processing and Pattern Recognition	2	KU	2		x
Visual Analytics.	3	VU	5		x
Additional Lectures on Visual Computing	1-4	VO/UE/VU	1,5-6	x	x

<sup>1</sup>: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten wird.

- (5) Für das Wahlmodul *C.5 Applied Data Analysis Methods and Computing* sind Lehrveranstaltungen aus dem nachfolgenden Wahlmodulkatalog zu absolvieren.

Wahlmodul C5: Applied Data Analysis Methods and Computing					
Lehrveranstaltung	SSt.	Typ	ECTS	Uni Graz <sup>1</sup>	TU Graz <sup>1</sup>
Industrial Statistics	3	VO	4,5		x
Industrial Statistics	1	UE	1,5		x
Knowledge Discovery and Data Mining 2	3	VU	5		x
Network Science	3	VU	5		x
Information Search and Retrieval	3	VU	5		x
High Performance Computing	2	VU	3	x	

Computer Simulations	3 VU	4,5		x
Cryptography	2 VO	3		x
Cryptography	1 UE	1,5		x
Additional Lectures on Applied Data Analysis Methods and Computing	1-4 VO/UE/VU	1,5-6	x	x

<sup>1</sup>: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten wird.

- (6) Für das Wahlmodul *C.6 Applications of Data Science* sind Lehrveranstaltungen aus dem nachfolgenden Wahlmodulkatalog zu absolvieren.

Wahlmodul C6: Applications of Data Science					
Lehrveranstaltung	SSt.	Typ	ECTS	Uni Graz <sup>1</sup>	TU Graz <sup>1</sup>
Selected Topics of Business Informatics	2	VO	3		x
Selected Topics of Business Informatics	1	UE	1,5		x
Business Modeling and Simulation	2	VO	3		x
Business Modeling and Simulation	2	UE	3		x
Selected Topics of Business Simulation	2	SE	3		x
Additional Lectures on Applications of Data Science	1-4	VO/UE/VU	1,5-6	x	x

<sup>1</sup>: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten wird.

## § 8 Freie Wahlfächer

- (1) Die im Rahmen der freien Wahlfächer im Masterstudium Data Science zu absolvierenden Lehrveranstaltungen dienen der individuellen Schwerpunktsetzung und Weiterentwicklung der Studierenden und können frei aus dem Lehrangebot aller anerkannten in- und ausländischen Universitäten, sowie aller inländischen Fachhochschulen und Pädagogischen Hochschulen gewählt werden. Anhang III enthält eine Empfehlung für frei wählbare Lehrveranstaltungen.
- (2) Sofern einem freien Wahlfach keine ECTS-Anrechnungspunkte zugeordnet sind, erfolgt die Zuordnung von ECTS-Anrechnungspunkten entsprechend dem tatsächlichen Aufwand durch das zuständige Studienrechtliche Organ.

## § 9 Masterarbeit

- (1) Die Masterarbeit dient dem Nachweis der Befähigung, wissenschaftliche Themen selbstständig sowie inhaltlich und methodisch korrekt zu bearbeiten.
- (2) Das Thema der Masterarbeit muss mit den Inhalten der Modulgruppen B oder C in einem sinnvollen Zusammenhang stehen.
- (3) Die Masterarbeit ist vor Beginn der Bearbeitung beim zuständigen studienrechtlichen Organ über das zuständige Dekanat anzumelden.

## § 10 Anmeldevoraussetzungen für Lehrveranstaltungen/Prüfungen

- (1) Die Anmeldevoraussetzung zur kommissionellen Masterprüfung ist der Nachweis der positiven Beurteilung aller Prüfungsleistungen gemäß § 6 bis 8 sowie die positiv beurteilte Masterarbeit.

## § 11 Auslandsaufenthalte und Praxis

### (1) Empfohlene Auslandsstudien

Studierenden wird empfohlen, in ihrem Studium einen Auslandsaufenthalt zu absolvieren. Dafür kommt in diesem Masterstudium insbesondere das dritte Semester in Frage.

Ferner können auf Antrag an das zuständige studienrechtliche Organ auch die erbrachten Leistungen von kürzeren Studienaufenthalten im Ausland, wie beispielsweise die aktive Teilnahme an internationalen Sommer- bzw. Winterschulen, im Rahmen der freien Wahlfächer anerkannt werden.

### (2) Praxis

Im Rahmen des freien Wahlfachs besteht die Möglichkeit, eine berufsorientierte Praxis zu absolvieren.

Dabei entsprechen jeder Arbeitswoche bei Vollbeschäftigung 1,5 ECTS-Anrechnungspunkte. Als Praxis gilt auch die aktive Teilnahme an einer wissenschaftlichen Veranstaltung. Diese Praxis hat in sinnvoller Ergänzung zum Studium zu stehen und ist vom zuständigen studienrechtlichen Organ zu genehmigen.

## III. Prüfungsordnung und Studienabschluss

### § 12 Modulnoten

Die Beurteilung der Module hat so zu erfolgen, dass der nach ECTS- Anrechnungspunkten gewichtete Notendurchschnitt, der im Modul zu absolvierenden Prüfungen herangezogen wird. Dabei ist bei Nachkommawerten, die größer als 0,5 sind, aufzurunden, sonst abzurunden. Prüfungen, deren Beurteilung ausschließlich die erfolgreiche/nicht erfolgreiche Teilnahme bestätigt, sind in diese Berechnung der Modulnote nicht einzubeziehen. Die positive Beurteilung eines Moduls setzt die positive Beurteilung aller im Modul zu absolvierenden Prüfungen voraus.

### § 13 Masterprüfung

- (1) Die Masterprüfung ist eine mündliche, kommissionelle Prüfung und besteht aus
  - der Präsentation der Masterarbeit (maximal 20 Minuten),
  - der Verteidigung der Masterarbeit (ein Prüfungsgespräch über die Masterarbeit und ihr thematisches Umfeld), sowie
  - einem Prüfungsgespräch über einen Themenbereich des Masterstudiums.
- (2) Die Themenbereiche gem. Abs. 1 werden vom zuständigen studienrechtlichen Organ der Universität der Zulassung auf Vorschlag der/des Kandidat\*in festgelegt. Die Gesamtzeit der kommissionellen Masterprüfung beträgt im Regelfall 60 Minuten und hat 75 Minuten nicht zu überschreiten.
- (3) Der Prüfungskommission der Masterprüfung gehören die/der Betreuer\*in der Masterarbeit und zwei weitere Mitglieder an, die auf Vorschlag der/des Kandidat\*in vom zuständigen studienrechtlichen Organ festgelegt werden. Den Vorsitz führt ein Mitglied der Prüfungskommission, welches nicht Betreuer\*in der Masterarbeit ist.
- (4) Für die Masterprüfung ist eine einheitliche Note auf Basis der während der Prüfung erbrachten Leistungen zu vergeben.



## § 14 Studienabschluss

- (1) Mit der positiven Beurteilung aller gemäß § 3 zu erbringenden Studienleistungen wird das Masterstudium abgeschlossen.
- (2) Über den erfolgreichen Abschluss des Studiums ist ein Abschlusszeugnis auszustellen. Das Abschlusszeugnis über das Masterstudium Data Science enthält
  - a. eine Auflistung aller absolvierten Module gemäß § 3 (inklusive ECTS-Anrechnungspunkte) und deren Beurteilungen,
  - b. den Titel und die Beurteilung der Masterarbeit,
  - c. die Beurteilung der Masterprüfung,
  - d. den Gesamtumfang in ECTS-Anrechnungspunkten der freien Wahlfächer gemäß § 8 sowie
  - e. die Gesamtbeurteilung.

## IV. Inkrafttreten und Übergangsbestimmungen

### § 15 Inkrafttreten

Dieses Curriculum 20XX [in der Version 20ZZ] tritt mit dem 1. Oktober 20jj in Kraft.

## Anhang I: Modulbeschreibungen

<b>Modul A.1</b>	<b>Bridge Courses for Students with Bachelor Mathematics</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	13,5
<b>Inhalte</b>	Grundlagen des maschinellen Lernens und des Datenmanagements. Vertiefung in der objektorientierten Programmierung.
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	<p>Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die wichtigsten Begriffe des maschinellen Lernens und können diese verwenden.</li> <li>• sind in der Lage, Datenbanken und alternative Datenrepräsentationen zu entwerfen, sowie diese für Anfrageverarbeitung, Transaktionsverarbeitung, und komplexe Analysen zu nutzen,</li> <li>• sind in der Lage, Lösungen für systemnahe Probleme eigenständig zu entwerfen und zu implementieren.</li> <li>• können Systeme mit einer gewissen Komplexität in Java entwerfen.</li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Grundlegende Programmierkenntnisse.
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Studienjahr.

<b>Modul A.2</b>	<b>Bridge Courses for Students with Bachelor Computer Science</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	13,5
<b>Inhalte</b>	Auffrischung und Vertiefung von mathematischen Grundlagen in den Bereichen lineare Algebra, Analysis, Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie.
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	<p>Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben ein vertieftes Verständnis der Grundkonzepte der linearen Algebra.</li> <li>• verstehen die grundlegenden Konzepte der Analysis im Mehrdimensionalen.</li> <li>• sind in der Lage, Funktionen und Abbildungen im euklidischen Raum qualitativ und quantitativ zu untersuchen.</li> <li>• können Daten aus unterschiedlichen Experimenten oder Prozessen mittels stochastischer Modelle beschreiben.</li> <li>• verstehen mit Methoden der statistischen Inferenz aus Datensätzen Schlüsse zu ziehen.</li> <li>• können die fachspezifische Sprache korrekt anwenden, um damit Fragestellungen präzise zu formulieren und strukturiert zu präsentieren.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen den Bezug unterschiedlicher mathematischer Konzepte zu Anwendungen in datenwissenschaftlichen Fragestellungen.</li> <li>• können diese Konzepte anwenden, um datenwissenschaftliche Probleme zu lösen.</li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Basiswissen aus linearer Algebra, Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie, sowie Vorwissen zu Differenzierbarkeit und Integration im Eindimensionalen.
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Studienjahr.

<b>Modul A.3</b>	<b>Bridge Courses for Students with Bachelor Physics</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	13,5
<b>Inhalte</b>	Grundlagen des maschinellen Lernens und des Datenmanagements. Auffrischung und Vertiefung von mathematischen Grundlagen in den Bereichen lineare Algebra, Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie.
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	<p>Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erwerben ein vertieftes Verständnis der Grundkonzepte der linearen Algebra.</li> <li>• können Daten aus unterschiedlichen Experimenten oder Prozessen mittels stochastischer Modelle beschreiben.</li> <li>• verstehen mit Methoden der statistischen Inferenz aus Datensätzen Schlüsse zu ziehen.</li> <li>• können die fachspezifische Sprache korrekt anwenden, um damit Fragestellungen präzise zu formulieren und strukturiert zu präsentieren.</li> <li>• verstehen den Bezug unterschiedlicher mathematischer Konzepte zu Anwendungen in datenwissenschaftlichen Fragestellungen.</li> <li>• können diese Konzepte anwenden, um datenwissenschaftliche Probleme zu lösen.</li> <li>• verstehen die wichtigsten Begriffe des maschinellen Lernens und können diese verwenden.</li> <li>• sind in der Lage, Datenbanken und alternative Datenrepräsentationen zu entwerfen, sowie diese für Anfrageverarbeitung, Transaktionsverarbeitung, und komplexe Analysen zu nutzen.</li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Basiswissen aus linearer Algebra, Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie. Grundlegende Programmierkenntnisse.
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Studienjahr.

<b>Modul A.4</b>	<b>Bridge Courses for Students with Bachelor Software Engineering and Management or Information and Computer Engineering</b>
------------------	--

<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	17
<b>Inhalte</b>	Auffrischung und Vertiefung von mathematischen Grundlagen in den Bereichen lineare Algebra, Analysis, Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie. Einführung in das maschinelle Lernen.
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	<p>Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erwerben ein vertieftes Verständnis der Grundkonzepte der linearen Algebra.</li> <li>verstehen die grundlegenden Konzepte der Analysis im Mehrdimensionalen.</li> <li>sind in der Lage, Funktionen und Abbildungen im euklidischen Raum qualitativ und quantitativ zu untersuchen.</li> <li>können Daten aus unterschiedlichen Experimenten oder Prozessen mittels stochastischer Modelle beschreiben.</li> <li>verstehen mit Methoden der statistischen Inferenz aus Datensätzen Schlüsse zu ziehen.</li> <li>können die fachspezifische Sprache korrekt anwenden, um damit Fragestellungen präzise zu formulieren und strukturiert zu präsentieren.</li> <li>verstehen den Bezug unterschiedlicher mathematischer Konzepte zu Anwendungen in datenwissenschaftlichen Fragestellungen.</li> <li>können diese Konzepte anwenden, um datenwissenschaftliche Probleme zu lösen.</li> <li>verstehen die wichtigsten Begriffe des maschinellen Lernens und können diese verwenden.</li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Basiswissen aus linearer Algebra, Statistik und Wahrscheinlichkeitstheorie, sowie Vorwissen zu Differenzierbarkeit und Integration im Eindimensionalen. Grundlegende Programmierkenntnisse.
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Studienjahr.

<b>Modul B.1</b>	<b>Stochastic Modelling</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	10,5
<b>Inhalte</b>	Statistische Inferenz in multivariaten Modellen, Hauptkomponenten- bzw. Faktorenanalyse, Klassifikation und Clustering, lineare Modelle und deren Anwendungen im Bereich ANOVA und multifaktorielle Designs. Einführung in die Bayesianische Interpretation von Wahrscheinlichkeit, Manipulation von Wahrscheinlichkeitsverteilungen. Die Berechnung von bedingten Wahrscheinlichkeiten und die Anwendung des Satzes von Bayes, werden als konsistente, rigorose, und optimale Schlussfolgerungsmethodik (Inferenz) eingeführt.
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	<p>Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>kennen und verstehen die wichtigsten Methoden der multivariaten Statistik.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sind vertraut mit linearen Modellen im Zusammenhang mit Regression, Varianzanalyse und Versuchsplanung.</li> <li>• können statistische Probleme definieren und sind in der Lage explorative und konfirmative Analysen mit statistischer Software durchzuführen.</li> <li>• kennen grundlegenden Bayesianischen Modelle und deren analytische Inferenzmethoden.</li> <li>• sind in der Lage, fortgeschrittene und komplexe Bayesianische Modelle zu erstellen.</li> <li>• kennen die gängigsten Inferenzmethoden für diese Modelle, insbesondere eine Vielfalt von Monte Carlo Methoden sowie Methoden basierend auf Variationsrechnung (variational inference).</li> <li>• sind mit den gängigsten Bayesianischen Ansätzen im Bereich des maschinellen Lernens (Deep Learning) vertraut.</li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Die Inhalte von Modul A.2.
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Studienjahr.

<b>Modul B.2</b>	<b>Legal and Ethical Aspects</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	4,5
<b>Inhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende rechtliche Rahmenbedingungen für die Nutzung der Informations- und Kommunikationstechnologie.</li> <li>• Ausgewählte Judikatur des Datenschutzrechts, E-Commerce-Rechts, Urheberrechts, Medienrechts und Computerstrafrechts sowie der Internet Governance.</li> <li>• Grundlagen zum Thema Grundrechte und Internet.</li> <li>• Einführung in zentrale ethische Grundpositionen und Überblick über wichtige Herausforderungen einer Ethik der Digitalisierung.</li> <li>• Ausgewählte Aspekte der Digitalisierung und digitalen Transformation mit Fokus auf künstliche Intelligenz, insbesondere Fragen im Zusammenhang mit dem Vorrang menschlicher Autonomie, Fairness, Transparenz, Verantwortung und „Ethics by Design“.</li> </ul>
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	<p>Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sind in der Lage, grundlegende juristische Kenntnisse auf den rechtmäßigen Umgang mit bzw. auf die legale Nutzung der Informations- und Kommunikationstechnologie anzuwenden.</li> <li>• können das erworbene juristische Wissen auf vergleichbare Praxisfälle anwenden.</li> <li>• sind in der Lage, eigenständig über verschiedene ethische Herausforderungen und Fragen im Kontext der Digitalisierung, insbesondere im Zusammenhang mit KI und deren gesellschaftlichen Implikationen und Folgen, zu reflektieren.</li> <li>• sind sensibilisiert für die besondere Relevanz der Ethik im Kontext der digitalen Transformation, insbesondere im Zusammenhang mit KI, und in der Lage, eigenständig eine fundierte und problemlösungsorientierte Position einzunehmen und sich am aktuellen Diskurs zu beteiligen.</li> </ul>

<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Keine.
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Studienjahr.

<b>Modul B.3</b>	<b>Data and Software Engineering</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	7,5
<b>Inhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versionskontrolle mit GIT (insbesondere im Kontext von Python und/oder C++ Projekten).</li> <li>• Praktische Umsetzung der Entwicklungsprozesse von (größeren) open-source Software Projekten.</li> <li>• Softwareentwicklungsmodelle aus der Literatur.</li> <li>• Virtualisierungslösungen, um Software in Paketen plattformunabhängig und via Web-Services zur Verfügung zu stellen.</li> <li>• Tool zum automatischen Erstellen von Dokumentationen, Hosting-Services und Software zum Generieren statischer Webseiten.</li> <li>• Datenbanken und Informationssysteme.</li> <li>• Wesentliche Konzepte und Methoden der Daten-, Informations-, und Anwendungsintegration.</li> <li>• Methoden der verteilten Datenspeicherung und –analyse.</li> </ul>
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	<p>Studierende</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen gängige Arbeitsabläufe, best practices und Prozesse zum Aufsetzen und Erhalten größerer Softwareprojekte im Bereich Data Science, insbesondere auch in Hinblick auf Open-Source Software, und können diese umsetzen.</li> <li>• sind in der Lage eigenständig größerer Softwareprojekte im Bereich Data Science aufzusetzen und zu erhalten.</li> <li>• haben einen Überblick über verteilten Daten- und Informationssysteme.</li> <li>• haben theoretische und praktische Kenntnisse zum Entwurf und Implementierung moderner, datengetriebener Analyse-Pipelines.</li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Programmierkenntnisse und Grundwissen zu Datenbanken (z.B. Inhalte von A.1.1 und A.1.2).
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Studienjahr.

<b>Modul B.4</b>	<b>Machine Learning</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	9
<b>Inhalte</b>	Theoretischer Hintergrund und praktische Umsetzung moderner Methoden

	des maschinellen Lernens und deren Anwendung für konkrete Problemstellungen. Statistische Lerntheorie, insbesondere optimale Prädiktoren, no-free-lunch Theorems, Fehlerzerlegung, Abschätzung von Approximations- und Schätzfehler.
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	Studierende <ul style="list-style-type: none"> <li>• verstehen die Grundlagen moderner Methoden des maschinellen Lernens, können diese implementieren und in praktischen Beispielen anwenden.</li> <li>• sind mit den wichtigsten Prinzipien der statistischen Lerntheorie vertraut.</li> <li>• sind in der Lage, Generalisierungsfehler für wichtige Verfahren des maschinellen Lernens zu analysieren und abzuschätzen, und daraus praktische Konsequenzen für deren Anwendung abzuleiten.</li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Die Inhalte der Module A1 und A2.
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Studienjahr.

<b>Modul B.5</b>	<b>Optimization</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	6
<b>Inhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konvexe Analysis, Dualität, Proximal-Operator-Kalkül.</li> <li>• Verfahren der nicht-glatten Optimierung, Konvergenzraten und Beschleunigungsstrategien.</li> <li>• Stochastische Gradientenverfahren.</li> </ul>
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	Studierende <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen und verstehen die wichtigsten grundlegenden sowie modernen Verfahren der Optimierung.</li> <li>• sind in der Lage, Optimierungsverfahren auf bestimmte Problemklassen korrekt anzuwenden, insbesondere für nichtglatte und konvexe Optimierungsprobleme.</li> <li>• können den rechnerischen Aufwand und die Konvergenzeigenschaften relevanter Optimierungsverfahren einschätzen und für datenwissenschaftliche Anwendungen eine geeignete Auswahl treffen.</li> <li>• besitzen den erforderlichen analytischen Hintergrund, insbesondere für Dualitäts- und verallgemeinerte Ableitungskonzepte, um eine strukturierte Herangehensweise an konkrete Problemstellungen in der Optimierung zu realisieren.</li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Die Inhalte von Modul A.2.
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Studienjahr.

<b>Modul B.6</b>	<b>Project and Seminar</b>
------------------	----------------------------

<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	10
<b>Inhalte</b>	Bearbeitung eines praxisnahen Problems, vorzugsweise mit externen Firmen oder Institutionen, z.B. in Form eines Praktikums. Präsentation von eigenen wissenschaftlichen Ergebnissen im Rahmen des Projekts oder Aufarbeitung und Präsentation einer wissenschaftlichen Abhandlung.
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	Je nach Art des Projekts, sammeln Studierende Erfahrung <ul style="list-style-type: none"> <li>• zu wissenschaftlichen oder praxisbezogenen Themen- und Fragestellungen.</li> <li>• beim Arbeiten im außeruniversitären Umfeld.</li> <li>• bei der Zusammenarbeit mit fachfremden Kolleginnen und Kollegen.</li> <li>• im eigenständigen Abwickeln eines Projektes und den damit verbundenen organisatorischen Abläufen (Aufwandsabschätzung, Literaturrecherche, Sichtung der verfügbaren Methoden, etc.).</li> <li>• im Präsentieren von wissenschaftlichen Ergebnissen im Rahmen eines Vortrags und/oder eines schriftlichen Berichtes.</li> </ul>
<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Die Teilnahme ist erst nach Vereinbarung eines Projekts mit der Betreuerin oder dem Betreuer und nach Absolvierung inhaltlich relevanter Lehrveranstaltungen aus dem Corebereich möglich.
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Semester.

<b>Modul C.1</b>	<b>Advanced Mathematics for Data Science</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	-
<b>Inhalte</b>	Fortgeschrittene, für die Datenwissenschaften relevante, mathematische Theorie und Methoden.
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	Je nach den ausgewählten Lehrveranstaltungen haben Studierende vertieftes Wissen über für die Datenwissenschaften relevante mathematische Gebiete und Methoden, und können dieses Wissen und die entsprechenden Methoden für konkrete datenwissenschaftliche Problemstellungen nutzen und anwenden.
<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Die Inhalte von Modul A.2.
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Studienjahr.

<b>Modul C.2</b>	<b>Modelling in Data Science</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	-
<b>Inhalte</b>	Fortgeschrittene Methoden der mathematischen Modellierung für Problemstellung im Kontext der Datenwissenschaften. Mathematische Theorie und Analyse der entsprechenden Methoden der Modellierung.
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	Je nach den ausgewählten Lehrveranstaltungen könnten Studierenden Frage- und Problemstellungen der Datenwissenschaften mit mathematischen Methoden modellieren. Sie kennen die Fähigkeiten und Limitationen mathematischer Modellierung, können mathematische Modelle analysieren, praktisch umsetzen und Schlussfolgerungen aus Modellen ableiten.

<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Die Inhalte von Modul A.2.
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Studienjahr.

<b>Modul C.3</b>	<b>Advanced Machine Learning</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	-
<b>Inhalte</b>	Fortgeschrittene und spezialisierte Methoden und Techniken des maschinellen Lernens wie Deep Learning, Reinforcement Learning, Generative Modelle, Recommender Systems und Methoden aus dem Gebiet des Natural Language Processing. Theoretischer Hintergrund und praktische Umsetzung dieser Methoden.
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	Je nach den ausgewählten Lehrveranstaltungen sind Studierende mit spezifischen, fortgeschrittenen Methoden des maschinellen Lernens vertraut, kennen deren theoretischen Hintergrund deren Limitationen, und können diese gezielt für relevante Problemstellungen einsetzen.
<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Module B4 und B5, Programmierkenntnisse.
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Studienjahr.

<b>Modul C.4</b>	<b>Visual Computing</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	-
<b>Inhalte</b>	Grundlegende und fortgeschrittene Methoden, ihr theoretischer Hintergrund und konkrete Anwendungen im Bereich der Bildverarbeitung und Visualisierung.
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	Je nach gewählten Lehrveranstaltungen sind die Studierenden mit spezifischen fortgeschrittenen Methoden und Anwendungen im Kontext der Bilddatenverarbeitung und deren Visualisierung vertraut, kennen deren Möglichkeiten und Grenzen und können geeignete Methoden für konkrete Problemstellungen auswählen und umsetzen.
<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Inhalte der Modulgruppe A.
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Studienjahr.

<b>Modul C.5</b>	<b>Applied Data Analysis Methods and Computing</b>
------------------	--

<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	-
<b>Inhalte</b>	Fortgeschrittene Methoden aus den Bereichen Statistik, Informatik, Simulation und deren sicherheitsrelevante Aspekte zur Analyse und Verarbeitung großer Datenmengen.
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	Je nach gewählter Lehrveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, große Datenmengen mit geeigneten Methoden zu analysieren und zu verarbeiten und sind auch mit grundlegenden sicherheitsrelevanten Aspekten vertraut.
<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Inhalte der Modulgruppe A.
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Studienjahr.

<b>Modul C.6</b>	<b>Applications of Data Science</b>
<b>ECTS-Anrechnungspunkte</b>	-
<b>Inhalte</b>	Konkrete Anwendungen von Methoden aus der Datenwissenschaft. Es werden reale Probleme und Fallstudien vorgestellt, analysiert und modelliert sowie Grundlagen der Systemdynamik, der agentenbasierten Modellierung und der diskreten Simulation vermittelt.
<b>Erwartete Lernergebnisse</b>	Die Studierenden sind in der Lage, datenwissenschaftliche Methoden für verschiedene Anwendungsbereiche praxisnah umzusetzen. Sie entwickeln ein Verständnis für komplexe Systeme und sind in der Lage, diese zu analysieren, zu modellieren und zu simulieren.
<b>Inhaltliche Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Inhalte der Modulgruppe A.
<b>Häufigkeit des Angebots des Moduls</b>	Jedes Studienjahr.

## Anhang II a: Musterstudienverlauf für Bachelor in Mathematik

1. Semester	SSt.	Typ	ECTS	Uni Graz <sup>1</sup>	TU Graz <sup>1</sup>
[A.1.5] Object Oriented Programming 2	2	VO	3		x
[A.1.6] Objectoriented Programming 2	1	UE	1,5		x
[B.1.1] Applied Statistics	3	VO	4,5		x
[B.1.2] Applied Statistics	1	UE	1,5		x
[B.1.3] Bayesian Modelling	3	VU	4,5		x
[B.2.1] Applied Ethics	1	VO	1,5	x	
[B.3.1] Software Development	2	VU	3	x	
Kurse aus Wahlmodul C oder Freifächer			10,5	x	x
<b>1. Semester Summe</b>			<b>30</b>		
<b>2. Semester</b>					
[A.1.1] Data Management	2	VO	3		x
[A.1.2] Data Management	1	KU	1,5		x
[A.1.3] Machine Learning 1	2	VO	3		x
[A.1.4] Machine Learning 1	1	UE	1,5		x
[B.2.2] IT Law	2	VO	3	x	
[B.4.3] Machine Learning 2	2	VO	3		x
[B.4.4] Machine Learning 2	1	KU	1,5		x
[B.5.1] Optimization for Data Science	2	VO	3	x	
[B.5.2] Optimization for Data Science	2	UE	3	x	
[B.6.1] Project	4	PT	6	x	x
Kurse aus Wahlmodul C oder Freifächer			1,5	x	x
<b>2. Semester Summe</b>			<b>30</b>		
<b>3. Semester</b>					
[B.3.2] Data Integration and Large Scale Analysis	3	VU	4,5		x
[B.4.1] Statistical Learning	2	VO	3	x	
[B.4.2] Statistical Learning	1	UE	1,5	x	
[B.7.2] Seminar	2	SE	4	x	x
Kurse aus Wahlmodul C oder Freifächer			16	x	x
<b>3. Semester Summe</b>			<b>29</b>		
<b>4. Semester</b>					
Masterprüfung			1	x	x
Masterarbeit			30	x	x
<b>4. Semester Summe</b>			<b>31</b>		
<b>Summe ECTS gesamt</b>			<b>180</b>		

<sup>1</sup>: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten wird.

## Anhang II b: Musterstudienverlauf für Bachelor in Informatik

1. Semester	SSt.	Typ	ECTS	Uni Graz <sup>1</sup>	TU Graz <sup>1</sup>
[A.2.1] Analysis for Data Science		3 VO	4,5 x		x
[A.2.3] Numerical Linear Algebra for Data Science		3 VO	4,5 x		x
[A.2.5] Probability and Statistics for Data Science		3 VO	4,5 x		x
[B.1.1] Applied Statistics		3 VO	4,5		x
[B.1.2] Applied Statistics		1 UE	1,5		x
[B.3.2] Data Integration and Large Scale Analysis		3 VU	4,5		x
[B.2.1] Applied Ethics		1 VO	1,5 x		
[B.3.1] Software Development		2 VU	3 x		
Kurse aus Wahlmodul C oder Freifächer			1,5 x		x
<b>1. Semester Summe</b>			<b>30</b>		
<b>2. Semester</b>					
[B.2.2] IT Law		2 VO	3 x		
[B.4.3] Machine Learning 2		2 VO	3		x
[B.4.4] Machine Learning 2		1 KU	1,5		x
[B.5.1] Optimization for Data Science		2 VO	3 x		
[B.5.2] Optimization for Data Science		2 UE	3 x		
[B.6.1] Project		4 PT	6 x		x
Kurse aus Wahlmodul C oder Freifächer			10,5 x		x
<b>2. Semester Summe</b>			<b>30</b>		
<b>3. Semester</b>					
[B.1.3] Bayesian Modelling		3 VU	4,5		x
[B.4.1] Statistical Learning		2 VO	3 x		
[B.4.2] Statistical Learning		1 UE	1,5 x		
[B.7.2] Seminar		2 SE	4 x		x
Kurse aus Wahlmodul C oder Freifächer			16 x		x
<b>3. Semester Summe</b>			<b>29</b>		
<b>4. Semester</b>					
Masterprüfung			1 x		x
Masterarbeit			30 x		x
<b>4. Semester Summe</b>			<b>31</b>		
<b>Summe ECTS gesamt</b>			<b>180</b>		

<sup>1</sup>: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten wird.

## Anhang II c: Musterstudienverlauf für Bachelor in Physik

1. Semester	SSt.	Typ	ECTS	Uni Graz <sup>1</sup>	TU Graz <sup>1</sup>
[A.3.5] Numerical Linear Algebra for Data Science	3	VU	4,5	x	x
[A.3.6] Probability and Statistics for Data Science	3	VU	4,5	x	x
[B.1.1] Applied Statistics	3	VO	4,5		x
[B.1.2] Applied Statistics	1	UE	1,5		x
[B.1.3] Bayesian Modelling	3	VU	4,5		x
[B.2.1] Applied Ethics	1	VO	1,5	x	
[B.3.1] Software Development	2	VU	3	x	
Kurse aus Wahlmodul C oder Freifächer			6	x	x
<b>1. Semester Summe</b>			<b>30</b>		
<b>2. Semester</b>					
[A.3.1] Data Management	2	VO	3		x
[A.3.2] Data Management	1	KU	1,5		x
[A.3.3] Machine Learning 1	2	VO	3		x
[A.3.4] Machine Learning 1	1	UE	1,5		x
[B.2.2] IT Law	2	VO	3	x	
[B.4.3] Machine Learning 2	2	VO	3		x
[B.4.4] Machine Learning 2	1	KU	1,5		x
[B.5.1] Optimization for Data Science	2	VO	3	x	
[B.5.2] Optimization for Data Science	2	UE	3	x	
[B.6.1] Project	4	PT	6	x	x
Kurse aus Wahlmodul C oder Freifächer			1,5	x	x
<b>2. Semester Summe</b>			<b>30</b>		
<b>3. Semester</b>					
[B.3.2] Data Integration and Large Scale Analysis	3	VU	4,5		x
[B.4.1] Statistical Learning	2	VO	3	x	
[B.4.2] Statistical Learning	1	UE	1,5	x	
[B.7.2] Seminar	2	SE	4	x	x
Kurse aus Wahlmodul C oder Freifächer			16	x	x
<b>3. Semester Summe</b>			<b>29</b>		
<b>4. Semester</b>					
Masterprüfung			1	x	x
Masterarbeit			30	x	x
<b>4. Semester Summe</b>			<b>31</b>		
<b>Summe ECTS gesamt</b>			<b>180</b>		

<sup>1</sup>: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten wird.

## Anhang II c: Musterstudienverlauf für Bachelor in Software Engineering and Management oder Information and Computer Engineering

1. Semester	SSt.	Typ	ECTS	Uni Graz <sup>1</sup>	TU Graz <sup>1</sup>
[A.4.1] Analysis for Data Science	3	VO	4,5	x	x
[A.4.2] Numerical Linear Algebra for Data Science	3	VO	4,5	x	x
[A.4.3] Probability and Statistics for Data Science	3	VO	4,5	x	x
[B.1.1] Applied Statistics	3	VO	4,5		x
[B.1.2] Applied Statistics	1	UE	1,5		x
[B.3.2] Data Integration and Large Scale Analysis	3	VU	4,5		x
[B.2.1] Applied Ethics	1	VO	1,5	x	
[B.3.1] Software Development	2	VU	3	x	
Kurse aus Wahlmodul C oder Freifächer			1,5	x	x
<b>1. Semester Summe</b>			<b>30</b>		
<b>2. Semester</b>					
[A.4.5] Machine Learning 1	2	VO	3		x
[A.4.6] Machine Learning 1	1	UE	1,5		x
[B.2.2] IT Law	2	VO	3	x	
[B.4.3] Machine Learning 2	2	VO	3		x
[B.4.4] Machine Learning 2	1	KU	1,5		x
[B.5.1] Optimization for Data Science	2	VO	3	x	
[B.5.2] Optimization for Data Science	2	UE	3	x	
[B.6.1] Project	4	PT	6	x	x
Kurse aus Wahlmodul C oder Freifächer			6	x	x
<b>2. Semester Summe</b>			<b>30</b>		
<b>3. Semester</b>					
[B.1.3] Bayesian Modelling	3	VU	4,5		x
[B.4.1] Statistical Learning	2	VO	3	x	
[B.4.2] Statistical Learning	1	UE	1,5	x	
[B.7.2] Seminar	2	SE	4	x	x
Kurse aus Wahlmodul C oder Freifächer			16	x	x
<b>3. Semester Summe</b>			<b>29</b>		
<b>4. Semester</b>					
Masterprüfung			1	x	x
Masterarbeit			30	x	x
<b>4. Semester Summe</b>			<b>31</b>		
<b>Summe ECTS gesamt</b>			<b>180</b>		



<sup>1</sup>: Zuordnung der Lehrveranstaltung zu den beteiligten Universitäten. Beide Universitäten sind genannt, wenn die Lehrveranstaltung von beiden Universitäten gemeinsam, parallel oder im Wechsel angeboten wird.



### Anhang III: Empfohlene Lehrveranstaltungen für die freien Wahlfächer

Freie Wahlfächer können gem. § 8 dieses Curriculums frei gewählt werden.

Im Sinne einer Verbreiterung der Wissensbasis werden Lehrveranstaltungen aus den Gebieten Fremdsprachen, soziale Kompetenz, Technikfolgenabschätzung sowie Frauen- und Geschlechterforschung empfohlen. Insbesondere wird auf das Angebot folgender Serviceeinrichtungen hingewiesen:

- Sprachen, Schlüsselkompetenzen und Interne Weiterbildung und
- Science, Technology and Society Unit (STS Unit) der TU Graz, bzw.
- Treffpunkt Sprachen,
- Transferinitiative für Management- und Entrepreneurship-Grundlagen, Awareness, Training und Employability (TIMEGATE), sowie
- Zentrum für Soziale Kompetenz der Universität Graz .

Zusätzlich werden noch folgende Lehrveranstaltungen empfohlen:

Lehrveranstaltung	SSt.	Typ	ECTS
Universitätsweites Basismodul: Gender Studies	1	VO	2
Social Aspects of Digital Technologies: Gender, Diver-	2	VU	3



