

# Modulhandbuch

für den Studiengang

Master of Science

Wirtschaftsmathematik

(Prüfungsordnungsversion: 20192)

für das Wintersemester 2025/26

# Inhaltsverzeichnis

Masterarbeit (M.Sc. Wirtschaftsmathematik 20192) (1998).....	3
Masterseminar (65955).....	4
Studienrichtung Stochastik und Risikomanagement	
Lektüre von Arbeiten zur Risikoanalyse (LektRA) (65702).....	7
Hauptseminar Quantitatives Risikomanagement (65861).....	8
Fortgeschrittene Risikoanalyse 2 (65951).....	9
Fortgeschrittene Risikoanalyse 1 (65963).....	10
Mathematische Statistik (65969).....	11
Stochastische Analysis (65970).....	12
Lektüre von Arbeiten zur Stochastik (924407).....	13
Fortgeschrittene Themen der Stochastik (65065).....	14
Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement	
Convex Geometry and Applications (65086).....	17
Introduction to material- and shape optimization (65915).....	18
Discrete optimization I (65917).....	19
Robust optimization II (65918).....	20
Dualität und Optimierung (65926).....	21
Discrete optimization II (65933).....	23
Seminar (65950).....	25
Nichtglatte Optimierung (nicht vertieft) (65952).....	26
Numerik der Optimalen Steuerungen (65954).....	28
Theorie der Optimalsteuerungen (65959).....	30
Vertiefte Nichtlineare Optimierung (65960).....	32
Advanced Algorithms for Nonlinear Optimization (AlgNOpt) (65984).....	34
Advanced Nonlinear Optimization (AdvNLOpt) (65986).....	35
Optimization in industry and economy (65923).....	36
Discrete optimization III (65910).....	38
Selected Topics in Mathematics of Learning (65789).....	40
Mathematics of Learning (65785).....	41
Ausgewählte Kapitel der Nichtlinearen Optimierung (294239).....	42
Projektseminar Optimierung (Master) (562819).....	43
Nichtglatte Optimierung (vertieft) (65883).....	45
Semigroups of linear operators (65273).....	47
Nichtlineare Optimierung 2 (65856).....	49

1	<b>Modulbezeichnung</b> 1998	<b>Masterarbeit (M.Sc. Wirtschaftsmathematik 20192)</b> Master's thesis	<b>30 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Peter Fiebig
5	<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenständige Lösung einer wissenschaftlichen Aufgabe im Bereich der Wirtschaftsmathematik unter Anleitung und schriftliche Ausarbeitung. - Betreuung durch Hochschullehrer/ in der Mathematik</li> </ul>
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bearbeiten eine Problemstellung aus dem Bereich der Wirtschaftsmathematik mit wissenschaftlichen Methoden selbständig und stellen diese strukturiert in schriftlicher Form dar;</li> <li>- wirken bei der Bearbeitung aktueller Forschungsthemen problemorientiert mit und definieren anhand dieses Wissens neue Forschungsziele.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Es wird empfohlen alle Module des Masterstudiengangs vor Beginn der Masterarbeit abgeschlossen zu haben.
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 4
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Pflichtmodul Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	schriftlich (6 Monate) Die Masterarbeit hat einen Umfang von ca. 60 Seiten zu haben.
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	schriftlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	in jedem Semester
13	<b>Wiederholung der Prüfungen</b>	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.
14	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 0 h Eigenstudium: 900 h
15	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
16	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch oder Englisch
17	<b>Literaturhinweise</b>	nach Vorgabe der Betreuerin/des Betreuers der Masterarbeit

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65955	<b>Masterseminar</b> Master's seminar	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Masterseminar: Masterseminar "Decomposition Methods" (2 SWS) Hauptseminar: Masterseminar "Quantitatives Risikomanagement" (2 SWS) Masterseminar: Numerical solutions for eigenvalue problems Hauptseminar / Masterseminar: Seminar Applied Analysis - cross-diffusion systems (2 SWS) Seminar: Masterseminar: Zufallsmatrizen (2 SWS) Seminar: Konvexe Analysis (2 SWS) Seminar: Cluster-Algebren (2 SWS) Seminar: Neural Network Approximation (2 SWS) Masterseminar: Numerical methods for partial differential equations - selected topics (2 SWS) Seminar: Bulk-Surface PDEs (2 SWS)	5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS
3	Lehrende	Dr. Kevin-Martin Aigner Martin Betz Prof. Dr. Wolfgang Stummer Prof. Dr. Daniel Tenbrinck Prof. Dr. Günther Grün Prof. Dr. Torben Krüger Prof. Dr. Carsten Gräser Prof. Dr. Cathérine Meusbürger Dr. Markus Hansen PD Dr. Cornelia Schneider Prof. Dr. Eberhard Bänsch PD Dr. Stefan Metzger	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Timm Oertel
5	<b>Inhalt</b>	Die aktuell angebotenen Themen werden von den Dozenten rechtzeitig bekannt gegeben.
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erarbeiten sich vertiefende Fachkompetenzen in einem Teilgebiet der Mathematik;</li> <li>• analysieren Fragestellungen und Probleme aus dem gewählten Teilgebiet der Mathematik und lösen diese mit wissenschaftlichen Methoden;</li> <li>• verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken und präsentieren die mathematischen Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form;</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Vorgaben der Dozierenden als dringende Empfehlung
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 3
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Pflichtmodul Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	Seminarleistung Seminarleistung (Vortrag ca. 55 Min), ggf. mit Ausarbeitung (ca. 5-10 Seiten)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	Seminarleistung (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	in jedem Semester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch
16	<b>Literaturhinweise</b>	nach Vorgabe der Dozentin/des Dozenten

# Studienrichtung Stochastik und Risikomanagement

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65702	<b>Lektüre von Arbeiten zur Risikoanalyse (LektRA)</b> Reading course on risk analysis (LektRA)	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Wolfgang Stummer
5	<b>Inhalt</b>	Neuere Arbeiten aus der Risikoanalyse (inklusive angrenzende Bereiche aus der Künstlichen Intelligenz und Machine Learning) nach jeweils besonderer Ankündigung.
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• arbeiten mit neuer wissenschaftlicher Literatur auf einem Spezialgebiet der Risikoanalyse (inklusive angrenzende Bereiche aus der Künstlichen Intelligenz und Machine Learning);</li> <li>• verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken und präsentieren mathematische Sachverhalte und diskutieren diese kritisch;</li> <li>• tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	empfohlen: Kenntnisse in Wahrscheinlichkeitstheorie
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 2
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Stochastik und Risikomanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	Seminarleistung Vortrag (60 Min) und schriftliche Ausarbeitung (5-15 Seiten)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	Seminarleistung (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	nur im Sommersemester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch
16	<b>Literaturhinweise</b>	werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65861	<b>Hauptseminar Quantitatives Risikomanagement</b> Advanced seminar: Quantitative risk management	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Hauptseminar: Masterseminar "Quantitatives Risikomanagement" (2 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Stummer	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Wolfgang Stummer
5	<b>Inhalt</b>	Die aktuellen, definitiven Inhalte werden vom Dozenten zeitnah veröffentlicht. Des Weiteren dient das Hauptseminar als methodische und arbeitstechnische Vorbereitung für die anschließend abzulegende Masterarbeit.
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• erarbeiten ein sehr fortgeschrittenes Teilgebiet des stochastisch-quantitativen Risikomanagements;</li> <li>• verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken für mathematische Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form und perfektionieren diese;</li> <li>• formulieren hochentwickelte unsicherheitsbehaftete wirtschaftswissenschaftlich relevante Phänomene mathematisch präzise.</li> <li>• tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse der Module Fortgeschrittene Risikoanalyse 1, Fortgeschrittene Risikoanalyse 2.</li> </ul>
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 2
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Stochastik und Risikomanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	Seminarleistung Vortrag (60 Min) und schriftliche Ausarbeitung (5-15 Seiten)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	Seminarleistung (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	nur im Wintersemester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch
16	<b>Literaturhinweise</b>	Die zugrundeliegenden Vortragsunterlagen werden vom jeweiligen Dozenten im Voraus (bei der Vorbesprechung) ausgehändigt.



1	<b>Modulbezeichnung</b> 65951	<b>Fortgeschrittene Risikoanalyse 2</b> Advanced risk analysis 2	<b>10 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Fortgeschrittene Risikoanalyse 2 (4 SWS) (WiSe 2025)  Hauptseminar: Übungen zu Fortgeschrittene Risikoanalyse 2 (2 SWS) (WiSe 2025)	10 ECTS  -
3	Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Stummer	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Wolfgang Stummer
5	<b>Inhalt</b>	Die aktualisierten definitiven Inhalte werden zeitnah veröffentlicht. Exemplarisch seien hier angeführt: Fortgeschrittene zeitdiskrete Risikoprozesse; fortgeschrittene zeitkontinuierliche Risikoprozesse. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur.
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Die Studierenden erlernen und verwenden aktuelle, vielseitig nutzbare, sehr fortgeschrittene Methoden zur Lösung von zeitgemäßen Problemstellungen aus der Quantifizierung von unsicherheitsbehafteten Fakten, Vorgängen und darauf aufbauenden Entscheidungen.
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fundierte Grundkenntnisse der Stochastik und der Integrationstheorie.</li> </ul>
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 2
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Stochastik und Risikomanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich (20 Minuten)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	nur im Sommersemester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch
16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manuskript des Dozenten</li> <li>Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekanntgegeben.</li> </ul>

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65963	<b>Fortgeschrittene Risikoanalyse 1</b> Advanced risk analysis 1	<b>10 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zu Fortgeschrittene Risikoanalyse 1 (1 SWS) Vorlesung: Fortgeschrittene Risikoanalyse 1 (4 SWS)	- 10 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Stummer	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Wolfgang Stummer
5	<b>Inhalt</b>	<p>Die aktualisierten definitiven Inhalte werden zeitnah veröffentlicht. Exemplarisch seien hier angeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendungsbezogene Motivationen aus der Risikoanalyse;</li> <li>• zeitdiskrete Risikoprozesse;</li> <li>• zeitkontinuierliche Risikoprozesse.</li> </ul> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur und der Bearbeitung von speziell abgestimmten zugehörigen Seminarthemen, unterstützt durch Zusammenkünfte innerhalb des Seminars.</p>
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Die Studierenden erlernen und verwenden aktuelle, vielseitig nutzbare, fortgeschrittene Methoden zur Lösung von zeitgemäßen Problemstellungen aus der Quantifizierung von unsicherheitsbehafteten Fakten, Vorgängen und darauf aufbauenden Entscheidungen.
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	empfohlen: Fundierte Grundkenntnisse der Stochastik und der Integrationstheorie.
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 1
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Stochastik und Risikomanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 Min.
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	nur im Wintersemester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch
16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manuskript des Dozenten</li> <li>• Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekanntgegeben.</li> </ul>

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65969	<b>Mathematische Statistik</b> Mathematical statistics	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Mathematische Statistik (3 SWS) (SoSe 2025)	5 ECTS
3	Lehrende	apl. Prof. Dr. Christophorus Richard	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	apl. Prof. Dr. Christophorus Richard
5	<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parameterschätzung</li> <li>• Konfidenzbereiche</li> <li>• Hypothesentests</li> </ul> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. In der Übung vertiefen Lösungen typischer Beispiele das Verständnis des Vorlesungsstoffs.</p>
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Die Studierenden erklären und verwenden mathematische Grundlagen der Statistik. Sie entwickeln Lösungsmethoden für einfache statistische Problemstellungen eigenständig.
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Stochastische Modellbildung sowie Maßtheorie (Analysis III), Grundkenntnisse in Wahrscheinlichkeitstheorie
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 2
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Stochastik und Risikomanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 15 Min.
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	nur im Sommersemester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch
16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Georgii, Stochastik</li> <li>• Casella, Berger, Statistical Inference</li> </ul>

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65970	<b>Stochastische Analysis</b> Stochastic analysis	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Stochastische Analysis (2 SWS) Übung: Übung zur Stochastischen Analysis (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Torben Krüger	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Torben Krüger
5	<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Itokalkulus</li> <li>• Diffusionsprozesse</li> <li>• Stochastische Differentialgleichungen</li> <li>• Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.</li> </ul>
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Die Studierenden erwerben die Fähigkeit komplexere Strukturen der Stochastik selbständig zu erfassen und auf exemplarische Problemstellungen anzuwenden. Diese bilden eine Basis für eine Spezialisierung in Stochastik undentsprechenden wirtschaftsmathematischen Themen.
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	empfohlen: Kenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie sind zum Verständnis hilfreich
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 1
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Stochastik und Risikomanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 15 Min.
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	nur im Wintersemester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch
16	<b>Literaturhinweise</b>	Die vorbereitende Literatur wird für jede Lehrveranstaltung jedes Semester neu festgelegt.

1	<b>Modulbezeichnung</b> 924407	<b>Lektüre von Arbeiten zur Stochastik</b> Reading course: Stochastics	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Wolfgang Stummer
5	<b>Inhalt</b>	Neuere Arbeiten aus der Stochastik nach jeweils besonderer Ankündigung.
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• arbeiten mit neuer wissenschaftlicher Literatur auf einem Spezialgebiet der Stochastik</li> <li>• verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken und präsentieren mathematische Sachverhalte und diskutieren diese kritisch.</li> <li>• tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	empfohlen: Kenntnisse in Wahrscheinlichkeitstheorie und stochastischer Analysis
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 2;1;3
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Stochastik und Risikomanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	in jedem Semester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch
16	<b>Literaturhinweise</b>	wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65065	<b>Fortgeschrittene Themen der Stochastik</b> Advanced topic in probability	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Interacting Particle Systems (2 SWS) (SoSe 2025)	-
3	Lehrende	Dr. Markus Ebke Prof. Dr. Torben Krüger	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Torben Krüger
5	<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Themen, welche die in den vorbereitenden Vorlesungen erworbenen Basiskenntnisse der Stochastik vertiefen.</li> <li>• Anwendungsfelder der Wahrscheinlichkeitstheorie</li> <li>• Zusammenhang zwischen Stochastik und anderen Themenbereichen der Mathematik</li> <li>• Analytische Methoden in der Stochastik</li> </ul> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Präsenzübungen und Hausaufgaben.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Topics that deepen the basic knowledge of stochastics acquired in the preparatory lectures.</li> <li>• Fields of application of probability theory</li> <li>• Relationship between stochastics and other areas of mathematics</li> <li>• Analytical methods in stochastics</li> </ul> <p><i>The material is presented in lecture form. Further acquisition of the essential concepts and techniques takes place through classroom exercises and homework.</i></p>
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	<p><b>Die Studierenden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wenden die formalen Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie an und übertragen diese auf fortgeschrittene Themenbereiche</li> <li>• erfassen und formulieren randomisierte Phänomene mathematisch.</li> <li>• nennen und erklären die wichtigsten stochastisch-mathematischen Objekte, die in den Anwendungen eine Rolle spielen.</li> <li>• sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge zu anderen mathematischen Themenfeldern.</li> <li>• klassifizieren und lösen selbstständig Probleme analytisch.</li> </ul> <p><b>The students</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• apply the formal foundations of probability theory and transfer them to advanced subject areas</li> <li>• grasp and formulate randomized phenomena mathematically.</li> <li>• name and explain the most important stochastic mathematical objects that play a role in the applications.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• collect and evaluate relevant information and recognize connections to other mathematical topics.</li> <li>• independently classify and solve problems analytically.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	empfohlen: Wahrscheinlichkeitstheorie, sowie Grundlagen in Analysis und Linearer Algebra  <i>recommended: Probability theory, as well as basics in analysis and linear algebra</i>
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 2
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Stochastik und Risikomanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192 <ul style="list-style-type: none"> <li>• MSc Mathematik (Theoretische Mathematik, Angewandte Mathematik)</li> <li>• MSc Wirtschaftsmathematik</li> <li>• MSc Data Science</li> <li>• MSc Technomathematik</li> <li>• BSc Mathematik</li> </ul>
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich (20 Minuten) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übungsleistungen (unbenotet)</li> <li>• Mündliche Prüfung (20 min)</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• weekly assignments (ungraded)</li> <li>• oral exam (20 min)</li> </ul>
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%) Mündliche Prüfung (100%)  <i>Oral Exam (100%)</i>
12	<b>Turnus des Angebots</b>	nur im Sommersemester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch oder Englisch: Die Unterrichts- und Prüfungssprache wird von der/dem Dozierenden zu Vorlesungsbeginn festgelegt
16	<b>Literaturhinweise</b>	

# Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement



1	<b>Modulbezeichnung</b> 65086	<b>Convex Geometry and Applications</b> Convex geometry and applications	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Timm Oertel
5	<b>Inhalt</b>	<p>The module comprises of two parts.</p> <p>The first part is a general introduction to convex geometry, where basic concepts and tools will be introduced, such as separation and the classical results of Carathéodory, Helly, and Radon.</p> <p>The second part will be more specialized, focusing on ellipsoids, including ellipsoidal approximation and volume concentration. Applications in optimization and data science will be highlighted throughout.</p>
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• will learn the foundations of classical convex geometry</li> <li>• apply concepts and tools from convex geometry to modern applications in optimization and data science</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	<p>Linear algebra and calculus are required.</p> <p>Basic knowledge in probability theory is recommended.</p>
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 1;2
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	Unregelmäßig
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	<p>Präsenzzeit: 45 h</p> <p>Eigenstudium: 105 h</p>
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Englisch
16	<b>Literaturhinweise</b>	

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65915	<b>Introduction to material- and shape optimization</b>	<b>10 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Introduction to Material and Shape Optimization (4 SWS) (SoSe 2025)	10 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Stingl	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Michael Stingl
5	<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• shape-, material- and topology optimization models</li> <li>• linear elasticity and contact problems</li> <li>• existence of solutions of shape, material and topology optimization problems</li> <li>• approximation of shape, material and topology optimization problems by convergent schemes</li> </ul>
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• derive mathematical models for shape-, material and topology optimization problems,</li> <li>• apply regularization techniques to guarantee to existence of solutions,</li> <li>• approximate design problems by finite dimensional discretizations,</li> <li>• derive algebraic forms and solve these by nonlinear programming techniques.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	<p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowledge in nonlinear optimization,</li> <li>• Basic knowledge in numerics of partial differential equations</li> </ul>
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 2
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich (20 min)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	nur im Sommersemester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Englisch
16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• J. Haslinger &amp; R. Mäkinen: Introduction to shape optimization, SIAM,</li> <li>• M. P. Bendsoe &amp; O. Sigmund: Topology Optimization: Theory, Methods and Applications, Springer.</li> </ul>

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65917	<b>Discrete optimization I</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Discrete Optimization I (2 SWS) Übung: Tutorial zu Discrete Optimization I (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Florian Rösel Dr. Kevin-Martin Aigner	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	<b>Inhalt</b>	Theoretical and practical fundamentals of solving difficult mixed-integer linear optimization problems (MIPs) constitute the main focus of this lecture. At first, the concept of NP-completeness and a selection of common NP-complete problems will be presented. As for polyhedral theory, fundamentals concerning the structure of faces of convex polyhedra will be covered. Building upon these fundamentals, cutting plane algorithms as well as branch-and-cut algorithms for solving MIPs will be taught. Finally, some typical problems of discrete optimization, e.g., the knapsack problem, the traveling salesman problem or the set packing problem will be discussed.
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Students <ul style="list-style-type: none"> <li>• will gain basic theoretical knowledge of solving mixed-integer linear optimization problems (MIPs),</li> <li>• are able to solve MIPs with the help of state-of-the-art optimization software.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Recommended: Linear and Combinatorial Optimization
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 1
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	Klausur (60 Minuten) Klausur (60min)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	Klausur (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	nur im Wintersemester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Englisch
16	<b>Literaturhinweise</b>	

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65918	<b>Robust optimization II</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende		

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In practice, provided data for mathematical optimization problems is often not fully known. Robust optimization aims at finding the best solution which is feasible for input data varying within certain tolerances. The lecture covers advanced methods of robust optimization in theory and modeling. In particular, robust network flows, robust integer optimization and robust approximation are included. Further, state-of-the-art concepts, e.g., "light robustness" or "adjustable robustness" will be discussed by means of real-world applications.</li> </ul>
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>will be able to identify complex optimization problems under uncertainties as well as suitably model and analyze the corresponding robust optimization problem with the help of advanced techniques of robust optimization,</li> <li>learn the handling of appropriate solving techniques and how to analyze the corresponding results.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recommended: Robust Optimization I</li> </ul>
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 2
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<p>Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Stochastik und Risikomanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192</p>
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich (15 min)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	Unregelmäßig
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	<p>Präsenzzeit: 45 h</p> <p>Eigenstudium: 105 h</p>
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Englisch
16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lecture notes, will be published on StudOn at the beginning of the semester.</li> </ul>

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65926	<b>Dualität und Optimierung</b> Duality and optimisation	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Wolfgang Achtziger
5	<b>Inhalt</b>	Lagrange-Dualität der endlichdimensionalen Nichtlinearen Optimierung, Optimalitätsbedingungen und Sattelpunktkriterien, Bearbeitung des dualen Problems, eigentlich konvexe Funktionen, konjugierte Funktionen, konjugierte Mengen, Fenchel-Dualität Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur, unterstützt durch Zusammenkünfte innerhalb der Übungen.
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden kennen verschiedene Typen dualer Optimierungsprobleme.</li> <li>Für gegebene abstrakte oder konkrete Optimierungsmodelle können sie diese dualen Probleme errechnen, bearbeiten und lösen. Die Betrachtung und das Verständnis dualer Probleme ist grundlegend in der Modellierung und in der numerischen Bearbeitung von Fragestellungen der Natur-, Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Abschluss des Bachelor-Moduls Nichtlineare Optimierung und Abschluss des Moduls Vertiefte Nichtlineare Optimierung (oder Optimierung in normierten Räumen)</li> </ul>
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 2
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 15 Min.
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	Unregelmäßig
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch

16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty: Nonlinear Programming, Theory and Algorithms, Wiley, 2005</li> <li>• J.-B. Hiriart-Urruty, C. Lemarechal: Convex Analysis and Minimization Algorithms II, Springer, 1993</li> <li>• R.T. Rockafellar, R.J.-B. Wets: Variational Analysis, Springer, 2009</li> </ul>
----	--------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65933	<b>Discrete optimization II</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Discrete Optimization II (4 SWS) (SoSe 2025) Übung: Übung Diskrete Optimierung II (2 SWS) (SoSe 2025)	8 ECTS 2 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Timm Oertel	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Timm Oertel
5	<b>Inhalt</b>	In this lecture, we cover theoretical aspects and solution strategies for difficult integer and mixed-integer optimization problems. First, we show the equivalence between separation and optimization. Then, we present solution strategies for large-scale optimization problems, e.g., decomposition methods and approximation algorithms. Finally, we deal with conditions for the existence of integer polyhedra. We also discuss applications for example from the fields of engineering, finance, energy or public transport.
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Students <ul style="list-style-type: none"> <li>• use basic terms of discrete optimization</li> <li>• model real-world discrete optimization problems, determine their complexity and solve them with appropriate mathematical methods.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Recommended: Knowledge in linear and combinatorial optimization, discrete optimization I
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 2
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich (20 min)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	nur im Sommersemester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Englisch
16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes</li> <li>• Bertsimas, Weismantel: Optimization over Integers, Dynamic Ideas, 2005</li> <li>• Conforti, Cornuéjols, Zambelli: Integer Programming, Springer 2014</li> </ul>

- |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Nemhauser, Wolsey: Integer and Combinatorial Optimization, Wiley 1994</li><li>• Schrijver: Combinatorial optimization Vol. A-C, Springer 2003</li><li>• Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, Wiley, 1986</li><li>• Wolsey: Integer Programming, Wiley, 2021</li></ul> |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



1	<b>Modulbezeichnung</b> 65950	<b>Seminar</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Seminar: Cluster-Algebren (2 SWS) Seminar: Bulk-Surface PDEs (2 SWS)	5 ECTS 5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Cathérine Meusburger PD Dr. Stefan Metzger	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Timm Oertel
5	<b>Inhalt</b>	Die aktuell angebotenen Themen werden von den Dozenten rechtzeitig bekannt gegeben.
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erarbeiten sich vertiefende Fachkompetenzen in einem Teilgebiet der Mathematik;</li> <li>• analysieren Fragestellungen und Probleme aus dem gewählten Teilgebiet der Mathematik und lösen diese mit wissenschaftlichen Methoden;</li> <li>• verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken und präsentieren die mathematischen Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form;</li> <li>• tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	nach Vorgabe der Dozentin/des Dozenten
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 3;2
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<p>Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Stochastik und Risikomanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192</p>
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	Seminarleistung Vortrag (60 Min) und schriftliche Ausarbeitung (5-15 Seiten)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	Seminarleistung (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	in jedem Semester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch oder Englisch: Die Unterrichts- und Prüfungssprache wird von der/dem Dozierenden zu Vorlesungsbeginn festgelegt
16	<b>Literaturhinweise</b>	

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65952	<b>Nichtglatte Optimierung (nicht vertieft)</b> Nonsmooth optimization (not advanced)	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Wolfgang Achtziger
5	<b>Inhalt</b>	Auftreten nichtglatter Probleme, Vertiefung der Theorie zu konvexen Funktionen, lokal Lipschitz-stetige Funktionen, Subdifferential, Einblick in Subgradienten-Algorithmen etc. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur, unterstützt durch Zusammenkünfte innerhalb der Übungen
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Die Studierenden erklären und verwenden Theorie und Funktionsweisen von numerischen Verfahren der Nichtglatten Optimierung (nicht vertieft). Die Studierenden stellen Probleme der nichtglatten Optimierung auf, untersuchen sie mathematisch und entwickeln numerische Lösungsmethoden, welche sie schließlich anwenden. Diese Fähigkeiten sind in naturwissenschaftlichen, medizinischen, wirtschaftswissenschaftlichen und technischen Anwendungen von Bedeutung.
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Beherrschung grundlegender Theorie und Methodiken der Nichtlinearen Optimierung aus den Bachelor-Studiengängen Mathematik, Technomathematik, Wirtschaftsmathematik (z.B. Abschluss des Moduls Nichtlineare Optimierung) oder Abschluss des Master-Moduls Optimierung in normierten Räumen</li> </ul>
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 2
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 15 Min.
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	Unregelmäßig
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch

16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• W. Alt: Numerische Verfahren der konvexen, nichtglatten Optimierung, Teubner, 2004</li> <li>• J.P. Hiriart-Urruty, C. Lemarechal: Fundamentals of Convex Analysis, Springer, 2001</li> <li>• M.M. Mäkelä, P. Neittaanmäki: Nonsmooth Optimization Analysis and Algorithms with Application to Optimal Control, World Scientific, 1992</li> </ul>
----	--------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65954	<b>Numerik der Optimalen Steuerungen</b> Numerics of optimal control	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende		

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Hannes Meinlschmidt
5	<b>Inhalt</b>	<p>The following topics are covered: Discretization methods for differential equations, aspects of nonlinear optimization methods, direct discretization methods (fully and reduced discretized), indirect methods based on discretization of necessary optimality conditions as well as methods for efficient sensitivity calculations with internal numerical differentiation and adjoint equations.</p> <p>The material is presented in lecture form. Further acquisition of the essential concepts and techniques takes place through self-study of accompanying literature and the completion of exercises, supported by meetings within the tutorials.</p> <p>By default, the lecture will be given in English (in German only if all participants agree).</p>
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Students explain and use numerical methods for optimal control problems with ordinary differential equations and differential algebraic equations. They apply basic concepts of solution methodology using direct and indirect discretization methods for application problems, for example in technology or economics.
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Recommended: Basic knowledge in numerics, in theory of ordinary differential equations, and in optimization.
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 3
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 15 Min.
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	Unregelmäßig
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h

14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Englisch
16	<b>Literaturhinweise</b>	M. Gerds, Optimal Control of ODEs and DAEs, De Gruyter, 2012.

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65959	<b>Theorie der Optimalsteuerungen</b> Optimal control theory	<b>10 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Hannes Meinlschmidt	
5	<b>Inhalt</b>	<p>Grundlagen zu folgenden Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskrete und kontinuierliche Dynamische Systeme in allgemeinen Räumen</li> <li>• Eingabe- und Ausgabeoperatoren, Beobachter und Aktuatoren</li> <li>• Lösungstheorie und qualitative Theorie</li> <li>• Steuerbarkeit und Stabilisierbarkeit</li> <li>• Restriktionen für Steuerungen und Zuständen</li> <li>• Open-Loop- und Closed-Loop-Steuerungen</li> <li>• Pontriagin'sches Maximum-Prinzip</li> <li>• Dynamische Programmierung</li> <li>• Numerische Realisierung optimaler Steuerungen</li> </ul> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur, unterstützt durch Zusammenkünfte innerhalb der Übungen.</p>	
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären und verwenden eine vertiefte Theorie und vertiefte numerische Methoden im Umgang mit der Steuerung, Stabilisierung und Optimalsteuerung im Kontext der gewöhnlichen Differentialgleichungen. Diese Fähigkeiten sind sowohl in naturwissenschaftlichen, medizinischen, wirtschaftswissenschaftlichen als auch und insbesondere in Ingenieurwissenschaften von Bedeutung.</li> </ul>	
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	<p>empfohlen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse der Numerik, der gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen, der Optimierung</li> </ul>	
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 2;1;3	
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192	
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich mündliche Prüfung (20 Min)	
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)	
12	<b>Turnus des Angebots</b>	Unregelmäßig	

13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch
16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Sontag, Mathematical Control Theory, Springer-Verlag 2000</li> <li>• F. Tröltzsch, Steuerungstheorie Partieller Differentialgleichungen, Vieweg Verlag, 2003</li> </ul>

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65960	<b>Vertiefte Nichtlineare Optimierung</b> Advanced nonlinear optimisation	<b>10 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende		

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Wolfgang Achtziger
5	<b>Inhalt</b>	Vertiefung von Optimalitätsbedingungen für restringierte Probleme, Vertiefung der Theorie und Algorithmen zu Barriere- und Penalty-Verfahren, erweiterte Penalty-Funktionen, Innere-Punkte-Methoden, Quadratische Optimierung, SQP-Verfahren, Einblick in spezielle Problemklassen und Optimierungsverfahren (z.B. Semidefinite Programmierung oder Conic Programming). Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur, unterstützt durch Zusammenkünfte innerhalb der Übungen.
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Die Studierenden erklären und erweitern die Grundlagen zur Theorie und zu numerischen Verfahren der Nichtlinearen Optimierung, erklären und verwenden grundlegende Konzepte von Lösungsmethoden und modellieren und lösen Anwendungsprobleme, etwa aus Technik oder Ökonomie, mathematisch korrekt.
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Beherrschung grundlegender Theorie und Methodiken der Nichtlinearen Optimierung aus den Bachelor-Studiengängen Mathematik, Technomathematik, Wirtschaftsmathematik (z.B. Abschluss des Moduls Nichtlineare Optimierung) oder Abschluss des Master-Moduls Optimierung in normierten Räumen</li> </ul>
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 1
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 Min.
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	Unregelmäßig
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch



16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geiger, Ch. Kanzow: Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben. Springer, 1999</li> <li>• Geiger, Ch. Kanzow: Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben, Springer, 2002</li> <li>• W. Alt: Nichtlineare Optimierung, Vieweg, 2002</li> <li>• F. Jarre und J. Stoer: Optimierung. Springer, 2004</li> <li>• M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty: Nonlinear Programming Theory and Algorithms, Wiley, New York, 1993</li> </ul>
----	--------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65984	<b>Advanced Algorithms for Nonlinear Optimization (AlgNOpt)</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Advanced Algorithms for Nonlinear Optimization (2 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Michael Stingl	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Michael Stingl
5	<b>Inhalt</b>	<p>Several of the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trust region methods</li> <li>• Iterative methods in the presence of noisy data</li> <li>• Interior point methods for nonlinear problems</li> <li>• Modified barrier and augmented Lagrangian methods</li> <li>• Local and global convergence analysis</li> </ul>
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• use methods of nonlinear constrained optimization in finite dimensional spaces,</li> <li>• analyse convergence behaviour of these methods and derive robust and efficient realisations,</li> <li>• apply these abilities to technical and economic applications.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Basic knowledge in nonlinear optimization is recommended.
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 1
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich (15 Minuten)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	nur im Wintersemester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Englisch
16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C.T. Kelley: Iterative Methods for Optimization, SIAM,</li> <li>• J. Nocedal &amp; S. Wright: Numerical Optimization, Springer.</li> </ul>

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65986	<b>Advanced Nonlinear Optimization (AdvNLOpt)</b>	<b>10 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Wolfgang Achtziger
5	<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>advanced optimality conditions and constraint qualifications for constrained optimization problems</li> <li>penalty, barrier and augmented Lagrangian methods: theory and algorithms</li> <li>interior point methods</li> <li>sequential quadratic programming</li> </ul>
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>explain and extend their knowledge on theory and algorithms of nonlinear optimization problems,</li> <li>apply solution techniques to different advanced types of optimization problems,</li> <li>derive and solve optimization problems arising from technical and economical applications.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Basic knowledge in nonlinear optimization is recommended.
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 1
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich Oral examination (20 min)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	Unregelmäßig
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Englisch
16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>M.S. Bazaraa, H.D. Sherali &amp; C.M. Shetty: Nonlinear Programming Theory and Algorithms, Wiley, New York,</li> <li>J. Nocedal &amp; S. Wright: Numerical Optimization, Springer.</li> </ul>

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65923	<b>Optimization in industry and economy</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Optimization in Industry and Economy (2 SWS) Übung: Übung zu Optimization in Industry and Economy (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann Sebastian Denzler	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	<b>Inhalt</b>	This course focuses on modeling and solving real-world optimization problems occurring in industry and economics. Advantages and disadvantages of different modeling techniques will be outlined. In order to achieve efficient solution approaches, different reformulations and their numerical results will be discussed. Students will learn how to present optimization results properly as well as how to interpret and evaluate these results for practical applications. The latter may include but is not limited to the optimization of transport networks (gas, water, energy), air traffic management and mathematical modeling/optimization of market mechanisms in the energy sector.
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Students <ul style="list-style-type: none"> <li>• model complex real-world optimization problems with respect to efficient</li> <li>• solvability,</li> <li>• classify the models and use appropriate solution strategies,</li> <li>• evaluate the achieved computational results.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Recommended: Modul LKOpt: Linear and combinatorial optimization
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 1
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Mathematische Wahlpflichtmodule Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192 Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich (15 min)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	nur im Wintersemester

13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Englisch
16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes (will be published on StudOn at the beginning of the semester)</li> <li>• Up-to-date research literature (will be published on StudOn at the beginning of the semester)</li> </ul>

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65910	<b>Discrete optimization III</b>	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Diskrete Optimierung III (Optimization in Industry and Economy) (2 SWS) Übung: Tutorial zu Diskrete Optimierung III (1 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Sebastian Denzler Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Timm Oertel
5	<b>Inhalt</b>	<p>In this lecture we will discuss selected topics in discrete and mixed-integer optimization. Possible topics include lattice methods, integer programming in fixed dimension, recent research on (mixed) integer linear and/or (mixed) integer nonlinear programming and so on. The specific topics may vary and will be announced in due time.</p> <p>FORMERLY:</p> <p>In this lecture, we cover theoretical aspects and solution strategies for difficult integer and mixed-integer optimization problems. First, we show the equivalence between separation and optimization. Then, we present solution strategies for large-scale optimization problems, e.g., decomposition methods and approximation algorithms. Finally, we deal with conditions for the existence of integer polyhedra. We also discuss applications for example from the fields of engineering, finance, energy or public transport.</p>
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• use basic terms of discrete optimization</li> <li>• model real-world discrete optimization problems, determine their complexity and solve them with appropriate mathematical methods.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Recommended: Knowledge in linear and combinatorial optimization, discrete optimization I and II
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 3
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich (15 Minuten)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	nur im Wintersemester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester

15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Englisch
16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes</li> <li>• Bertsimas, Weismantel: Optimization over Integers, Dynamic Ideas, 2005</li> <li>• Conforti, Cornuéjols, Zambelli: Integer Programming, Springer 2014</li> <li>• Nemhauser, Wolsey: Integer and Combinatorial Optimization, Wiley 1994</li> <li>• Schrijver: Combinatorial optimization Vol. A - C, Springer 2003</li> <li>• Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, Wiley, 1986</li> <li>• Wolsey: Integer Programming, Wiley, 2021</li> </ul>

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65789	<b>Selected Topics in Mathematics of Learning</b> Selected topics in mathematics of learning	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Selected Topics in Mathematics of Learning (2 SWS) Übung: Übung Selected Topics in Mathematics of Learning (2 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Marie-Christine Düker	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	<b>Inhalt</b>	Advanced methods of mathematical data science, with a focus on teaching mathematical principles of learning processes.
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Students gain fundamental theoretical knowledge of learning algorithms in Data Science and will be able to apply the methodologies in a Data Science context.
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Basic knowledge in numerical methods and optimization are recommended.
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 1;3
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	Klausur (60 Minuten)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	Klausur (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	nur im Wintersemester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Englisch
16	<b>Literaturhinweise</b>	S. Wright, B. Recht: Optimization for Data Analysis (2022).



1	<b>Modulbezeichnung</b> 65785	<b>Mathematics of Learning</b> Mathematics of learning	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Mathematics of Learning (2 SWS) Übung: Übung zu Mathematics of Learning (1 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann Sebastian Denzler	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Machine learning: empirical risk minimization, kernel methods and variational models</li> <li>Mathematical aspects of deep learning</li> <li>Ranking problems</li> <li>Mathematical models of network interaction</li> </ul>
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	<p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>develop understanding of modern big data and state of the art methods to analyze them,</li> <li>apply state of the art algorithms to large data sets,</li> <li>derive models for network / graph structured data.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	<p>Prerequisites:</p> <p>Knowledge in linear algebra and analysis is required, e.g., as taught in the first year in BSc Data Science or BSc Computer Science. Basic knowledge in numerical methods and optimization is recommended.</p>
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 1;3
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<p>Mathematische Wahlpflichtmodule Master of Science</p> <p>Wirtschaftsmathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science</p> <p>Wirtschaftsmathematik 20192</p>
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	Klausur (60 Minuten)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	Klausur (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	nur im Wintersemester
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	<p>Präsenzzeit: 60 h</p> <p>Eigenstudium: 90 h</p>
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Englisch
16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Goodfellow, Bengio, Courville, Deep Learning, MIT Press, 2015</li> <li>Hastie, Tibshirani, Friedman, The Elements of Statistical Learning, 2008</li> </ul>

1	<b>Modulbezeichnung</b> 294239	<b>Ausgewählte Kapitel der Nichtlinearen Optimierung</b> Selected chapters of non-linear optimisation.	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Wolfgang Achtziger
5	<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nichtlineare Optimierungsprobleme mit spezieller mathematischer Struktur</li> <li>• äquivalente Problemformulierungen</li> <li>• angepasste Lösungsverfahren</li> </ul> <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur, unterstützt durch Zusammenkünfte innerhalb der Übungen.</p>
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären und verwenden fortgeschrittene Methoden in Theorie und Anwendungen von numerischen Verfahren zur Lösung unrestringierter und restringierter nichtlinearer Optimierungsprobleme in endlich-dimensionalen Räumen.</li> <li>• Sie können außerdem den Aufwand solcher Berechnungen abschätzen und die dabei auftretenden Schwierigkeiten in Theorie und Numerik einordnen.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• empfohlen: Abschluss des Moduls Vertiefte nichtlineare Optimierung</li> </ul>
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 2
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 15 Min.
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	Unregelmäßig
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch
16	<b>Literaturhinweise</b>	aktuelle Literatur wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben

1	<b>Modulbezeichnung</b> 562819	<b>Projektseminar Optimierung (Master)</b> Optimisation project with computer exercises (Master)	<b>5 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	<b>Inhalt</b>	Anhand einer konkreten Anwendung sollen die im Studium bis dahin erworbenen Kenntnisse zu mathematischen Optimierungsmodellen und -methoden umgesetzt werden. Der Inhalt ergibt sich aus einer aktuellen Problemstellung häufig in enger Zusammenarbeit mit einem Industriepartner. Als Beispiele seien genannt die Wasserversorgung einer Stadt, die Gestaltung einer energieeffizienten Fassade eines Bürogebäudes oder das Baustellenmanagement im Schienenverkehr. Das Seminar wird als Projekt durchgeführt. Das heißt, Studierende werden in Teams von bis zu 4 Personen, die in der ersten Woche ausgehändigte Aufgabenstellung im Laufe des Semesters bearbeiten. Am Ende des Semesters werden die Teams ihre Lösungsvorschläge vorstellen und vergleichen.
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> <li>• führen selbständig in Teams ein größeres Projekt durch, in dem sie eine reale Fragestellung modellieren, Lösungsverfahren entwickeln und implementieren und ihre Ergebnisse auf die Praxis anwenden;</li> <li>• präsentieren die Ergebnisse der Projektarbeit und diskutieren diese;</li> <li>• tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus.</li> </ul>
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lineare Algebra</li> <li>• Lineare und Kombinatorische Optimierung</li> </ul>
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 1;2
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich Vortrag 45 Minuten und schriftliche Ausarbeitung 5-10 Seiten
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	Unregelmäßig
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h

14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch
16	<b>Literaturhinweise</b>	werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65883	<b>Nichtglatte Optimierung (vertieft)</b> Nonsmooth optimization (advanced)	<b>10 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Wolfgang Achtziger
5	<b>Inhalt</b>	Auftreten nichtglatter Probleme, Vertiefung der Theorie zu konvexen Funktionen, lokal Lipschitz-stetige Funktionen, Subdifferential, Subgradienten-Algorithmen, Epsilon-Subdifferential, Bundle-Methoden etc.
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Die Studierenden erklären und verwenden Theorie und Funktionsweisen von numerischen Verfahren der Nichtglatten Optimierung (vertieft). Die Studierenden stellen Probleme der nichtglatten Optimierung auf, untersuchen sie mathematisch und entwickeln numerische Lösungsmethoden, welche sie schließlich anwenden. Diese Fähigkeiten sind in naturwissenschaftlichen, medizinischen, wirtschaftswissenschaftlichen und technischen Anwendungen von Bedeutung.
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Beherrschung grundlegender Theorie und Methodiken der Nichtlinearen Optimierung aus den Bachelor-Studiengängen Mathematik, Technomathematik, Wirtschaftsmathematik (z.B. Abschluss des Moduls „Nichtlineare Optimierung“) oder Abschluss des Master-Moduls „Optimierung in normierten Räumen“.
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 1;2
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 Min.
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	Unregelmäßig
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch
16	<b>Literaturhinweise</b>	W. Alt: Numerische Verfahren der konvexen, nichtglatten Optimierung, Teubner, 2004

	J.P. Hiriart-Urruty, C. Lemarechal: Fundamentals of Convex Analysis, Springer, 2001
--	-------------------------------------------------------------------------------------

	M.M. Mäkelä, P. Neittaanmäki: Nonsmooth Optimization – Analysis and Algorithms with Application to Optimal Control, World Scientific, 1992
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1	<b>Modulbezeichnung</b> 65273	<b>Semigroups of linear operators</b>	<b>10 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Eberhard Bänsch
5	<b>Inhalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unbounded, closed operators</li> <li>• generators and semigroups</li> <li>• resolvent of a semigroup</li> <li>• Hille-Yosida-Theorem; Lumer-Phillips-Theorem; evolution equations</li> <li>• perturbation and approximation</li> </ul>
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Students are familiar with unbounded operators. They understand the interlink between semigroups and operators. Furthermore, they can apply semigroup theory to the solution of evolution equations.
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strongly recommended: knowledge in functional analysis.</li> <li>• Recommended: some basics about PDEs and maybe some notion of stochastic processes.</li> </ul>
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 1;3
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192 Studienrichtung Stochastik und Risikomanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	mündlich (20 Minuten)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	mündlich (100%)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	Unregelmäßig irregularly
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 75 hrs Eigenstudium: 225 hrs
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Englisch
16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• David Applebaum: Semigroups of linear operators (can be downloaded through <a href="https://www.cambridge.org/core/books/semigroups-of-linear-operators/">https://www.cambridge.org/core/books/semigroups-of-linear-operators/</a> )</li> <li>• Ronald Schnaubelt: Lecture Notes on Evolution Equations (pdf will be made available for the participants)</li> </ul>

- |  |                                                                                                                                                            |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Klaus-Jochen Engel; Rainer Nagel: A short course on operator semigroups, Universitext, Springer 2006&lt;</li></ul> |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



1	<b>Modulbezeichnung</b> 65856	<b>Nichtlineare Optimierung 2</b> Non-linear optimization 2	<b>10 ECTS</b>
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!  Vorlesung Nichtlineare Optimierung 1 (7 ECTS) Übung zu Nichtlineare Optimierung 1 (3 ECTS)	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind in diesem Semester keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Wolfgang Achtziger
5	<b>Inhalt</b>	Die Studierenden erklären und erweitern die mathematischen Grundlagen zur Theorie und zu numerischen Verfahren der Nichtlinearen Optimierung, erklären und verwenden grundlegende Konzepte von Lösungsmethoden und modellieren und lösen Anwendungsprobleme, etwa aus Technik oder Ökonomie, in mathematisch exakter Weise.
6	<b>Lernziele und Kompetenzen</b>	Vertiefung von Optimalitätsbedingungen für restringierte Probleme, Vertiefung von Theorie und Algorithmen zur Lösung von restringierten Problemen, Einblick in spezielle Problemklassen (z.B. Semidefinite Programmierung oder Conic Programming).
7	<b>Voraussetzungen für die Teilnahme</b>	Erfolgreicher Abschluss des Moduls „Nichtlineare Optimierung 1“ oder eines dazu äquivalenten Moduls
8	<b>Einpassung in Studienverlaufsplan</b>	Semester: 1
9	<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	Studienrichtung Optimierung und Prozessmanagement Master of Science Wirtschaftsmathematik 20192 Mathematik M.Sc.  Wirtschaftsmathematik M.Sc.
10	<b>Studien- und Prüfungsleistungen</b>	Klausur (90 Minuten) mündliche Prüfung (20 min), Übungsleistung (wöchentliche Hausaufgaben, ca. 4 Aufgaben pro Woche)
11	<b>Berechnung der Modulnote</b>	Klausur (100%) mündliche Prüfung (100 %)
12	<b>Turnus des Angebots</b>	Unregelmäßig
13	<b>Arbeitsaufwand in Zeitstunden</b>	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
15	<b>Unterrichts- und Prüfungssprache</b>	Deutsch
16	<b>Literaturhinweise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geiger, Ch. Kanzow: Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben; Springer, 2013</li> </ul>

- |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Geiger, Ch. Kanzow: Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben; Springer, 2002</li><li>• W. Alt: Nichtlineare Optimierung; Vieweg+Teubner, 2011</li><li>• F. Jarre und J. Stoer: Optimierung; Springer, 2004</li><li>• M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty: Nonlinear Programming Theory and Algorithms; Wiley, New York, 2006</li><li>• J. Nocedal, S. Wright: Numerical Optimization, Springer, New Zork, 2006</li></ul> |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|