



INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFT
ABTEILUNG FÜR BWL UND UNTERNEHMENSFORSCHUNG
Prof. Dr. Jürgen Zimmermann (juergen.zimmermann@tu-clausthal.de)
Lena Wohler, M. Sc. (lena.sophie.wohler@tu-clausthal.de)
Julius-Albert-Str. 2
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: (05323) 72-7640/-7629

MASTERSEMINAR ZUM OPERATIONS RESEARCH IM SOMMERSEMESTER 2023

Maschinelles Lernen für kombinatorische Optimierungsprobleme

Motivation

Kombinatorische Optimierungsprobleme zeichnen sich durch eine endliche Menge an zulässigen Lösungen aus. Ein bekanntes Beispiel ist das Travelling-Salesman-Problem bei dem eine Rundreise mit vorgegebenen Orten so zu wählen ist, dass die zurückgelegte Strecke minimiert wird. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl anderer Beispiele unter anderem im Finanz- und Energiesektor. Da kombinatorische Optimierungsprobleme in der Regel schwierig zu lösen sind, werden vermehrt Methoden des maschinellen Lernens in die Lösungsfindung integriert. Näheres finden Sie unter dem Punkt „Themenliste“.

Hinweise zur Teilnahme am Seminar

- Das Seminar findet in deutscher Sprache statt.
- Zum Seminar können alle Masterstudierenden der Lehrinheit Wirtschaftswissenschaften zugelassen werden.
- Zum Seminar werden zunächst 10 Studierende zugelassen und 5 Themen angeboten.
- Jedes Seminarthema sollte von *zwei* Seminarteilnehmer:innen *gemeinsam* bearbeitet werden.
- Grundlage des Seminars ist Fachliteratur (Primär- und Sekundärliteratur), die seitens der Seminarteilnehmer:innen selbstständig im Rahmen einer Literaturrecherche zu suchen ist. Nicht selten können dies englischsprachige wissenschaftliche Arbeiten sein.
- Ferner sollen die theoretischen Inhalte anhand von mindestens einem konkreten Anwendungsbeispiel aus der Literatur erläutert werden.
- Zur erfolgreichen Teilnahme am Seminar muss eine vorläufige Gliederung mit Literaturüberblick eingereicht und vorgestellt, eine schriftliche Ausarbeitung angefertigt, ein Seminarvortrag gehalten und an den übrigen Seminarvorträgen teilgenommen werden.

- Die Seminarteilnehmer:innen erklären sich mit der Anmeldung zum Seminar damit einverstanden, dass die Arbeit automatisiert auf Plagiate geprüft wird.

Termine

- Die Vorbesprechung und Themenvergabe findet am 07.02.2023 um 14:15 Uhr im Seminarraum I des WiWi-Instituts (Julius-Albert-Str. 2) statt.
- Die Abgabe der vorläufigen Gliederung mit Literaturverzeichnis hat bis zum 23.04.2023 per E-Mail an lena.sophie.wohlert@tu-clausthal.de zu erfolgen.
- Anschließend wird die Gliederung und der Literaturüberblick von jeder Gruppe in Einzelgesprächen kurz vorgestellt und diskutiert. Die Besprechung der Gliederung wird am 27.04.2023 zwischen 14 und 18 Uhr entweder über Big-Blue-Button oder im Büro von Prof. Zimmermann stattfinden.
- Vortragsunterlagen (im Format .pptx oder .pdf) sind bis zum 11.06.2023 (einschließlich) per E-Mail bei lena.sophie.wohlert@tu-clausthal.de einzureichen.
- Die Seminarvorträge finden am 15.06. zwischen 14:00 und 18:00 Uhr und am 16.06.2023 zwischen 10:00 und 14:00 Uhr statt. Die Teilnahme an beiden Tagen ist für alle Seminarteilnehmer:innen verpflichtend.
- Die schriftliche Ausarbeitung der Seminararbeit (inkl. der von allen Gruppenmitgliedern handschriftlich unterschriebenen ehrenwörtlichen Erklärung) ist bis zum 02.07.2023 (einschließlich) per Cryptshare bei lena.sophie.wohlert@tu-clausthal.de einzureichen.

Anmeldung

- Die Anmeldung zum Seminar ist verbindlich.
- Tritt ein/-e bereits angemeldete/-r Seminarteilnehmer:in ohne Angabe triftiger Gründe von der Bearbeitung ihres/seines Seminarthemas zurück, so wird das Seminar als nicht bestanden gewertet.

Themenvergabe

- Jedes Seminarthema wird von einer Gruppe bearbeitet.
- Das Los entscheidet, welche Gruppe als erstes eine Präferenz für das Wunschthema abgeben darf.

Abgabe einer vorläufigen Gliederung und eines Literaturverzeichnisses

- Jede Gruppe muss eine vorläufige Gliederung der späteren Seminararbeit inklusive einer ersten Literaturübersicht abgeben und in einem Termin kurz vorstellen.
- Die Literaturübersicht muss Quellen beinhalten, die in deutlichem Zusammenhang mit dem gewählten Seminarthema stehen und zu dessen Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext geeignet sind. Wikipedia o. ä. zählt nicht als Quelle und ist daher auch nicht zu verwenden!
- In der Gliederung sollte der Inhalt der einzelnen Punkte kurz (z. B. in Stichworten) zusammengefasst werden. Die Gliederung soll zeigen, dass sich die Seminarteilnehmer:innen intensiv mit dem vorliegenden Seminarthema auseinandergesetzt haben. Sie soll die logische Struktur der Ausarbeitung bereits deutlich machen.

Schriftliche Ausarbeitung

- Die schriftliche Ausarbeitung (Seminararbeit) besteht mindestens aus den folgenden fünf Teilen:
 1. Deckblatt: Auf dem Deckblatt werden das Seminarthema, das Datum der Anfertigung, die Betreuerin der Seminararbeit (Name und Lehrstuhl) und der/die bearbeitende Studierende (Name, vollständige Adresse, Matrikelnummer, Studiengang, Semesterzahl) eingetragen.
 2. Inhaltsverzeichnis: Das Inhaltsverzeichnis enthält die Gliederung der Seminararbeit mit zugehörigen Seitenzahlen.
 3. Kernteil: Der Kernteil der Seminararbeit besteht aus der eigentlichen schriftlichen Ausarbeitung. Dieser Teil umfasst eine Einleitung, den Hauptteil und ein Fazit.
 4. Literaturverzeichnis: Im Literaturverzeichnis werden alle Quellen (mindestens 5) eingetragen, auf die in der Seminararbeit Bezug genommen wird. Die Quellen sind so detailliert anzugeben, dass sie problemlos wiedergefunden werden können. Zusätzlich sind sämtliche Quellen digital abzugeben (Ausnahme: Bücher und andere nicht digital verfügbare Quellen). Es ist bei der Literaturlarbeit auf die Qualität der Quelle zu achten!
 5. Anhang: Dem Anhang ist eine von allen Gruppenmitgliedern handschriftlich unterschriebene, ehrenwörtliche Erklärung beizufügen.
- Wird die Seminararbeit von zwei Teilnehmer:innen angefertigt, dann darf der Umfang der Arbeit 15 Seiten nicht unter- und 20 Seiten nicht überschreiten (d. h. abzüglich des Deckblatts, der Verzeichnisse, des Literaturverzeichnisses und evtl. Anhänge). Wird ein Thema von einer Person bearbeitet, so sind 10 Seiten nicht zu unter- und 12 Seiten

nicht zu überschreiten. Bei der Ermittlung des Umfangs wird von einer Schriftgröße von 12 Punkten und eineinhalbfachem Zeilenabstand ausgegangen.

- Wird die Seminararbeit von zwei Teilnehmer:innen angefertigt, ist eindeutig kenntlich zu machen, wer welche Abschnitte verfasst hat. Beachtet werden sollte, dass sich auch bei einer Gruppenarbeit ein zusammenhängender Text ergeben sollte („roter Faden“!). Außerdem ist auf eine gleichmäßige Aufteilung auf die Gruppenteilnehmer:innen zu achten.
- Die Seminararbeit ist grundsätzlich selbstständig und ohne fremde Hilfe anzufertigen. Die Verwendung fremden Gedankengutes in Form wörtlicher oder sinngemäßer Zitate ist in jedem Fall deutlich zu kennzeichnen. Dasselbe gilt für Abbildungen, Tabellen o. ä., die aus einer fremden Quelle entnommen werden. Die Quellenangaben sind so anzugeben, dass die Quelle und die angesprochene Stelle leicht wiedergefunden werden können.

Wird fremdes Gedankengut verwendet, jedoch nicht als solches gekennzeichnet, so wird das Seminar als nicht bestanden gewertet.

- Die Seminararbeit ist verständlich und nachvollziehbar zu schreiben. Das bedeutet insbesondere, dass die Arbeit hinsichtlich Rechtschreibung, Satzbau und Wortbedeutung einwandfrei sein sollte.
- Weitergehende Hinweise zur Anfertigung wissenschaftlicher Arbeiten finden Sie auch auf der Internetseite des Instituts für Wirtschaftswissenschaften:
<https://www.wiwi.tu-clausthal.de/studium/studien-und-abschlussarbeiten/>

Seminarvortrag

- Der Seminarvortrag dient dazu, dem Auditorium die wichtigsten Ergebnisse der schriftlichen Ausarbeitung zu präsentieren. Dabei muss nicht der komplette Inhalt der Ausarbeitung vorgestellt werden. Jede/-r Teilnehmende soll ungefähr 20 - 25 Minuten vortragen.
- Für zwei Teilnehmer:innen dauert der Seminarvortrag insgesamt etwa 60 Minuten, wobei sich der Vortrag in die folgenden zwei Teile gliedert:
 1. Vortrag (min. 40 Minuten - max. 50 Minuten)
 2. Diskussion (max. 10 Minuten)
- Wird eine Thema nur von einer Person bearbeitet, dauert der Vortrag mit dem beschriebenen Diskussteil insgesamt etwa 35 Minuten.
- Zu den einzelnen Seminarterminen besteht für alle Seminarteilnehmer:innen Anwesenheitspflicht. Bleibt ein/eine Seminarteilnehmer:in einem der Vortragstermine ohne Angabe triftiger Gründe fern, so wird das Seminar als nicht bestanden gewertet.

Benotung des Seminars

- In die Seminarnote der Teilnehmenden gehen
 - die Qualität der schriftlichen Ausarbeitung (Seminararbeit) zu 40 %,
 - die Qualität ihres/seines Seminarvortrages zu 50 %,
 - die Teilnahme an den Diskussionen zu den Vorträgen anderer Gruppen zu 5 %.
 - sowie die Qualität der im Vorfeld eingereichten Gliederung zu 5 % ein.
- Zu beachten ist insbesondere, dass die Seminararbeit als Gruppenarbeit und damit als *eine* zusammenhängende Arbeit erstellt wird. Einzelne Abschnitte müssen logisch aufeinander aufbauen. Dieses Kriterium fließt ebenfalls in die Benotung ein.

Themenliste

1. Automatische Algorithmenkonfiguration für kombinatorische Optimierungsprobleme
López-Ibáñez, M. et al. (2013): The Travelling Salesman Problem with Time Windows: Adapting Algorithms from Travel-time to Makespan Optimization
Schede, E. et al. (2022): A Survey of Methods for Automated Algorithm Configuration
Calvet, L. et al. (2016): A statistical learning based approach for parameter fine-tuning of metaheuristics
2. Automatische Algorithmenauswahl für kombinatorische Optimierungsprobleme
Kerschke, P. et al. (2018): Automated Algorithm Selection: Survey and Perspective
3. Einsatz von Methoden des maschinellen Lernens in Heuristiken für kombinatorische Optimierungsprobleme
Costa, P. et al. (2020): Learning 2-opt Heuristics for the Traveling Salesman Problem via Deep Reinforcement Learning
Gao, L. et al. (2020): Learn to design heuristics for the vehicle routing problem
4. Einsatz von Methoden des maschinellen Lernens in Verbindung mit exakten Lösungsverfahren für kombinatorische Optimierungsprobleme
Kruber, M. et al. (2017): Learning when to use a decomposition
Furian, N. et al. (2021): A machine learning-based branch and price algorithm for a sampled vehicle routing problem
Sun, Y. et al. (2021): Generalization of machine learning for problem reduction - a case study on travelling salesman problems
5. Ende-zu-Ende-Lernen zur Lösung von kombinatorischen Optimierungsproblemen
Vinyals, O. et al. (2015): Pointer networks
Kool, W. et al. (2019): Attention, learn to solve routing problems!

Allgemeine Literaturhinweise

- Bengio, Y., Lodi, A. und Prouvost, A. (2021): Machine learning for combinatorial optimization: A methodological tour d'horizon
- Mitchell, T. M. (1997): Machine learning