

Seminar Supply Chain Management / Operations Research

Themenschwerpunkt

Innovative Konzepte der Logistik und im Supply Chain Management

Konzepte, Planungsprobleme und analytische Lösungsansätze

Sommersemester 2022

Dozenten

Prof. Dr. Heinrich Kuhn, Markus Frank, Johannes Gückel,
Daniel Müllerklein, Tobias Potoczki, Alexander Rave, Stefan Voigt

Inhaltsverzeichnis

1	Informationen zum Seminar.....	3
1.1	Ausrichtung und Thema des Hauptseminars.....	3
1.2	Organisation.....	4
1.3	Terminplan.....	5
1.4	Hinweise zum Ablauf des Seminars.....	6
1.5	Hinweise zur Gestaltung der schriftlichen Arbeiten und der Seminarvorträge	6
1.6	Bewertung.....	7
2	Themenstellungen „Innovative Konzepte der Logistik und im SCM“	8
2.1	Logistische Innovationen auf der letzten Meile (Smart Logistics) – SCM & OR.....	8
2.2	Möglichkeiten und Herausforderungen der Interaktion zwischen Mensch und Roboter im Warenverteilzentrum – SCM	9
2.3	Verhaltensorientierte Anpassung von Algorithmen in der Logistik – SCM & OR ..	10
2.4	Vergleichende Analyse zweier Varianten der Interaktion zwischen Roboter und Mensch – SCM & OR	11
2.5	Analyse und Lösung eines kooperativen und dynamischen Kommissioniersystems mit Hilfe der Warteschlangentheorie – SCM & OR.....	12
2.6	Horizontale Kooperation von Logistikdienstleistern in der urbanen Logistik – SCM &OR.....	13
2.7	Supply Chain Resilienz und Nachhaltigkeit – Wie füreinander geschaffen? – SCM &OR.....	14
2.8	Digitale Zwillinge in der Lieferkette für das Management von Supply-Chain-Risiken – SCM & OR.....	15
2.9	Effektive Allokation von CO2-Emissionen für die Paketauslieferung – SCM & OR	16

2.10 Zeitliche Sendungsbündelung in der Tourenplanung – SCM & OR	17
2.11 Mehrstufige Netzwerkplanung im Einzelhandel – SCM & OR.....	18
2.12 Medikamentenauslieferung durch Drohnen – SCM & OR.....	19

1 Informationen zum Seminar

1.1 Ausrichtung und Thema des Hauptseminars

In der Logistik und im Supply Chain Management (SCM) kommen zunehmend neue, innovative technologische Lösungen, quantitative Methoden sowie organisatorische Konzepte zum Einsatz, mit denen versucht wird, sowohl die Kosten, den Kundenservice als auch die Nachhaltigkeit in Beschaffung, Produktion, Distribution und Vertrieb, d.h. an der unmittelbaren Schnittstelle zum Kunden günstig zu beeinflussen.

Neue technologische Entwicklungen, die hier zum Einsatz kommen, sind unter anderem Roboter, fahrerlose Transportsystem (FTS), Flug- und Bodendrohnen, RFID-Technologie, 3D-Druck sowie Augmented Reality. Diese neuen aber auch die bereits etablierten Systemelemente werden mit neuen quantitativen Verfahren und Methoden geplant, gestaltet und gesteuert; z.B. mit Hilfe künstlicher Intelligenz, maschineller Lernverfahren, Blockchain-Technologie, neuronaler Netze sowie selbstlernender Simulations- und Optimierungsmethoden. Darüber hinaus werden neue organisatorische Konzepte, Geschäftsmodelle und Gestaltungsformen entwickelt, die ggf. unter Verwendung der zuvor benannten technologischen Entwicklungen und quantitativen Verfahren zusätzlich versuchen, das gesamte Versorgungs- und Distributionssystem effektiver, effizienter und nachhaltiger zu betreiben und damit wiederum die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens und die Kundenzufriedenheit zu steigern. Genannt seien hier u.a. Slow Logistics, Same Day Delivery, Fast Food Delivery, City Logistics, Micro-/Nano-Hubs, Crowdsourced Logistics, Crowdshopping sowie der weite Bereich des nachhaltigen Supply Chain Management.

Das Master-Seminar „Innovative Konzepte der Logistik und im SCM“ zielt darauf ab, aktuelle Forschungsergebnisse aus dem oben skizzierten Bereichen zu präsentieren und zu diskutieren. Darüber hinaus ermöglicht das Seminar interessierten Studierenden (vor allem Teilnehmer*innen des OR-Seminars) neuartige Bewertungs- und/oder Optimierungsmethoden zu implementieren und diese im Hinblick auf ihre Eignung zu analysieren, Lieferketten effektiver, effizienter und nachhaltiger zu planen, zu gestalten und/oder zu betreiben.

Aufgabe der Teilnehmer des Hauptseminars ist es, eines der aktuell vorgeschlagenen innovativen Konzepte zu präsentieren und zu diskutieren, sowie dessen Anwendung in einem Bereich der Wertschöpfungskette (Beschaffung, Produktion, Distribution, Vertrieb oder im Zuge der Rückführung gebrauchter Produkte) zu identifizieren, aktuelle Analysefragen und Entscheidungsprobleme zu beschreiben sowie ggf. im Zuge des OR-Seminars zu implementieren.

Im Master-Seminar werden in dem benannten Umfeld spezifische Themen formuliert, die von den Studierenden zu bearbeiten sind. Ziel der einzelnen Arbeiten ist es, einen oder zwei grundsätzliche Beiträge zu den jeweiligen Themenstellungen vorzustellen und deren Modellannahmen zu erläutern, ggf. Modell- und Lösungsansatz zu implementieren und an Fallbeispielen numerische Ergebnisse zu diskutieren.

Das Master-Seminar ist insbesondere auch für Studierende aus dem Studienschwerpunkt MARKT geeignet, da einige der als Grundlage der Themenbearbeitung dienenden Beiträge verhaltensorientierten Ansätze verwenden und diese mit klassischen empirischen Methoden analysieren.

Allgemeine Literaturhinweise

Bierwirth, Christian; Kirschstein, Thomas and Sackmann, Dirk (Editors): Logistics Management – Strategies and Instruments for digitalizing and decarbonizing supply chains - Proceedings of the German Academic Association for Business Research, Halle, Springer (Cham) 2019, *Chapter Sustainable Supply Chain Management*, pp 122 - 239.

Bundesvereinigung Logistik, Logistik als Wissenschaft – zentrale Forschungsfragen in Zeiten der vierten industriellen Revolution, 2017.

Bundesvereinigung Logistik, Digitalisierung in der Logistik, 2017.

Lorson, Fabian; Fügner, Andreas and Hübner, Alexander. New team mates in the warehouse: Human interactions with automated and robotized systems, Working paper TU Munich, 14. January 2022

Ramanathan R., Philpott E., Ramanathan U., Duan Y. (2020) A Framework for the Application of Industry 4.0 in Logistics and Supply Chains. In: Ramanathan U., Ramanathan R. (eds) Sustainable Supply Chains: Strategies, Issues, and Models. Springer, Cham, pp. 51-74. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48876-5_2

Roth Florian und Julian Popp, Logistik 4.0 – Intelligent, Integriert, Autonom, Whitepaper MHP Consulting, Juni 2020
https://www.mhp.com/fileadmin/www.mhp.com/assets/pdf/MHPWhitepaper-Logistic_DE.pdf
Zugriff: 27.07.2020

Vortrags-Videos zum Thema von Prof. Dr. René de Koster

- **Cobotic order picking systems** – State of the art and research opportunities (Prof. Dr. René de Koster, Rotterdam School of Management, Erasmus University), INFORMS – TSL Conference, March 12, 2021: <https://www.youtube.com/watch?v=Yox3lrzZnA>
- **Warehouse robotics** - State of the art and research opportunities (Prof. Dr. René de Koster, Rotterdam School of Management, Erasmus University) Systems Analytics Global Leaders' seminar at the University of Hong Kong, May 19, 2021: <https://www.youtube.com/watch?v=EGnBhvJgOK8>

1.2 Organisation

SCM- und/oder OR-Seminar: Studierenden steht es frei, nur eine Seminararbeit zu verfassen oder aber beide Seminare, d.h. das SCM- und das OR-Seminar zu belegen und eine kombinierte Arbeit zu verfassen.

Seminar zum Supply Chain Management (5 ECTS)

Im Seminar zum SCM werden Entscheidungsprobleme oder Empirische Studien behandelt, wie sie typischerweise im Supply Chain Management auftreten. Ziel der Seminararbeit ist es, einen bzw. mehrere wissenschaftliche Beiträge vorzustellen und zu diskutieren. Der Fokus liegt dabei auf der fachlichen Darstellung der Problemstellung und der kritischen Auseinandersetzung mit den gewählten Annahmen und/oder den Ergebnissen empirischer Studien.

Seminar Operations Research (5 ECTS)

Das Seminar Operations Research ermöglicht den Studierenden entweder an der zuvor dargelegten Problemstellung weiter zu arbeiten oder aber sich mit Methoden des Operations Research zu beschäftigen. Die Implementierung der Methoden steht hierbei im Vordergrund und ist obligatorisch.

Hinweis zu kombinierten Seminararbeiten: Bei kombinierten Seminaren (SCM und OR, 10 ECTS) ist eine **separate** Prüfungsanmeldung für jedes der beiden Seminare erforderlich!

Weitere allgemeine Hinweise: Die Materialien für das Seminar werden auf der Ilias-Seite unseres Lehrstuhls (unter „elearn.ku.de“) in den dort angelegten Kursen „Seminar zum SCM und OR“ im Ordner des aktuellen Semesters zur Verfügung gestellt. Bitte beachten Sie die Richtlinien und Hinweise zur Abfassung von wissenschaftlichen Arbeiten des Lehrstuhls. Diese Richtlinien werden ebenfalls in Ilias zur Verfügung gestellt. Ebenso wird eine LaTeX-Vorlage für die Arbeit online verfügbar gemacht. Teilnehmer sind eingeladen, wenn auch nicht verpflichtet, ihre Arbeiten in LaTeX zu schreiben. Für diejenigen, die das Arbeiten mit LaTeX erlernen möchten, seien die Kurse des Rechenzentrums empfohlen.

1.3 Terminplan

Bitte bedenken Sie die hier angegebenen Termine schon bei der Entscheidung für das Seminar, da Terminverlegungen leider nicht möglich sind.

Vergabemodus

- **Mo., 14. Februar 2022, ab 14:00:** Bekanntgabe der Themen auf der Homepage und in Ilias, bitte unmittelbar, sobald möglich in KU.Campus anmelden.
- **Unverbindliche** Interessensbekundung an den jeweiligen Betreuer **ab Di., 15. Februar 2022** per Mail möglich.
- **Vergabe der Themen** durch den jeweiligen Betreuer per Mail und/oder Zoom ab Mi., 22. Februar 2022 (**FCFS-Verfahren**)
- **Zweite Themenvergabe für Nachrücker** (Vorbesprechung und Vergabe der Themen): Di., 26. April 2022, ab 16:00 Uhr, Raum NB 207

Weitere organisatorische Angelegenheiten und Termine

- **LaTeX-Kurs** des Rechenzentrums der KU EI, Dozent: Peter Zimmermann, [Online per Zoom](#)
Kurzeinführung
 - Mi., 20. 04. 2022, 8-13 Uhr
 - Mi., 27. 07. 2022, 8-13 Uhr**Reguläre Einführung ggf. mit spezifischen Schwerpunkten**
 - Di.-Do., 02.-04. 8. 2022, 8-12 Uhr - Textverarbeitung und Publikation**Spezifische Themen (jeweils Di. von 8-12)**
 - 17. 05. 2022, TeX und Literaturverzeichnisse
 - 21. 06. 2022, TeX - Fragen und Antworten
 - 12. 07. 2022, TeX und MathematikAnmeldung jeweils über KU.Campus; weitere Infos siehe hier:
www.ku.de/rechenzentrum/it-services/lehre-und-lernen/schulungsangebot
- **1. Gliederungspräsentation:**
Di., 26. April 2022, 16:15-18:00 Uhr, Raum NB 207
- **2. Gliederungspräsentation (nur für Nachrücker):**
Di., 17. Mai 2022, 16:15-18:00 Uhr, Raum NB 207
- **Abgabe der Vorversion:**
Mi., 25. Mai 2022, bis 10:00 Uhr per Mail an Betreuer
- **Abgabe der Ausarbeitung:**
Mi., 13. Juli 2022, bis 10:00 Uhr per Mail an Betreuer und uploaden der Zusammenfassung in ILIAS
- **Endpräsentation:**
Di., 19. Juli 2022, 14:00 - 18:00 Uhr, Raum NB 207
ggf. weitere Termine
- **Ggf. Abgabe der Poster** (nur wenn SCM- und OR-Seminar belegt):
Mo., 1. August 2022, bis 10:00 Uhr per Mail an Betreuer

Die Seminararbeit sollte bereits während der Semesterferien verfasst werden.

1.4 Hinweise zum Ablauf des Seminars

Gliederungsbesprechung: Zu Beginn des Semesters findet eine gemeinsame Gliederungsbesprechung in der Gesamtgruppe statt. Die Gliederung und der Arbeitsplan für das weitere Vorgehen sind zuvor mit dem jeweiligen Betreuer abzustimmen. Hierzu unterbreiten die Seminarteilnehmer einen Vorschlag, der dann gemeinsam diskutiert werden kann. Für die Präsentation in der Gruppe ist eine reine Vortragszeit von etwa **5 Minuten** je Thema vorgesehen.

Vorversion: Die Vorversion ist der erste, ausformulierte Teil der Seminararbeit und beinhaltet die folgenden Teile: Gliederung, Einleitung mit Problemstellung, Zielsetzung und Gang der Seminararbeit sowie eine detaillierte Darstellung der Kerninhalte. Die Vorversion hat bereits den Ansprüchen einer wissenschaftlichen Arbeit zu genügen. Die Vorversion wird von dem Betreuer innerhalb von einer Woche korrigiert an den/die Bearbeiter/Bearbeiterin zurückgegeben.

Umfang: ca. 6 Seiten

Schriftliches Referat: Die Seminararbeit basiert auf der Vorversion und enthält die eigentliche Ausarbeitung zur Themenstellung.

Umfang: 15 Seiten ± 2 Seiten

Zusammenfassung: Es ist eine Zusammenfassung der Arbeit zu erstellen und allen Teilnehmern/ Teilnehmerinnen zur Verfügung zu stellen.

Umfang: 1-2 Seiten

Endpräsentation: Die Endpräsentation basiert inhaltlich auf der gesamten oder ggf. lediglich einem Teil der schriftlichen Seminararbeit. Im Zuge der Präsentation soll in das Thema eingeführt, die grundsätzliche Planungsproblem erläutert und ggf. ein ausgewähltes Planungsmodell vertiefend erklärt werden. Die Gesamtgruppe soll ein grundsätzliches Verständnis der betrachteten Problemstellung erhalten. Ein besonderes Gewicht ist auf Probleme und offene Fragen im Themengebiet zu legen, so dass darüber gemeinschaftlich mit der Gesamtgruppe diskutiert werden kann.

Dauer: 15 min. Präsentation + 15 min. Diskussion

Besonderheiten beim kombinierten Seminar: Werden beide Seminare belegt erhöht sich der Umfang des schriftlichen Referats auf **25 Seiten ± 3 Seiten**. Neben der Abschlusspräsentation wird **außerdem eine Zusammenfassung in Form eines Posters** verlangt. Auf die schriftliche Zusammenfassung kann verzichtet werden. Der Lehrstuhl wird eine Vorlage zur Erstellung des Posters bereitstellen.

1.5 Hinweise zur Gestaltung der schriftlichen Arbeiten und der Seminarvorträge

Vorträge

- Für alle Vorträge wird ein Notebook zur Verfügung stehen, welches die gängigen Formate wie PDF und Powerpoint unterstützt. Die Vorträge werden am besten entweder auf einem USB-Stick mitgebracht oder vorab an den Betreuer gesandt.
- Überlegen Sie sich gründlich, welche Teile Ihrer Seminararbeit Sie im Seminar vortragen möchten (weniger ist manchmal mehr). Stimmen Sie Ihren Vortrag auf die Zuhörer ab. überlegen Sie

sich auch, wo es Überschneidungen zu den Themen Ihrer Kommilitonen gibt und berücksichtigen Sie dies.

- Die angegebenen Vortragszeiten sind als absolute Obergrenze zu sehen und sollten vielleicht nicht ausgenutzt werden. Es wird empfohlen, die Vorträge zu üben und dabei die Zeit zu messen. Der Vortrag im Seminar dauert erfahrungsgemäß länger, da es immer wieder zu kurzen Zwischenfragen kommt. Zwar werden die Vorträge nicht streng nach Erreichen der Zeitgrenze abgebrochen, jedoch gehört zu einem guten Vortrag auch eine realistische Zeitplanung.
- Halten Sie den Vortrag komplett auf Deutsch, bitte nicht (teilweise) auf Englisch.
- Vermeiden Sie bei Computerpräsentationen „großartige“ Effekte und übertriebenes Einzeleinblenden von Textteilen. Es soll ein wissenschaftlicher Vortrag und keine Verkaufspräsentation werden.
- Beschränken Sie sich auf die unbedingt notwendige Anzahl an Folien (keine „Folienschlacht“). Überfrachten Sie Ihre Folien nicht mit zu viel Text und zu vielen Inhalten.
- Folienausdrucke sind nicht notwendig.
- Je Vortrag ist im direkten Anschluss Zeit für Fragen und Diskussion vorgesehen. Hierbei ist die aktive Beteiligung aller Seminarteilnehmer erwünscht (Zusammenfassungen vorher durchlesen!). Bereiten Sie ggf. zusätzliche Folien für die Beantwortung erwarteter Fragen vor.

Abfassung der schriftlichen Arbeiten

- Beachten Sie bitte die Hinweise „Anleitung zum Anfertigen von wissenschaftlichen Arbeiten“ des Lehrstuhls (Download in Ilias).
- Die Benutzung von LaTeX wird dringend empfohlen. Der anfängliche Mehraufwand zahlt sich bei späteren Arbeiten aus. LaTeX erleichtert es, formal korrekte und ansprechend gestaltete wissenschaftliche Arbeiten zu verfassen. Weiterhin gibt es viele Berichte von umfangreicheren Arbeiten (Diplomarbeiten, Masterarbeiten, ...), bei denen es in der Endphase zu überraschenden technischen Problemen mit Microsoft Word kam. Das Rechenzentrum bietet zur LaTeX-Texterstellung regelmäßig Kurse in Ingolstadt und Eichstätt an.
- Die Seitenbegrenzungen dienen dazu, einen Anhaltspunkt für den gewünschten Umfang der Arbeit zu bieten. Man sollte hiervon nur abweichen, wenn dies durch die Art der Arbeit nicht zu verhindern ist (z.B. bei umfangreichen Tabellen oder Quelltextauszügen).

1.6 Bewertung

- Jeder/jede Teilnehmer/Teilnehmerin bearbeitet ein Thema aus der Liste der angekündigten Themen. Um einen Seminarschein (5 ECTS für ein Seminar bzw. 10 ECTS für das kombinierte Seminar) zu erwerben, sind die folgenden zusammenhängenden Leistungen zu erbringen:
 - Abfassung eines Referats inkl. der Vorversion (15 Seiten \pm 2 Seiten bzw. 25 Seiten \pm 3 Seiten), Notenanteil: 50%
 - Halten zweier Vorträge und Diskussionsleitung, Notenanteil: 40%
 - Darüber hinaus wird die mündliche Mitarbeit und Diskussionsbereitschaft während des gesamten Seminars und im Anschluss an die Vorträge bewertet (Notenanteil: 10%).
 - Im Fall eines kombinierten Seminars (10 ECTS) ist im Anschluss an das Seminar ein Poster (DIN A1) zu erstellen, das die wesentlichen Inhalte und Ergebnisse der Seminararbeit anschaulich und bildreich dokumentiert.

Die schriftliche Arbeit und die Vorträge müssen unabhängig voneinander mindestens mit ausreichend bewertet worden sein, um einen Seminarschein zu erhalten.

2 Themenstellungen „Innovative Konzepte der Logistik und im SCM“

2.1 Logistische Innovationen auf der letzten Meile (Smart Logistics) – SCM & OR

Thema

Die letzte Meile wird gemeinhin als der kostenintensivste Teil der Zustellung bezeichnet. Die Zustellung verursacht aber nicht nur hohe Kosten, sondern führt zudem auch zu ökologischen Nachteilen, sowie sozialen Beeinträchtigungen. In den letzten Jahren wurden vielfältige Konzepte entwickelt, die als nachhaltiger gelten als die klassische Zustellform mittels LKW. Diese Konzepte werden in der Literatur u.a. unter dem Begriff „Smart Logistics“ geführt. Ziel dieser Arbeit ist es, die Konzepte vorzustellen und hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit zu bewerten. Die Bewertung sollte anhand der Kriterien Kosten, Ökologie und sozialer Verantwortung erfolgen. Grundsätzlich wäre es möglich, sich auf eine bestimmte Branche (Handel, Automotive, Konsumgüterindustrie etc.) zu konzentrieren. Es sollten exemplarische Beispiele innovativer Ideen herangezogen werden und dieser analysiert und beschrieben werden.

Im SCM-Teil ist es ausreichend, die Konzepte vorzustellen und zu bewerten. Im Implementierungsteil (OR-Seminar) wären zwei Alternativen denkbar: a) Einerseits könnte ein umfangreicher Datensatz mit aktuellen Methoden der Daten-Analyse ausgewertet werden, b) andererseits wäre es möglich, ein ausgewähltes mathematisches Modell und ein dazugehöriges Lösungsverfahren vorzustellen, zu implementieren und anhand von Beispielrechnungen zu analysieren.

Das Thema ist für Studierende im Schwerpunkt MARKT besonders geeignet.

Relevante Punkte (Seminar SCM)

- Dimensionen der Nachhaltigkeit auf der letzten Meile
- Einführung in innovative Konzepte (Smart Logistics) zur Zustellung auf der letzten Meile
- Diskussion der Vor- und Nachteile

Relevante Punkte (Seminar OR)

- Umfangreiche Daten- Analyse und/oder Implementierung/Analyse eines Modells
- Entwicklung einer Fallstudie

Einstiegsliteratur

Roth Florian und Julian Popp, Logistik 4.0 – Intelligent, Integriert, Autonom, Whitepaper MHP Consulting, Juni 2020, https://www.mhp.com/fileadmin/www.mhp.com/assets/pdf/MHPWhitepaper-Logistic_DE.pdf, Zugriff: 27.07.2020

Boysen, N., Fedtke, S. & Schwerdfeger, S. (2021), Last-mile delivery concepts: a survey from an operational research perspective. OR Spectrum 43, 1–58.

Voraussetzungen für SCM-Seminar

- Keine besonderen Vorkenntnisse, ab 2. Master-Semester

Voraussetzungen für OR-Seminar

- Daten-Analyse-Tools, OPL/gurobi-Kenntnisse und/oder Programmierkenntnisse für OR-Teil

Betreuer: Heinrich Kuhn heinrich.kuhn@ku.de und/oder Stefan Voigt stefan.voigt@ku.de

2.2 Möglichkeiten und Herausforderungen der Interaktion zwischen Mensch und Roboter im Warenverteilzentrum – SCM

Thema

Die Warenverteilzentren im stationären, Online und Omni-Channel-Handel werden zunehmend automatisiert und robotisiert. Qualität, Kosten und Leistung eines Warenverteilzentrums lassen sich durch Automatisierung und/oder den Einsatz von Robotern günstiger gestalten. Der Einsatz dieser Technologien erfolgt jedoch häufig im Zusammenwirken mit menschlicher, d.h. manueller Arbeit, so dass diese aufeinander abgestimmt gestaltet und organisiert werden müssen. Roboter unterstützen dann beispielweise die menschliche Arbeitskraft bei den jeweils auszuführenden Tätigkeiten. Diese Zusammenarbeit kann unterschiedlich gestaltet und organisiert sein. Im Zuge der Seminararbeit sollen die unterschiedlichen Formen und Einsatzfelder der Interaktion zwischen Mensch und Roboter beschrieben, analysiert und diskutiert werden. Die SCM-Arbeit kann u.U. auch zu einer OR-Seminar-Arbeit weiterentwickelt werden, indem ein exemplarischer Problemfall als mathematisches Modell formuliert, implementiert und analysiert wird. Dies ist aber nicht zwingend erforderlich.

Das Thema ist für Studierende im Schwerpunkt MARKT besonders geeignet.

Relevante Punkte (Seminar SCM)

- Beschreibung und Kategorisierung der unterschiedlichen Formen und Einsatzfelder der Interaktion zwischen Mensch und Roboter
- Definition von möglichen Analyse- und Entscheidungsproblemen
- Beschreibung offener Forschungsfragen

Einstiegsliteratur

Lorson, Fabian; Fügner, Andreas and Hübner, Alexander. New team mates in the warehouse: Human interactions with automated and robotized systems, Working paper TU Munich, 14. January 2022

Voraussetzungen

- Keine besonderen Vorkenntnisse, ab 2. Master-Semester

Betreuer: Heinrich Kuhn <heinrich.kuhn@ku.de>

2.3 Verhaltensorientierte Anpassung von Algorithmen in der Logistik – SCM & OR

Thema

Den ausführenden Personen von komplexen, wiederkehrenden jedoch manuellen Operationen werden häufig konkrete algorithmische Vorschläge zur Ausführung der Tätigkeit unterbreitet. Hierdurch soll die Effizienz und Effektivität der jeweiligen Tätigkeit gesteigert werden. Beispiele hierfür sind Packlisten zum Packen von Paketen oder Paletten mit unterschiedlichen Packstücken in Verteilzentren des Online-Handels bzw. Lebensmitteleinzelhandels sowie vorgegebene Fahrrouten für Fahrer*innen im Zuge der Paketauslieferung. Empirische Studien zeigen, dass die ausführenden Personen häufig von den Vorgaben der Optimierungsverfahren abweichen. Die Ursachen hierfür können sehr unterschiedlich sein. Die ausführende Person kann beispielsweise über zusätzliche Informationen und/oder Erfahrungswissen verfügen, das in den Optimierungsverfahren nicht abgebildet wird. Es kann aber auch sein, dass die ausführende Person nicht willens oder in der Lage ist, die algorithmische Vorgaben präzise umzusetzen. Nach Absprache mit dem Betreuer ist die Arbeit auf eines von drei Anwendungsbeispielen zu **fokussieren**.

Einstiegsliteratur

Packen von Paketen im Online-Versandhandel: Sun, Jiankun; Zhang, Dennis J.; Hu, Haoyuan and Van Mieghem, Jan A., Predicting Human Discretion to Adjust Algorithmic Prescription: A Large-Scale Field Experiment in Warehouse Operations. Management Science, online first: 2021/09/10, <http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.2021.3990>

Auftragszuweisung bei Lebensmittel-Lieferdiensten: Liu, S.; He, L. & Max Shen, Z.-J. (2021). On-Time Last-Mile Delivery: Order Assignment with Travel-Time Predictors. Management Science, 2021, 67, 4095-4119.

Routenplanung bei Amazon: Snoeck, A., Merchán, D., & Winkenbach, M. (2020). Route learning: A machine learning-based approach to infer constrained customers in delivery routes. Transportation Research Procedia, 46, 229–236.

Relevante Punkte (Seminar SCM)

- Beschreibung des grundsätzlichen Problems in der betrieblichen Praxis
- Entwicklung und Beschreibung des Untersuchungsszenarios im Beitrag
- Analyse und Diskussion der beschriebenen Ergebnisse

Relevante Punkte (Seminar OR)

- Implementierung eines vergleichbaren Problems/Modells in einer geeigneten Softwareumgebung
- Ggf. Weiterentwicklung des Modells oder Vergleich mit alternativen Modellen
- Analyse von numerischen Beispielen

Voraussetzungen

- Keine besonderen Vorkenntnisse, ab 2. Master-Semester

Betreuer: Heinrich Kuhn <heinrich.kuhn@ku.de> und/oder Stefan Voigt <stefan.voigt@ku.de>

2.4 Vergleichende Analyse zweier Varianten der Interaktion zwischen Roboter und Mensch – SCM & OR

Thema

Roboter lassen sich zur Unterstützung manueller Kommissioniertätigkeiten unterschiedlich einsetzen. Zum einen kann der Mensch den Roboter führen, d.h. vorweggehen und zum anderen kann der Roboter den Menschen führen. In der ersten Variante läuft der Roboter der kommissionierenden Personen hinterher und nimmt die zu kommissionierenden Produkte in einem Warenkorb auf. In der zweiten Variante führt der Roboter die kommissionierende Person und zeigt der Person, welche Artikel in welcher Anzahl zu picken sind. Die Varianten unterscheiden sich im Hinblick auf Produktivität und Qualität. Aufgabe der Seminar-Arbeit ist es, Möglichkeiten der Mensch-Roboter-Interaktion zu systematisieren, zu beschreiben und zu analysieren. Die Ergebnisse eines in der Literatur beschriebenen Feldexperiment zur Mensch-Roboter-Interaktion sollen beschrieben, analysiert und kritisch reflektiert werden.

Relevante Punkte (Seminar SCM)

- Beschreibung des grundsätzlichen Problems in der betrieblichen Praxis
- Entwicklung und Beschreibung des Untersuchungsszenarios im Beitrag
- Analyse und Diskussion der beschriebenen Ergebnisse

Relevante Punkte (Seminar OR)

- Implementierung eines vergleichbaren Problems/Modells in einer geeigneten Softwareumgebung
- Ggf. Weiterentwicklung des Modells oder Vergleich mit alternativen Modellen
- Analyse von numerischen Beispielen

Einstiegsliteratur

Pasparakis, Alexandros; de Vries, Jelle and de Koster, M.B.M. René, In Control or under Control? Human-Robot Collaboration in Warehouse Order Picking (March 31, 2021). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3816533>

Voraussetzungen

- Keine besonderen Vorkenntnisse, ab 2. Master-Semester

Betreuer: Heinrich Kuhn <heinrich.kuhn@ku.de>

2.5 Analyse und Lösung eines kooperativen und dynamischen Kommissioniersystems mit Hilfe der Warteschlangentheorie – SCM & OR

Thema

Im Zuge der Automatisierung von Lager- und Kommissioniersystemen kommen zunehmend autonome mobile Roboter (AMR) zum Einsatz, die mit menschlichen Kommissionierern zusammenarbeiten. Diese AMR lassen sich beispielsweise einsetzen, um die unproduktive Wegezeiten der Kommissionierer in einem nach Warengruppen (sogenannte Zonen) unterteilten Lager- und Kommissioniersystem zu reduzieren. Die Anzahl und Aufteilung der Zonen ist jedoch abhängig von der Größe der Kommissionieraufträge. Große (kleine) Kommissionieraufträge, die viele (wenige) Picks beinhalten, lassen sich effizienter in Systemen kommissionieren, die in wenige (vielen) Zonen unterteilt sind. In der Seminararbeit soll ein Beitrag vorgestellt, analysiert und kritisch reflektiert werden, der in Abhängigkeit der anstehenden Kommissionieraufträge einen dynamischen Wechsel der Zonenaufteilung vorschlägt und die Fragestellung mit Hilfe eines Markov-Entscheidungsmodell modelliert und löst.

Relevante Punkte (Seminar SCM)

- Beschreibung des grundsätzlichen Problems in der betrieblichen Praxis
- Entwicklung und Beschreibung des Untersuchungsszenarios im Beitrag
- Analyse und Diskussion der beschriebenen Ergebnisse

Relevante Punkte (Seminar OR)

- Implementierung eines vergleichbaren Problems/Modells in einer geeigneten Softwareumgebung
- Ggf. Weiterentwicklung des Modells oder Vergleich mit alternativen Modellen
- Analyse von numerischen Beispielen

Einstiegsliteratur

Azadeh, Kaveh; Roy, Debjit and de Koster, M.B.M. René, Dynamic Human-Robot Collaborative Picking Strategies (April 25, 2020). Available at SSRN:

<https://ssrn.com/abstract=3585396>

Zou, Bipan; De Koster, René; Gong, Yeming; Xu, Xianhao and Shen, Guwen (2021) Robotic Sorting Systems: Performance Estimation and Operating Policies Analysis.

Transportation Science, Published online in Articles in Advance 31 Aug 2021,

<https://doi.org/10.1287/trsc.2021.1053>

Voraussetzungen für SCM-Seminar

- Keine besonderen Vorkenntnisse, ab 2. Master-Semester

Voraussetzungen für OR-Seminar

- Erfolgreiche Teilnahme am Kurs Stochastische Modelle
- ggf. fortgeschrittene Programmier-Kenntnisse

Betreuer: Heinrich Kuhn <heinrich.kuhn@ku.de>

2.6 Horizontale Kooperation von Logistikdienstleistern in der urbanen Logistik – SCM & OR

Thema

Das rasante Wachstum des Onlinehandels führt dazu, dass immer mehr Bestellungen ausgeliefert werden müssen. Verschiedene miteinander im Wettbewerb stehende Logistikdienstleister fahren dazu Tag für Tag in die Städte, um ihre Kunden zu beliefern. Da jeder Logistikdienstleister ausschließlich seine eigenen Kunden beliefert, haben noch immer einige Fahrzeuge eine geringe Auslastung und vorhandene Ressourcen werden nicht effizient eingesetzt.

Ein innovativer Ansatz zur Reduktion der innerstädtischen Touren könnte die Kollaboration verschiedener Logistikdienstleister darstellen. Dadurch könnten Kunden sowohl ressourcensparender als auch kostengünstiger beliefert werden. Einige City-Logistikkonzepte gehen daher von einem zentral koordinierten System aus, in dem ein zentraler Koordinator die Transporte in die Stadt organisiert oder in dem verschiedene Logistikdienstleister durch den Austausch von Informationen und Ressourcen kooperieren. Im Rahmen des Seminars sollen Möglichkeiten und Probleme der horizontalen Kooperation dargestellt werden. Es soll gezeigt werden, welche Konzepte es zur Zusammenarbeit verschiedener Logistikdienstleister gibt und wie diese in der Praxis umgesetzt werden. Besonderes Augenmerk soll dabei auf eine Untersuchung der Gründe für das Nichtfunktionieren von Kooperationen gelegt werden.

Das Thema ist für Studierende im Schwerpunkt MARKT besonders geeignet.

Relevante Punkte (Seminar SCM)

- Beschreibung des Grundproblems der Kundenbelieferung in Städten
- Beschreibung und Darstellung von bisherigen Kooperationsmodellen verschiedener Logistikdienstleister in der urbanen Logistik
- Qualitative Untersuchung der Gründe für das Scheitern von Kooperationen in der Praxis

Einstiegsliteratur

Cleophas, C., C. Cottrill, J. F. Ehmke, and K. Tierney (2019). "Collaborative urban transportation: Recent advances in theory and practice". In: European Journal of Operational Research 273.3, pp. 801–816.

Crujssens, F., W. Dullaert, and H. Fleuren (2007). "Horizontal Cooperation in Transport and Logistics: A Literature Review". In: Transportation Journal 46.3, pp. 22–39.

Voraussetzungen für SCM-Seminar

- Keine besonderen Vorkenntnisse, ab 2. Master-Semester

Voraussetzungen für OR-Seminar

- Python/Gurobi-Kenntnisse und/oder Programmierkenntnisse für OR-Teil

Betreuer: Johannes Gückel <johannes.gueckel@ku.de>

2.7 Supply Chain Resilienz und Nachhaltigkeit – Wie füreinander geschaffen? – SCM & OR

Thema

Die vergangenen Monate zeigten besonders deutlich, wie wichtig robuste und resiliente Lieferketten in Zeiten umfassender Störungen sind. Unternehmen ergreifen deshalb vielfältige Maßnahmen (Erhöhung Lagerbestände, Regionalisierung, Redundanz in Transportnetzwerken) um die Widerstandsfähigkeit Ihrer Lieferketten weiter zu erhöhen. Gleichzeitig stehen sie sich steigender Anforderungen zum Schutz von Ressourcen und Umwelt gegenüber und versuchen bestehende Lieferketten nachhaltiger aufzubauen.

Im Rahmen der Seminararbeit sollen die Zusammenhänge beider Zielgrößen (Widerspruch vs. Vereinbarkeit) untersucht und dargestellt werden (SCM-Teil). Bestehende Zielkonflikte und ggf. Strategien zu deren Auflösungen sollen quantitativ untersucht werden (OR-Teil).

Relevante Punkte (Seminar SCM)

- Beschreibung beider Probleme in der strategischen Netzwerkplanung
- Gegenüberstellung von möglichen Zielkonflikten und Übereinstimmungen
- Analyse und Diskussion der Ergebnisse

Relevante Punkte (Seminar OR)

- Implementierung eines Modells
- Ggf. Weiterentwicklung des Modells oder Vergleich mit alternativen Modellen
- Analyse von numerischen Beispielen

Einstiegsliteratur

Fahimnia, B., & Jabbarzadeh, A. (2016). Marrying supply chain sustainability and resilience: A match made in heaven. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 91, 306-324.

Ivanov, D. (2018). Revealing interfaces of supply chain resilience and sustainability: a simulation study. *International Journal of Production Research*, 56(10), 3507-3523.

Voraussetzungen für SCM-Seminar

- Keine besonderen Vorkenntnisse, ab 2. Master-Semester

Voraussetzungen für OR-Seminar

- Python/Gurobi-Kenntnisse und/oder Programmierkenntnisse für OR-Teil

Betreuer: Daniel Müllerklein <Daniel.Muellerklein@ku.de>

2.8 Digitale Zwillinge in der Lieferkette für das Management von Supply-Chain-Risiken – SCM & OR

Thema

Die vergangenen Monate haben gezeigt, dass Störungen in der Supply Chain immer häufiger werden. Aus diesem Grund spielt die Resilienz eine immer wichtigere Rolle, um nach solchen Störungen möglichst schnell die Supply Chain wiederherzustellen bzw. gar die Auswirkungen der Störungen zu verringern. Hierbei ist die möglichst genaue Vorhersage von Störungen ein wichtiger Erfolgsfaktor innerhalb der Supply Chain.

Im Rahmen der Seminararbeit sollen die Schwierigkeiten bei der Vorhersage solcher Störungen herausgestellt und mögliche Prognosemethoden beschrieben werden (SCM-Teil). Im OR-Teil soll dies weiterhin durch ein quantitatives Modell untersucht werden. Hierfür kann auf einem realen Datensatz zu Transportstörungen aufgebaut werden. Die Wahl der Methodik (Simulation, Optimierung, Data Science) ist dabei dem Studierenden überlassen und kann mit dem Betreuer abgestimmt werden.

Relevante Punkte (Seminar SCM)

- Definition disruptiver Störungen und ihrer Bedeutung für Resilienz in der Supply Chain
- Beschreibung von Vorhersagemethoden für solche Ereignisse
- Analyse und Diskussion der Ergebnisse

Relevante Punkte (Seminar OR)

- Auswahl einer geeigneten Prognosemethodik
- Implementierung der Methodik
- Analyse und Diskussion basierend auf den Ergebnissen

Einstiegsliteratur

Baryannis, G., Validi, S., Dani, S., & Antoniou, G. (2019). Supply chain risk management and artificial intelligence: state of the art and future research directions. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2179-2202.

Nikolopoulos, K., Punia, S., Schäfers, A., Tsinopoulos, C., & Vasilakis, C. (2021). Forecasting and planning during a pandemic: COVID-19 growth rates, supply chain disruptions, and governmental decisions. *European journal of operational research*, 290(1), 99-115.

Brintrup, A., Pak, J., Ratiney, D., Pearce, T., Wichmann, P., Woodall, P., & McFarlane, D. (2020). Supply chain data analytics for predicting supplier disruptions: a case study in complex asset manufacturing. *International Journal of Production Research*, 58(11), 3330-3341.

Voraussetzungen für SCM-Seminar

- ab 2. Master-Semester, erfolgreicher Besuch der OR-Veranstaltung

Voraussetzungen für OR-Seminar

- Programmierkenntnisse

Betreuer: Daniel Müllerklein <Daniel.Muellerklein@ku.de>

2.9 Effektive Allokation von CO₂-Emissionen für die Paketauslieferung – SCM & OR

Thema

Seit geraumer Zeit bekommen Kunden für verschiedene Waren und Dienstleistungen Informationen zu den CO₂-Emissionen mitgeteilt, die der Konsum des jeweiligen Gutes verursacht. Auch bei der Durchführung von Touren, bspw. bei Online-Einkäufen, die nach Hause geliefert werden, fallen CO₂-Emissionen an. Da auf derartigen Auslieferungstouren allerdings dutzende Bestellungen ausgeliefert werden, stellt sich die Frage, wie der Anteil eines einzelnen Pakets quantifiziert werden kann.

Im Rahmen der Seminararbeit sollen deshalb einerseits Berechnungsgrundlagen zur Bestimmung der CO₂-Emissionen von B2C-Paketauslieferungstouren allgemein recherchiert werden, als auch verschiedene Ansätze zur Berechnung des Beitrags einzelner Kunden analysiert werden.

Relevante Punkte (Seminar SCM)

- Beschreibung der Problemstellung des *Cost Allocation* Problems und seines Zusammenhangs mit der Quantifizierung von CO₂-Emissionen für einzelne Kunden einer Tour
- Recherche aktueller Berechnungsgrundlagen
- Quantitativer Vergleich der Ansätze durch Evaluation von (simulierten) Beispieltouren

Relevante Punkte (Seminar OR)

- Untersuchung der Effekte unterschiedlicher Ansätze auf das Ergebnis der Tourenplanung, indem ein VRP-Modell mit unterschiedlichen Zielfunktionen gelöst wird (Implementierung des Modells bzw. einer bestehenden Heuristik in OPL/Gurobi/Java/Python/C++/...)

Einstiegsliteratur

Leenders, Bart PJ, Josué C. Velázquez-Martínez, and Jan C. Fransoo. Emissions allocation in transportation routes. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 57 (2017): 39-51.

Voraussetzungen für SCM-Seminar

- Keine besonderen Vorkenntnisse, ab 2. Master-Semester

Voraussetzungen für OR-Seminar

- Grundkenntnisse in Produktion und Logistik, ab 2. Master-Semester
- Erfolgreiche Teilnahme am Kurs Logistik und/oder OR
- Interesse an Programmierung

Betreuer: Markus Frank <markus.frank@ku.de>

2.10 Zeitliche Sendungsbündelung in der Tourenplanung – SCM & OR

Thema

Einen vielversprechenden Ansatz für mehr Nachhaltigkeit in der Tourenplanung zur Belieferung von Kunden stellt das Konzept der Sendungsbündelung dar. In diesem Thema soll für eine Untersuchung des Potentials der *zeitlichen* Sendungsbündelung das mehrperiodische Tourenplanungsproblem mit Due Dates (MVRPD) untersucht werden.

Beim MVRPD besitzt jeder Kunde einen (frühesten) spätesten Belieferungstag der nicht überschritten werden darf. Eine spätere Belieferung kann Lagerhaltungs- bzw. Wartekosten verursachen, während eine gemeinsame Belieferung örtlich naher Kunden am selben Tag große Einsparungen bei Transportemissionen und –kosten bietet. Es stellt sich also zusätzlich zu den klassischen Teilproblemen der Tourenplanung die Frage, an welchen Tagen Kunden beliefert werden sollen.

Relevante Punkte (Seminar SCM)

- Beschreibung der Problemstellung des MVRPD und einer möglichen Formulierung als Optimierungsmodell
- Abgrenzung des MVRPD zu ähnlichen VRP-Varianten (insb. PVRP, IRP und VRPTW)
- Analyse und Diskussion der Ergebnisse aus der Literatur hinsichtlich des Potentials des MVRPD

Relevante Punkte (Seminar OR)

- Implementierung des Modells bzw. einer bestehenden Heuristik in Excel/R/Java/Python/C++/...
- Analyse von numerischen Beispielen

Einstiegsliteratur

Claudia Archetti, Ola Jabali, M. Grazia Speranza (2015): Multi-period Vehicle Routing Problem with Due dates. *in: Computers & Operations Research*, Volume 61, Pages 122-134

Voraussetzungen für SCM-Seminar

- Keine besonderen Vorkenntnisse, ab 2. Master-Semester

Voraussetzungen für OR-Seminar

- Grundkenntnisse in Produktion und Logistik, ab 2. Master-Semester
- Erfolgreiche Teilnahme am Kurs Logistik und/oder OR
- Interesse an Programmierung

Betreuer: Markus Frank <markus.frank@ku.de>

2.11 Mehrstufige Netzwerkplanung im Einzelhandel – SCM & OR

Thema

Die Netzwerkstruktur eines Einzelhändlers hat aufgrund ihrer strategischen Bedeutung eine hohe Relevanz für den operativen Erfolg, sowohl in Bezug auf Logistikleistung als auch -kosten. Bei Standortentscheidungen werden meist Objekte auf nur einer Stufe in der Supply Chain betrachtet, beispielsweise bei der Standortplanung von Lägern, Cross-dock Zentren oder Filialen. In dieser Seminararbeit soll nun ein ganzheitlicher SCM Ansatz der Netzwerkplanung eines Einzelhändlers untersucht werden. Ziel der Arbeit ist es, wechselseitige Abhängigkeiten von Struktur- und Standortentscheidungen in der Supply Chain eines Einzelhändlers zu untersuchen, um letztendlich die Relevanz von integrativen Planungsansätzen bewerten zu können.

Relevante Punkte (Seminar SCM)

- Darstellung typischer Netzwerkstrukturen im Einzelhandel
- Beschreibung der Abhängigkeiten von Standortentscheidungen entlang der SC
- Aufbereitung relevanter Aspekte (z.B. Kostenarten), die bei einer integrativen Netzwerkplanung entscheidend sein können

Relevante Punkte (Seminar OR)

- Modellierung eines integrativen Planungsmodells (basierend auf Ansätzen aus der Literatur)
- Implementierung des Modells
- Numerische Experimente

Einstiegsliteratur

- Melo, M. et al. (2009), 'Facility location and supply chain management – a review', European Journal of Operational Research 196(2), p.401–412.
- Klose, A. (2001), 'Standortplanung in distributiven Systemen', Springer
- Shahabi, M. et al. (2013), 'Integrated Inventory Control and Facility Location Decisions in a Multi-Echelon Supply Chain Network with Hubs', Networks and Spatial Economics (13), p.497-514.
- Ross, A. and Jayaraman, V. (2008), 'An evaluation of new heuristics for the location of cross-docks distribution centers in supply chain network design', Computers & Industrial Engineering 55(1), p.64–79.

Voraussetzungen für SCM-Seminar

- Keine besonderen Vorkenntnisse, ab 2. Master-Semester

Voraussetzungen für OR-Seminar

- Grundkenntnisse in Logistik, ab 2. Master-Semester
- OPL oder Python/gurobi Kenntnisse

Betreuer: Tobias Potoczki <tobias.potoczki@ku.de>

2.12 Medikamentenauslieferung durch Drohnen – SCM & OR

Thema

Kliniken sind verpflichtet, eine größere Auswahl an Medikamenten ständig verfügbar zu haben sowie insbesondere auch spezielle Notfallmedikamente in kürzester Zeit für entsprechende Notfalleinsätze zur Verfügung zu stellen. Dies erfordert den Betrieb aufwendiger Notfallapotheken auch in regionalen Kliniken. Kleinere Kliniken werden hierbei häufig durch größere Kliniken beliefert. Derzeit erfolgt die Belieferung durch auf den Transport von Medikamenten spezialisierte Taxen. Nun kann die Versorgung der Patienten der Kliniken ohne Apotheke aus den Großkliniken mit eigener Apotheke durch automatisiert betriebene Drohnen realisiert werden. Dies hat auch Auswirkungen auf die verursachten Emissionen beim Transport, da bisher herkömmliche Dieselfahrzeuge für den Transport verantwortlich waren. Dieses Projekt wird unter dem Namen „MEDinTime“ unter anderem mit dem Klinikum Ingolstadt und der Ilmtalklinik Pfaffenhofen durchgeführt.

In der Seminararbeit soll die ökologische Nachhaltigkeit unter Wahl geeigneter Prämissen (z.B. ökologische Nachhaltigkeit der Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien) analysiert werden.

Relevante Punkte (Seminar SCM)

- Darstellung heutiger Lieferketten für die Medikamentenversorgung des Klinikums Ingolstadt an regionale Kliniken.
- Definition von Kennzahlen zur Messung der ökologischen Nachhaltigkeit von MEDinTime

Relevante Punkte (Seminar OR)

- Simulative Bewertung der Lieferkette unter dem Gesichtspunkt der ökologischen Nachhaltigkeit
- Sensitivitätsanalyse bei Variation verschiedener Parameter und Belieferungsszenarien

Einstiegsliteratur

Otto, A., Agatz, N., Campbell, J., Golden, B., and Pesch, E. (2018). Optimization approaches for civil applications of unmanned aerial vehicles (UAVs), or drones: A survey. *Networks*, 72, 411–458.

Figliozzi, Miguel. (2020). Carbon emissions reductions in last mile and grocery deliveries utilizing air and ground autonomous vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*.

Voraussetzungen für SCM-Seminar

- Keine besonderen Vorkenntnisse, ab 2. Master-Semester

Voraussetzungen für OR-Seminar

- ab 2. Master-Semester
- Erfolgreiche Teilnahme am Kurs Simulation

Betreuer: Alexander Rave <ARave@ku.de>