

# Themen Bachelorseminar Logistik

## 1 Transport

### **Thema 1** (*The Red-Blue Transportation Problem*)

Beim rot-blau Transportproblem handelt es sich um ein klassisches Transportproblem mit zusätzlichen Restriktionen. Beschreiben Sie diese Problemvariante, setzen Sie die beiden vorgestellten Modelle mittels einer (kostenlosen) Modellierungssprache (z.B. ZIMPL/SCIP) um und untersuchen Sie die verschiedenen Modelle anhand von Benchmarkinstanzen. (Vancroonenburg et al. 2014)

### **Thema 2** (*Das Fixkosten-Netzwerkflussproblem*)

Durch Berücksichtigung von Fixkosten für die Nutzung einer Verbindung zwischen zwei Knoten geht das klassische Netzwerkflussproblem (NFP) über in das Fixkosten-NFP. Untersuchen Sie exakte Modelle für das Fixkosten-NFP und setzen Sie diese mittels einer (kostenlosen) Modellierungssprache (z.B. ZIMPL/SCIP) um. (Rardin and Wolsey 1993)

### **Thema 3** (*Das elementare Kürzeste-Wege-Problem: Modelle*)

Beim elementaren Kürzesten-Wege-Problem darf im Gegensatz zum klassischen Kürzesten-Wege-Problem jeder Ort nur einmal besucht werden. Finden Sie Modelle für diese Variante und setzen Sie diese mittels einer (kostenlosen) Modellierungssprache (z.B. ZIMPL/SCIP) um. Analysieren Sie Vor- und Nachteile der umgesetzten Modelle in einer Rechenstudie. Taccari (2016)

### **Thema 4** (*Minimum Spanning Trees*)

Ein spannender Baum ist in der Graphentheorie ein Teilgraph, der alle Knoten des Ursprungsgraphen enthält, zusammenhängend ist und keine Kreise enthält. Er ist minimal, falls sein Kantengewicht unter allen spannenden Bäumen minimal ist. Geben Sie einen Überblick über das Problem und stellen Sie verschiedene Modelle vor. Setzen Sie verschiedene Modelle mittels einer (kostenlosen) Modellierungssprache (z.B. ZIMPL/SCIP) um und untersuchen Sie die Modelle anhand von Benchmarkinstanzen. (Tipp: Achten Sie insbesondere darauf welche Modelle sich für eine Umsetzung eignen.) (Abdelmaguid 2018)

## 2 Tourenplanung

### **Thema 5** (*Traveling Salesman Problem mit Zeitfenstern: Modelle*)

Eine wichtige Erweiterung des Traveling-Salesman-Problem (TSP) ist das TSP mit Zeitfenstern (TSPTW). Beschreiben und vergleichen Sie unterschiedliche Modelle für das TSPTW und setzen Sie mindestens zwei dieser Modelle mittels einer (kostenlosen) Modellierungssprache (z.B. ZIMPL/SCIP) um. Analysieren Sie die verschiedenen Modelle anhand von Benchmarkinstanzen. (Dash et al. 2012) und (Langevin et al. 1993)

### **Thema 6** (*Modellierung des Capacitated Vehicle Routing Problems*)

Beim Capacitated Vehicle Routing Problems (CVRP) geht es darum, mit einer Fahrzeugflotte alle Kunden zu bedienen. Jeder auszuliefernde Gegenstand eines Kunden hat ein Gewicht und jedes Fahrzeug hat nur eine bestimmte Kapazität. Ziel ist es, die Gesamtdistanz der von allen Fahrzeugen zurückgelegten Strecken zu minimieren, ohne die Kapazitätsrestriktionen zu verletzen. Beschreiben und vergleichen Sie unterschiedliche Modelle des CVRP. Setzen Sie mehrere dieser Modelle mittels einer (kostenlosen) Modellierungssprache (z.B. ZIMPL/SCIP) um und analysieren Sie die verschiedenen Modelle anhand von Benchmarkinstanzen. (Baldacci et al. 2004)

### **Thema 7** (*Modellierung des Generalized Traveling Salesman Problems*)

Beim Generalized Traveling Salesman Problems (GTSP) sind jeweils mehrere Kunden in Clustern zusammengefasst. Ziel ist es, aus jedem Cluster mindestens einen Kunden zu bedienen und dabei die zurückgelegte Strecke des Fahrzeugs zu minimieren. Beispielsweise ist eine Menge von Inseln gegeben, die alle beliefert werden müssen, aber der Lieferant darf sich jeweils aussuchen, welchen Hafen einer Insel er anfährt. Beschreiben Sie das Problem und vergleichen Sie mehrere Modellierungsmöglichkeiten. Setzen Sie dazu mehrere Modelle mittels einer (kostenlosen) Modellierungssprache (z.B. ZIMPL/SCIP) um und analysieren Sie diese anhand von Benchmarkinstanzen. Kara et al. (2012)

### **Thema 8** (*Parallel Drone Scheduling Traveling Salesman Problem*)

Beim Parallel Drone Scheduling Traveling Salesman Problem (PDSTSP) wird die Kundennachfrage auf ein Fahrzeug und eine Flotte aus Drohnen aufgeteilt. Das Fahrzeug fährt eine einzige Auslieferungstour. Die Drohnen liefern in Pendeltouren vom Depot startend aus. Es gibt verschiedene Möglichkeiten das PDSTSP zu modellieren. Beschreiben Sie diese Modelle, setzen Sie diese mittels einer (kostenlosen) Modellierungssprache (z.B. ZIMPL/SCIP) um und analysieren Sie die verschiedenen Modelle anhand von Benchmarkinstanzen. (Mbiadou Saleu et al. 2018) und (Klein and Becker 2021)

### **Thema 9** (*Mixed Chinese Postman Problem*)

Als Briefträgerproblem bezeichnet man die Minimierung des Wegs, den ein Briefträger zurücklegen muss. Dafür müssen eine Menge an Straßen in ihrer gesamten Länge abgelaufen werden. Um jede Straße zu betreten, müssen einige mehrfach durchlaufen werden. Insgesamt soll jedoch die zurückgelegte Strecke minimiert werden. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, das MCPMP zu modellieren. Beschreiben Sie diese Modelle, setzen Sie diese mittels einer (kostenlosen) Modellierungssprache (z.B. ZIMPL/SCIP) um und analysieren Sie die verschiedenen Modelle anhand von Benchmarkinstanzen. (Nobert and Picard 1996)

### **Thema 10** (*Knotenfärbungsproblem*)

Gegeben sei eine Menge von Jobs, die jeweils einem Zeitslot zugeordnet werden sollen. Die Jobs können in beliebiger Reihenfolge durchgeführt werden, aber es gibt Jobs, die nicht gleichzeitig durchgeführt werden können. Dies ist ein einfaches Anwendungsbeispiel des Knotenfärbungsproblems. Der zugehörige Graph besteht aus einem Knoten für jeden Job und einer Kante für Jobs, die in Konflikt stehen. Beim Knotenfärbungsproblem sollen die Knoten eines Graphen so eingefärbt werden, dass (i) zwei Knoten, die mit einer Kante verbunden sind, unterschiedlich eingefärbt sind und (ii) die Anzahl an verwendeten Farben minimiert wird. Geben Sie einen Überblick über das Knotenfärbungsproblem und stellen Sie mehrere Modelle vor. Setzen Sie mindestens ein Modell um und vergleichen Sie unterschiedliche Strategien zur Symmetriereduktion. (Lewis 2016; Kapitel 3.1)

## 3 Cutting und Packing

### **Thema 11** (*Multiple Knapsack Problem*)

Beim Multiple Knapsack Problem (MKP) ist eine Menge von Gegenständen mit zugehörigen Profiten und Gewichten gegeben. Im Gegensatz zum klassischen Rucksackproblem ist beim MKP eine Menge von Rucksäcken unterschiedlicher Kapazität gegeben. Ziel ist es, eine profitmaximale Teilmenge der Gegenstände zu finden, die so in die Rucksäcke gepackt werden kann, dass die Kapazität der einzelnen Rucksäcke nicht überschritten wird. Geben Sie einen Überblick über das Problem und stellen Sie Modelle bzw. Lösungsverfahren zum Finden optimaler Lösungen und oberer Schranken vor. Setzen Sie ein exaktes Modell, die zugehörige LP-Relaxation und ein weiteres, relaxiertes Modell mittels einer (kostenlosen) Modellierungssprache (z.B. ZIMPL/SCIP) um. (Kellerer et al. 2004; Kapitel 10)

### **Thema 12** (*Cutting Stock Problem*)

Beim Cutting Stock Problem sind Stücke gleicher Länge gegeben, die in kleinere Stücke geschnitten werden sollen. Ziel ist es, alle kleinen Stücke aus so wenig Ausgangsmaterial wie möglich auszuschneiden. Valério de Carvalho (1999) stellt ein Arc-flow-Modell vor. Beschreiben Sie das Problem und Modell(e) und setzen Sie das Modell von Valério de Carvalho mittels einer (kostenlosen) Modellierungssprache (z.B. ZIMPL/SCIP) um.

### **Thema 13** (*Variable Sized Bin Packing Problem*)

Beim Variable Sized Bin Packing Problem (VSBP) sind Gegenstände in Container unterschiedlicher Größe zu packen. Beschreiben Sie das Problem und Modelle und setzen Sie diese mittels einer (kostenlosen) Modellierungssprache (z.B. ZIMPL/SCIP) um. Correia et al. (2008)

## 4 Scheduling und Graphen

### **Thema 14** (*Single Machine Scheduling*)

Im Rahmen des Scheduling wird die Zuordnung von (beschränkten) Ressourcen zu Aktivitäten geplant. Scheduling-Probleme treten in vielen Bereichen wie bspw. der Produktions- und Personaleinsatzplanung, der Gestaltung von Fahr- und Stundenplänen sowie im Bereich Betriebssysteme und Datenbanktechnik auf. Beim Single-Machine-Scheduling muss eine gegebene Menge an Aufträgen mit unterschiedlichen Bearbeitungszeiten auf einer einzigen Maschine so eingeplant werden, dass ein bestimmtes Ziel wie z. B. die Summe der Fertigstellungszeiten optimiert wird. Beschreiben Sie unterschiedliche Modelle für Single-Machine-Planungsprobleme und setzen Sie diese mittels ZIMPL/SCIP um. Analysieren Sie Vor- und Nachteile der umgesetzten Modelle in einer Rechenstudie. (Keha et al. 2009)

### **Thema 15** (*Maximum Induced Matching Problem*)

Beim Maximum Induced Matching Problem (MIMP) müssen je zwei Knoten zu Paaren geordnet werden, wobei im Gegensatz zum klassischen Matching die Knoten verschiedener Paare einen gewissen Mindestabstand aufweisen müssen. Beschreiben Sie unterschiedliche Modelle für das MIMP und setzen Sie diese mittels ZIMPL/SCIP um. Analysieren Sie Vor- und Nachteile der umgesetzten Modelle in einer Rechenstudie. (Ahat et al. 2018)

### **Thema 16** (*Connected Components Graph Partitioning*)

Beim Connected Components Graph Partitioning (CCGP) wird ein Graph in eine vorgegebene Anzahl Teilgraphen mit jeweils mindestens einer bestimmten Größe aufgeteilt, wobei die Gesamtkosten der innerhalb der Teilgraphen verbleibenden Kanten minimiert werden. Beschreiben Sie unterschiedliche Modelle für das CCGP und setzen Sie diese mittels ZIMPL/SCIP um. Analysieren Sie Vor- und Nachteile der umgesetzten Modelle in einer Rechenstudie. (Cordero et al. 2025)

## 5 Standortplanung

### **Thema 17** (*Das $p$ -Center Problem: Modelle*)

Im  $p$ -Center Problem (PCP) wird jedem Kunden ein Standort zugeordnet, so dass das Maximum der (gewichteten) Distanzen zwischen Kunden und zugeordneten Standorten minimal ist. Es gibt verschiedene Möglichkeiten das PCP zu modellieren. Beschreiben Sie diese Modelle, setzen Sie diese mittels einer (kostenlosen) Modellierungssprache (z.B. ZIMPL/SCIP) um und analysieren Sie die verschiedenen Modelle anhand von Benchmarkinstanzen. (Elloumi et al. 2004)

### **Thema 18** (*Warehouse Location Problem mit Kundenpräferenzen*)

Das Warehouse Location Problem gehört zu den klassischen Problemen der Standortplanung. Eine Erweiterung des Warehouse Location Problems ist der Einbeziehungen von Kundenpräferenzen. Hierbei muss jeder Kunde von dem Standort aus der Menge der geöffneten Standorte beliefert werden, zu welche er die größte Präferenz hat. Beschreiben Sie diese Modelle, setzen Sie diese mittels einer (kostenlosen) Modellierungssprache (z.B. ZIMPL/SCIP) um und analysieren Sie den Einfluss der verschiedenen Erweiterungen anhand von Benchmarkinstanzen. (Hansen et al. 2004), (Aikens 1985)

### **Thema 19** (*Standortplanung mit nicht-konventionellen Anforderungen*)

Im  $p$ -dispersion Problem geht es um Standortentscheidungen für unerwünschte Anlagen wie beispielsweise Mülldeponien, Lagern im militärischen Bereich oder Atomkraftwerken. Es gibt verschiedene Möglichkeiten das  $p$ -dispersion Problem zu modellieren. Beschreiben Sie diese Modelle, setzen Sie diese mittels einer (kostenlosen) Modellierungssprache (z.B. ZIMPL/SCIP) um und analysieren Sie die verschiedenen Modelle anhand von Benchmarkinstanzen. (Sayah and Irnich 2017)

## 6 Produktionsplanung

### **Thema 20** (*Dynamische Losgrößenplanung mit Nachfragezeitfenstern*)

Das Dynamic Lot-Sizing Problem with Demand Time Windows ist eine Erweiterung des klassischen Dynamic Lot-Sizing Problems, bei dem Kunden ein Zeitintervall für die Lieferung angeben. Beschreiben Sie diese Problemvariante und setzen Sie das vorgestellte Modell z.B. mit ZIMPL/SCIP um. Untersuchen Sie außerdem die Sensitivität bezüglich verschiedener Parameter in einer Rechenstudie und analysieren Sie die Ergebnisse. (Lee et al. 2001)

### **Thema 21** (*Job Grouping Problem*)

Das Job Grouping Problem (JGP) beschäftigt sich mit der Zuordnung von Jobs, für die bestimmte Werkzeuge benötigt werden, zu flexiblen, identischen Maschinen, sodass die Anzahl der eingesetzten Maschinen minimiert wird. Da es sich um identische Maschinen handelt, können Symmetrie-Effekte die Optimierung solcher Probleme erschweren. Beschreiben und implementieren Sie verschiedene Modelle des JGP mithilfe von z.B. ZIMPL/SCIP und vergleichen Sie diese anhand von Instanzen aus der Literatur oder selbst erstellter Instanzen im Rahmen einer Rechenstudie. (Jans and Desrosiers 2013)

## 7 Sonstiges

### **Thema 22** (*Soziale Netzwerke: Relaxationen des Cliques-Konzepts*)

Bei der Analyse von (sozialen) Netzwerken spielen Cliques, d.h. vollständige Teilgraphen, eine herausgehobene Rolle. Oftmals ist die Bedingung der Vollständigkeit, die an eine Clique gestellt wird, zu streng. Daher wurden verschiedene Relaxationen des Cliquesbegriffs in der Literatur eingeführt. Stellen Sie anhand des Artikels von Pattillo et al. (2013) die Konzepte relaxierter Cliques vor und setzen Sie mehrere Modelle beispielhaft in der Modellierungssprache ZIMPL um.

# Literatur

- Tamer F Abdelmaguid. An efficient mixed integer linear programming model for the minimum spanning tree problem. *Mathematics*, 6(10):183, 2018. doi: 10.3390/math6100183.
- Betül Ahat, Tınaz Ekim, and Z. Caner Taşkın. Integer programming formulations and benders decomposition for the maximum induced matching problem. *INFORMS Journal on Computing*, 30(1):43–56, 2018. doi: 10.1287/ijoc.2017.0764. URL <https://doi.org/10.1287/ijoc.2017.0764>.
- Charles Hal Aikens. Facility location models for distribution planning. *European Journal of Operational Research*, 22(3):263 – 279, 1985. doi: 10.1016/0377-2217(85)90246-2.
- Roberto Baldacci, Eleni Hadjiconstantinou, and Aristide Mingozzi. An exact algorithm for the capacitated vehicle routing problem based on a two-commodity network flow formulation. *Operations Research*, 52:723–738, 2004. doi: 10.1287/opre.1040.0111.
- Mishelle Cordero, Andrés Miniguano–Trujillo, Diego Recalde, Ramiro Torres, and Polo Vaca. Optimizing connected components graph partitioning with minimum size constraints using integer programming and spectral clustering techniques. *Networks*, 85(3):245–260, 2025. doi: <https://doi.org/10.1002/net.22257>. URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/net.22257>.
- Isabel Correia, Luís Gouveia, and Francisco Saldanha da Gama. Solving the variable size bin packing problem with discretized formulations. *Computers Operations Research*, 35(6):2103–2113, 2008. ISSN 0305-0548. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2006.10.014>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305054806002747>. Part Special Issue: OR Applications in the Military and in Counter-Terrorism.
- Sanjeeb Dash, Oktay Günlük, Andrea Lodi, and Andrea Tramontani. A time bucket formulation for the traveling salesman problem with time windows. *INFORMS Journal on Computing*, 24(1):132–147, 2012. doi: 10.1287/ijoc.1100.0432.
- Sourour Elloumi, Martine Labbé, and Yves Pochet. A new formulation and resolution method for the  $p$ -Center problem. *INFORMS Journal on Computing*, 16(1):84–94, 2004. doi: 10.1287/ijoc.1030.0028.
- Pierre Hansen, Yuri Kochetov, and Nenad Mladenović. Lower bounds for the uncapacitated facility location problem with user preferences. In V. Eremeev (ed.), editor, *Proceedings of 2nd International Workshop Discrete Optimization Methods in Production and Logistics*, pages 50–55, January 2004.
- Raf Jans and Jacques Desrosiers. Efficient symmetry breaking formulations for the job grouping problem. *Computers & Operations Research*, 40(4):1132–1142, 2013. doi: 10.1016/j.cor.2012.11.017.
- Imdat Kara, Huseyin Guden, and Ozge N Koc. New formulations for the generalized traveling salesman problem. In *Proceedings of the 6th International Conference on Applied Mathematics, Simulation, Modelling, ASM*, volume 12, pages 60–65, 2012.
- Ahmet B Keha, Ketan Khowala, and John W Fowler. Mixed integer programming formulations for single machine scheduling problems. *Computers & Industrial Engineering*, 56(1):357–367, 2009. doi: 10.1016/j.cie.2008.06.008.
- Hans Kellerer, Ulrich Pferschy, and David Pisinger. *Knapsack Problems*. Springer, Berlin, 2004. ISBN 978-3540402862.

- Tobias Klein and Peter Becker. Exact separation algorithms for the parallel drone scheduling traveling salesman problem. In *Computational Logistics: 12th International Conference, ICCL 2021, Enschede, The Netherlands, September 27–29, 2021, Proceedings 12*, pages 377–392. Springer, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-87672-2\_25.
- André Langevin, Martin Desrochers, Jacques Desrosiers, Sylvie Gélinas, and François Soumis. A two-commodity flow formulation for the traveling salesman and the makespan problems with time windows. *Networks*, 23(7):631–640, 1993. doi: 10.1002/net.3230230706.
- Chung-Yee Lee, Sila Çetinkaya, and Albert P. M. Wagelmans. A dynamic lot-sizing model with demand time windows. *Management Science*, 47(10):1384–1395, 2001. doi: 10.1287/mnsc.47.10.1384.
- Rhyd M. R. Lewis. *A Guide to Graph Colouring: Algorithms and Applications*. Springer, Cham, 1 edition, 2016. ISBN 978-3319257280. doi: 10.1007/978-3-319-25730-3.
- Raïssa G Mbiadou Saleu, Laurent Deroussi, Dominique Feillet, Nathalie Grangeon, and Alain Quilliot. An iterative two-step heuristic for the parallel drone scheduling traveling salesman problem. *Networks*, 72(4):459–474, 2018. doi: 10.1002/net.21846.
- Yves Nobert and Jean-Claude Picard. An optimal algorithm for the mixed chinese postman problem. *Networks*, 27(2):97–108, March 1996. ISSN 1097-0037. doi: 10.1002/(sici)1097-0037(199603)27:2<97::aid-net1>3.0.co;2-8. URL [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0037\(199603\)27:2<97::AID-NET1>3.0.CO;2-8](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0037(199603)27:2<97::AID-NET1>3.0.CO;2-8).
- Jeffrey Pattillo, Nataly Youssef, and Sergiy Butenko. On clique relaxation models in network analysis. *European Journal of Operational Research*, 226(1):9–18, 2013. doi: 10.1016/j.ejor.2012.10.021.
- Ronald L. Rardin and Laurence A. Wolsey. Valid inequalities and projecting the multicommodity extended formulation for uncapacitated fixed charge network flow problems. *European Journal of Operational Research*, 71(1):95–109, 1993. ISSN 0377-2217. doi: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(93\)90263-M](https://doi.org/10.1016/0377-2217(93)90263-M). URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037722179390263M>.
- David Sayah and Stefan Irnich. A new compact formulation for the discrete p-dispersion problem. *European Journal of Operational Research*, 256(1):62–67, 2017. ISSN 0377-2217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.06.036>.
- Armin Scholl and Stefan Voss. Simple assembly line balancing – heuristic approaches. *Journal of Heuristics*, 2(3):217–244, 1997. doi: 10.1007/bf00127358.
- Leonardo Taccari. Integer programming formulations for the elementary shortest path problem. *European Journal of Operational Research*, 252(1):122–130, 2016. doi: 10.1016/j.ejor.2016.01.003.
- Jose M. Valério de Carvalho. Exact solution of bin-packing problems using column generation and branch-and-bound. *Annals of Operations Research*, 86:629–659, 1999. doi: 10.1023/a:1018952112615.
- Wim Vancroonenburg, Federico Della Croce, Dries Goossens, and Frits C.R. Spieksma. The red–blue transportation problem. *European Journal of Operational Research*, 237(3):814–823, 2014. doi: 10.1016/j.ejor.2014.02.055.
- Howard J. Weiss. Teaching note - implementing line balancing heuristics in spreadsheets. *INFORMS Transactions on Education*, 13(2):114–125, January 2013. doi: 10.1287/ited.1120.0096.