

# Projektplanung und Scheduling, insbesondere in der Logistik

22.02 – 23.02.2018  
Bonn



Deutsche Post DHL  
Group

## Agenda

### Arbeitsgruppensitzung: Projektplanung und Scheduling, insbesondere in der Logistik

mit freundlicher Unterstützung durch die  
**Deutsche Post DHL Group**

22. bis 23. Februar 2018

#### Tagungsablauf:

##### Donnerstag, 22.02.2018:

**10:00 Uhr** Beginn der Arbeitsgruppensitzung & Begrüßung

**10:20 Uhr** Praxisvortrag DP-DHL

**11:00 Uhr** Pause

**11:20 Uhr** *Dominic Brenner & Friedhelm Kulmann* - Prozessorientierte Ablaufplanung für den Versand von Studienmaterialien der FernUniversität in Hagen

**12:00 Uhr** Mittagessen

**13:00 Uhr** *Alena Otto* - Sequencing at several-piece-flow assembly lines

**13:40 Uhr** *Luise-Sophie Hoffmann* - Planung von mehreren ressourcenbeschränkten flexiblen Projekten mit Genetischen Algorithmen

**14:20 Uhr** Pause

**14:30 Uhr** *Stephan Bugow* - Zuordnung ankommender LKW zu Entladetoren von Paketsortieranlagen unter Berücksichtigung flexibler Entladegeschwindigkeiten

**15:10 Uhr** *Niklas Paulsen* - Complexity of Fixed Tour Scheduling with Soft Maximal Ride Times

**19:00:** Get Together (Selbstzahler) im **Brauhaus Bönnsch** <http://www.boennsch.de>  
Sterntorbrücke 4, 53111 Bonn

##### Freitag, 23.02.2018:

**09:00 Uhr** *Illa Weiss* - The Resource Transfer Problem: A Framework for Integrated Routing and Scheduling Problems

**09:40 Uhr** *Klaus Jansen* – Non-Preemptive Scheduling with Setup Times

**10:20 Uhr** Pause

**10:30 Uhr** *André Schnabel* - Gewinnmaximierende Planung ressourcenbeschränkter Projekte mit flexibler Kapazität und projektdauerabhängigen Erlösen

**11:10 Uhr** *Lennart Zey* - Interference aware scheduling of triple-crossover-cranes

**11:50 Uhr** *Dirk Briskorn* - Drone delivery from trucks: Drone scheduling for given truck routes

**12:30 Uhr** Mittagessen

#### Anfahrt:

##### Lage des Posttowers und der Tagungsräumlichkeiten:

Post Tower  
Charles-de-Gaulle-Straße 20  
53113 Bonn

##### Anreise mit der öffentlichen Verkehrsmitteln

Der Posttower kann über die Straßenbahnhaltestelle *Heussallee/ Museumsmeile* mit den Linien 16,63,66 und 68 erreicht werden. Die Busanfahrt ist mit der Linie 610 über die Haltestelle *Post Tower* möglich.

Die genannten Bahn-/ Buslinien sind von Bonn HBF erreichbar

##### Anreise per PKW

Die Besuchertiefgarage P2 ist über die Charles-de-Gaulle Straße mit dem PKW erreichbar.

## **Prozessorientierte Ablaufplanung für den Versand von Studienmaterialien der FernUniversität in Hagen – Optimierte Bereitstellungsplanung für die Kommissionierung –**

Friedhelm Kulmann und Dominic Brenner

Die FernUniversität in Hagen besteht seit mehr als 40 Jahren und ermöglicht derzeit 74.000 Studierenden auch neben Beruf und Familie mit dem Studium einen akademischen Abschluss zu erlangen. Sie ist mit vier Fakultäten, der Universitätsbibliothek sowie dem Zentrum für Medien und IT zu einem wesentlichen Teil auf Fernlehre ausgerichtet, so dass dem eigenen Logistikzentrum (LGZ) als wichtigem Bestandteil der Organisationsstruktur und Schaltstelle für den Studienmaterialversand eine bedeutende Rolle zukommt. Die vielschichtigen Prozesse im LGZ unterliegen in ihren Abläufen einer ständigen Überprüfung und Kontrolle. Nicht zuletzt wegen sich verändernder Sortimentsstrukturen, individuellem Beleg-/Bestellverhalten sowie steigender Studierendenzahlen ist es immer wieder erforderlich, Veränderungen in den Versandrahmenbedingungen rechtzeitig zu erkennen, zu analysieren und zeitnah in operative Maßnahmen umzusetzen.

Im Fokus steht die Bereitstellungsplanung für die nachfolgende Kommissionierung, zu der nach eingehender Analyse praxisgeleitete Vorschläge für mögliche Verbesserungen erarbeitet werden. Ein Ansatzpunkt ist dabei, das Massengeschäft und die Kommissionierung von Kleingruppen sowie Individualaufträgen zu unterscheiden. Ziel ist es, durch den Einsatz von Optimierungsmethoden eine Entlastung im Massengeschäft bei gleichzeitiger Effizienzsteigerung zu erreichen.

Zu Beginn des Vortrags wird ein Überblick zu Funktionen und Aufgaben des Logistikzentrums als Dienstleister der FernUniversität gegeben. Es schließt sich eine Darstellung der Organisation des Studienmaterialversands mit den zugehörigen Prozessschritten an. Nach einer für die Optimierung notwendigen Zielanalyse werden mögliche Optimierungspotenziale bei der Materialbereitstellungsplanung (MBP) konkretisiert, und es wird ein erstes Modell für die Optimierung der MBP vorgestellt. Dabei steht die Bereitstellung der Materialien auf Paletten (Massengeschäft) im Vordergrund, wozu entsprechende Rahmenbedingungen erläutert werden.

Nach Präsentation verschiedener Varianten der Modellierung bei unterschiedlicher, teilweise sogar konträrer Zielsetzung wie etwa „maximale Pickzahlen“ oder „minimale Bereitstellungsfläche“, werden mittels Fuzzy-Linearer-Programmierung die Ansätze zusammengeführt.

Beispielhaft wird ein sogenannter Hauptversand betrachtet, für den ca. 8000 unterschiedliche Kombinationen mit hohen Wiederholraten zu kommissionieren sind, wobei grundsätzlich aus ca. 1000 Artikeln ausgewählt werden kann. Die Daten kommen direkt aus entsprechenden SAP Modulen und werden so aufbereitet, dass mittels GAMS und CPLEX derartige Probleme berechenbar sind. Es wird ermittelt, welche Artikel in welcher Reihenfolge bereitgestellt werden müssen, um vor dem Hintergrund der gewählten Modellierung zu optimalen Ergebnissen zu gelangen.

Mit der Präsentation bisheriger Resultate wird zum Abschluss aufgezeigt, welche Teile der Optimierung in der Praxis bereits Berücksichtigung finden und welche Schritte sich für die weitere Verbesserung der Abläufe beim Studienmaterialversand anschließen können.

## **Sequencing at several-piece-flow assembly lines**

Alena Otto, Xiyu Li, Erwin Pesch

Consider a simultaneous lotsizing and scheduling problem arising at paced assembly lines producing highly customized workpieces. Several workpieces, forming a lot, visit serially arranged stations. A lot spends a certain amount of time, called cycle time, at a station. Afterwards, it is moved to the next station with some conveyor mechanism. Although the sets of tasks performed at each station are given, customized workpieces need different processing times at each station. Since workpieces are associated with customer orders, they also have to be processed before their due dates and tardiness should be possibly avoided. We assign workpieces to lots and determine a sequence of lots to minimize the total weighted tardiness, so that the processing time of any lot at any station does not exceed the cycle time. We discuss the motivation behind the optimization problem on several manufacturing examples, set up a model and propose an effective heuristic algorithm.

## Planung von mehreren ressourcenbeschränkten flexiblen Projekten mit Genetischen Algorithmen

Luise-Sophie Hoffman

Flexible Projekte zeichnen sich dadurch aus, dass die Projektstruktur nicht fest vorgegeben ist. Stattdessen hängt sie von Entscheidungen ab, in denen aus einer Menge optionaler Arbeitsgänge genau ein Arbeitsgang ausgewählt werden muss. Die Auswahl eines solchen Arbeitsgangs kann weitere Arbeitsgänge oder Entscheidungen auslösen. Aus diesem Grund muss bei der Planung flexibler Projekte neben dem Ablaufplan auch die Projektstruktur modellendogen bestimmt werden.

Ein Beispiel für ein solches flexibles Projekt ist die Regeneration von Flugzeugtriebwerken. Dabei stehen für die Triebwerke technisch unterschiedliche Reparaturoptionen zur Verfügung, wodurch eine flexible Projektstruktur entsteht. Diese Triebwerksreparaturen werden in der Regel von externen Dienstleistern durchgeführt, die mit beschränkten Ressourcen mehrere unterschiedliche Regenerationsprojekte parallel bearbeiten. Die daraus resultierende Problemstellung wird durch das ressourcenbeschränkte Multiprojektplanungsproblem mit flexiblen Projektstrukturen (RCMPSP-PS) abgebildet.

In dem Vortrag wird das RCMPSP-PS vorgestellt. Weiterhin werden unterschiedliche Varianten von Genetischen Algorithmen zur Lösung dieser Problemstellung gezeigt und numerisch bewertet. Die Genetischen Algorithmen unterscheiden sich hinsichtlich der Lösungsrepräsentation und der Erzeugung nachfolgender Populationen.

## Zuordnung ankommender LKW zu Entladetoren von Paketsortieranlagen unter Berücksichtigung flexibler Entladegeschwindigkeiten

Stephan Bugow

Bei der Optimierung von Paketsortieranlagen werden unter anderem ankommende LKW den Entladetoren zugeordnet. Diese LKW sind mit Paketen für unterschiedliche Zielorte beladen. Nach der Entladung werden die Pakete sortiert und, häufig unter Verwendung von Fließbändern, zu abfahrenden LKW an verschiedenen Beladetoren transferiert. Zielsetzungen der Optimierung sind dabei regelmäßig die Minimierung der Gesamtentladedauer oder der Verspätung der einzelnen LKW an den Beladetoren.

Bei der Zuordnung der ankommenden LKW sind unter anderem Restriktionen bezüglich der Bandkapazitäten im Inneren der Sortieranlage zu beachten. Numerische Untersuchungen haben gezeigt, dass es sich für eine gleichmäßige Auslastung der Fließbänder und entsprechend eine effiziente Nutzung der vorhandenen Kapazitäten anbietet, flexible Entladegeschwindigkeiten zuzulassen, sodass der Paketstrom aus den einzelnen LKW gesteuert werden kann.

Im Rahmen des Vortrages werden verschiedene Ansätze zur Modellierung der Problemstellung unter besonderer Beachtung flexibler Entladezeiten vorgestellt und im Rahmen einer numerischen Untersuchung bewertet.

## Complexity of Fixed Tour Scheduling with Soft Maximal Ride Times

Niklas Paulsen

Many practical routing problems contain time windows and ride time constraints for pickup-delivery requests. For a tour, given as a sequence of pickup and delivery stops, there exist polynomial time algorithms to find a schedule respecting those constraints provided that there exists one. However, if no feasible schedule exists, the natural question is to find a schedule minimising constraint violations. We model a simple but generic fixed-sequence scheduling problem, allowing lateness and ride time violations with linear penalty functions and prove its NP-completeness. On the other hand, we present polynomial time algorithms for various special cases.

## **The Resource Transfer Problem: A Framework for Integrated Routing and Scheduling Problems**

Illa Weiss, Christoph Schwindt

Most papers dealing with vehicle routing or scheduling problems are devoted to classical problems like the capacitated vehicle routing problem with time windows, the pickup and delivery problem, or the resource-constrained project scheduling problem. In practical applications, however, there generally exist requirements which do not fit these basic problems. If these requirements are not considered in the planning process, the resulting schedules may require considerable rework before they can be implemented, or may even be infeasible for practical use. On the other hand, adapting a routing or scheduling procedure designed for a basic problem to a more general problem is often very costly and may lead to inefficient algorithms if the modifications lead to changes in the problem structure. Hence, most of the solution approaches presented in the literature cannot be easily adapted to complex real-life instances combining several non-standard problem features. Only few papers address more general concepts that allow to cover diverse practical requirements.

The resource transfer problem (RTP) is a modeling and solution framework for integrated routing and scheduling problems. We consider activities that have to be performed at different locations in a network, which might, e. g., correspond to pickups or deliveries of goods at customer locations, visits of patients to ambulant medical care services, manufacturing tasks, or tasks of projects to be carried out at different sites. Each activity can be represented as a pair of its start and completion event. In order to perform the activities, a set of resources like vehicles, machines, handling facilities, or personnel is required. The resources may be transferred between the locations in the network, where sequence- and resource-dependent transfer times have to be observed. The RTP consists in scheduling the events subject to generalized precedence relations, which define minimum and maximum time lags between them. Moreover, we consider unit-inclusion constraints for pairs of events stating that they must share a subset of resource units and unit-incompatibility constraints imposing the converse condition. This approach allows for modeling and solving various types of vehicle routing problems, scheduling problems, as well as their hybrids in a unified way. Many constraints and specific requirements arising in practical vehicle routing and scheduling applications can be included. Examples of specific vehicle routing features which are covered are heterogeneous vehicles, multiple commodities, synchronization requirements like minimum or maximum time lags between visits, spatial coordination requirements, and site-dependencies. The scheduling part of the resource transfer problem includes, e. g., multiple execution modes of the activities, sequence-dependent changeover times, multi-site scheduling, and limited buffers. To solve the RTP we propose a time-oriented branch-and-bound algorithm incorporating constraint-propagation techniques to reduce the search space. While the branch-and-bound algorithm enumerates the occurrence times and modes of the events, the allocation of resource units is affected by solving a subproblem for given occurrence times and modes. This subproblem can be represented as a minimum flow problem with side constraints, which we solve using a linear-programming based procedure.

## **Non-Preemptive Scheduling with Setup Times**

Klaus Jansen

Consider the following scheduling problem: a set of  $n$  jobs is to be processed without preemption on  $m$  identical machines. The jobs are partitioned into classes. Before jobs from a class can be processed on a machine, a setup is required, whose duration depends on the class. The objective is to schedule all jobs while minimizing the completion time of the last job, also known as the makespan.

We present and analyze three polynomial algorithms for this problem. The first algorithm follows a next-fit strategy and has approximation ratio 3.

The second is a very efficient algorithm with approximation ratio arbitrarily close to 2. The last algorithm is a polynomial time approximation scheme.

This is joint work with Felix Land (Univ. Kiel).

## **Gewinnmaximierende Planung ressourcenbeschränkter Projekte mit flexibler Kapazität und projektdauerabhängigen Erlösen**

André Schnabel

Die Wiederaufbereitung von Flugzeugtriebwerken weist einen Projektcharakter auf. Entscheider in diesem industriellen Umfeld werden bei der Planung derartiger Projekte mit dem Zielkonflikt zwischen der Minimierung von Überstundenkosten auf der einen Seite und der mit zunehmender Projektdauer sinkenden Zahlungsbereitschaft der Kunden auf der anderen Seite konfrontiert. Obwohl es bekannte Erweiterungen des in der Literatur vielfach untersuchten ressourcenbeschränkten Projektplanungsproblems (RCPSP) gibt, welche einige Aspekte dieser Situation abbilden können, ist die spezifische Konstellation von simultaner Optimierung der Projektdauer in Kombination mit flexiblen Ressourcenkapazitäten in dieser konkreten Ausprägung neuartig und bisher noch nicht in der Literatur zur Projektplanung betrachtet worden.

Das ressourcenbeschränkte Projektplanungsproblem mit Erlösen und kostenbehafteten Überstunden (RCPSP-ROC) verallgemeinert das RCPSP um die Möglichkeit der Nutzung von kostenpflichtigen Überstunden auf Periodenbasis zur Verkürzung der Projekte durch zusätzliche Parallelisierung von Arbeitsgängen. Weiterhin werden kundenspezifische Erlöse, welche von der Durchlaufzeit des Projekts abhängen, in die Modellierung miteinbezogen. Das RCPSP-ROC, als Verallgemeinerung des RCPSP, ist NP-schwer. Daher ist es mit hoher Wahrscheinlichkeit unmöglich, exakte Lösungsverfahren zu konstruieren, welche Instanzen mit praxisnaher Problemgröße in akzeptabler Zeit lösen können. Aus diesem Grund wurden heuristische Verfahren zur Lösung dieser Problemstellung entworfen und implementiert.

Als Kernbestandteile dieser Heuristiken wurden problemspezifische Lösungskodierungen für das RCPSP-ROC entwickelt. Diese Lösungsrepräsentationen wurden in Genetischen Algorithmen und LocalSolver, einer kommerziellen auf Lokalsuche basierenden Blackbox-Optimierungssoftware, verwendet. Sowohl die unterschiedlichen Lösungsdarstellungen als auch die heuristischen Lösungsansätze wurden in einer ausführlichen numerischen Studie miteinander verglichen. Die Ergebnisse bestätigen die Möglichkeit der Konstruktion von effizienten Verfahren zur Lösung des RCPSP-ROC durch die Anpassung und Kombination von Ideen aus der Projektplanungsliteratur für kosten- und zeitbasierte Zielfunktionen.

## **Interference aware scheduling of triple-crossover-cranes**

Lennart Zey

In recent years the need for efficient processes in sea ports has grown due to the increasing volume of maritime transport. With the help of Automated Stacking Cranes (ASCs) which store and relocate containers in container blocks the corresponding storage processes can be improved significantly concerning time and productivity. The triple-crossover-crane setting, with one large crane that can cross two small cranes of equal height and width, is a setup that promises high productivity in container handling. Nonetheless, with a growing number of cranes working jointly in a storage block, interference between cranes likely increases. Thus, the full potential of the crane setting can only be achieved when taking into account conflicts between cranes in a planning procedure. Aiming at minimal makespan, we develop a branch-and-bound approach that assigns container-jobs to cranes, determines fulfillment sequences and routes the cranes such that the schedules are conflict free. In this talk we present both, an exact as well as a heuristic variant and compare the numerical results.

## **Drone delivery from trucks: Drone scheduling for given truck routes**

Dirk Briskorn

Given a fixed sequence of stops constituting a truck route and a set of customers to be supplied, we aim at a drone schedule (i.e., a set of trips each defining a drone's take-off and landing positions and the customers serviced), such that all customers are supplied and the total duration of the delivery tour is minimized. We provide an analysis of computational complexity for each resulting subproblem and present MIP models.