

Professur für Industrielles Management
Prof. Dr. Udo Buscher

Kickoff IM Challenge 2024

Inspektionsplanung Fernwärme bei SachsenEnergie

Dresden, 25.04.2024

Das Passwort für die Unterlagen lautet: IM!SS24_ijn

Ansprechpartner



Benedikt Zipfel

benedikt.zipfel@tu-dresden.de



Aron Lange

aron.lange@tu-dresden.de



Florian Linß

florian.linss@tu-dresden.de

IM-Challenge 2024:

Inspektionsplanung Fernwärme bei SachsenEnergie

Problembeschreibung

- Wie setze ich Prüfmonteure ein um möglichst viel im Fernwärmenetz zu prüfen?
- Berücksichtigung von vorgegebenen Hauptaufgaben
- Optimierung der Prüfquote bei gegebenem Personal durch intelligente Tourenplanung
- Angepasste Daten des Fernwärmenetzes Dresden



Warum sollte ich mitmachen

- Selbstständige Bearbeitung einer praktischen Fragestellung
- Entwicklung der eigenen Programmier- und Modellierungsfähigkeiten
- Spannender Wettbewerb mit Preisen
- **10 Leistungspunkte** bei erfolgreichem Abschluss
- Verknüpfung von Theorie und Praxis



Organisatorisches

- **Kick-off: 25. April 2024, 15:00 Uhr**
- Konsultationen während des Semesters
- Bearbeitung bis 30.09.2024 möglich
- Prüfungsleistung: Programmcode, Protokoll und Präsentation
- Arbeiten allein oder in Zweiergruppen möglich
- Bei Fragen wenden Sie sich an:
florian.linss@tu-dresden.de
benedikt.zipfel@tu-dresden.de

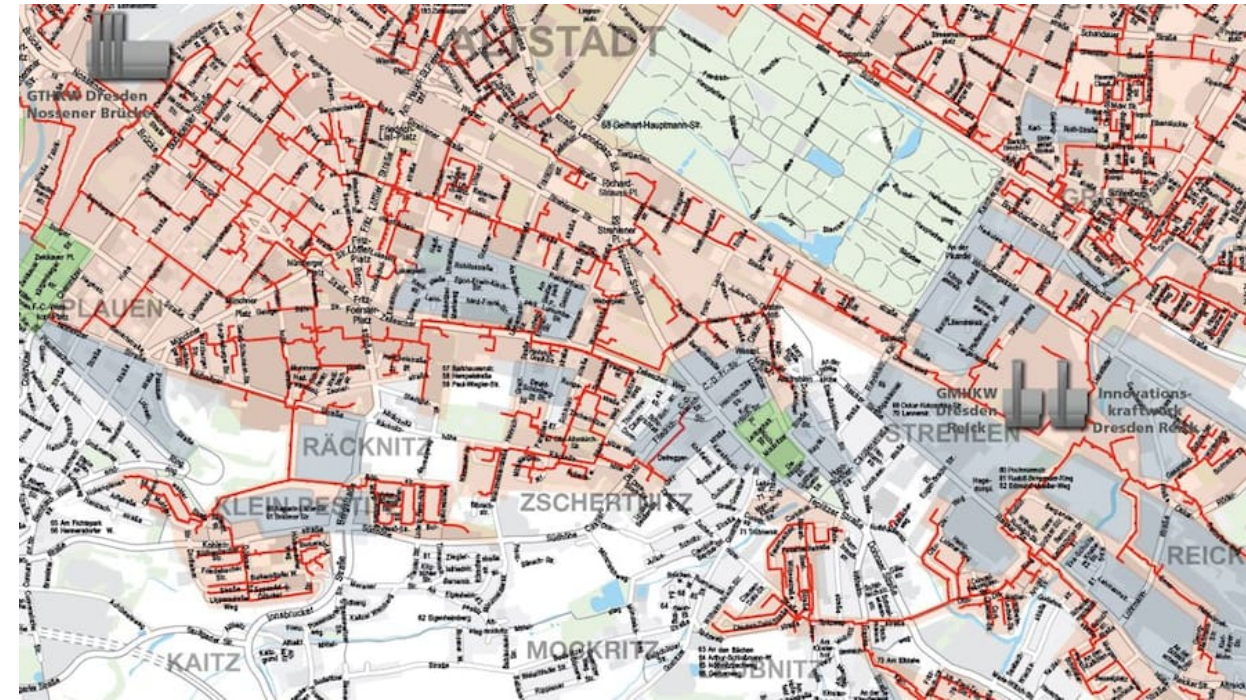
© <https://www.sachsenenergie.de/>

Kickoff: Agenda

1. Inspektionsplanung Fernwärme bei SachsenEnergie
2. Problembeschreibung IM Challenge 2024
3. Organisation & Tipps

1. Inspektionsplanung Fernwärme bei SachsenEnergie

Fernwärmenetz Dresden



Bildquelle: dnn.de

Netzdimension

- 660km Trassenkilometer
- ~8000 bauliche Anlagen verschiedener Kategorien

- **Netzkontrolle**

Bauliche Anlagen müssen turnusmäßig geprüft werden. Mögliche bauliche Schäden:

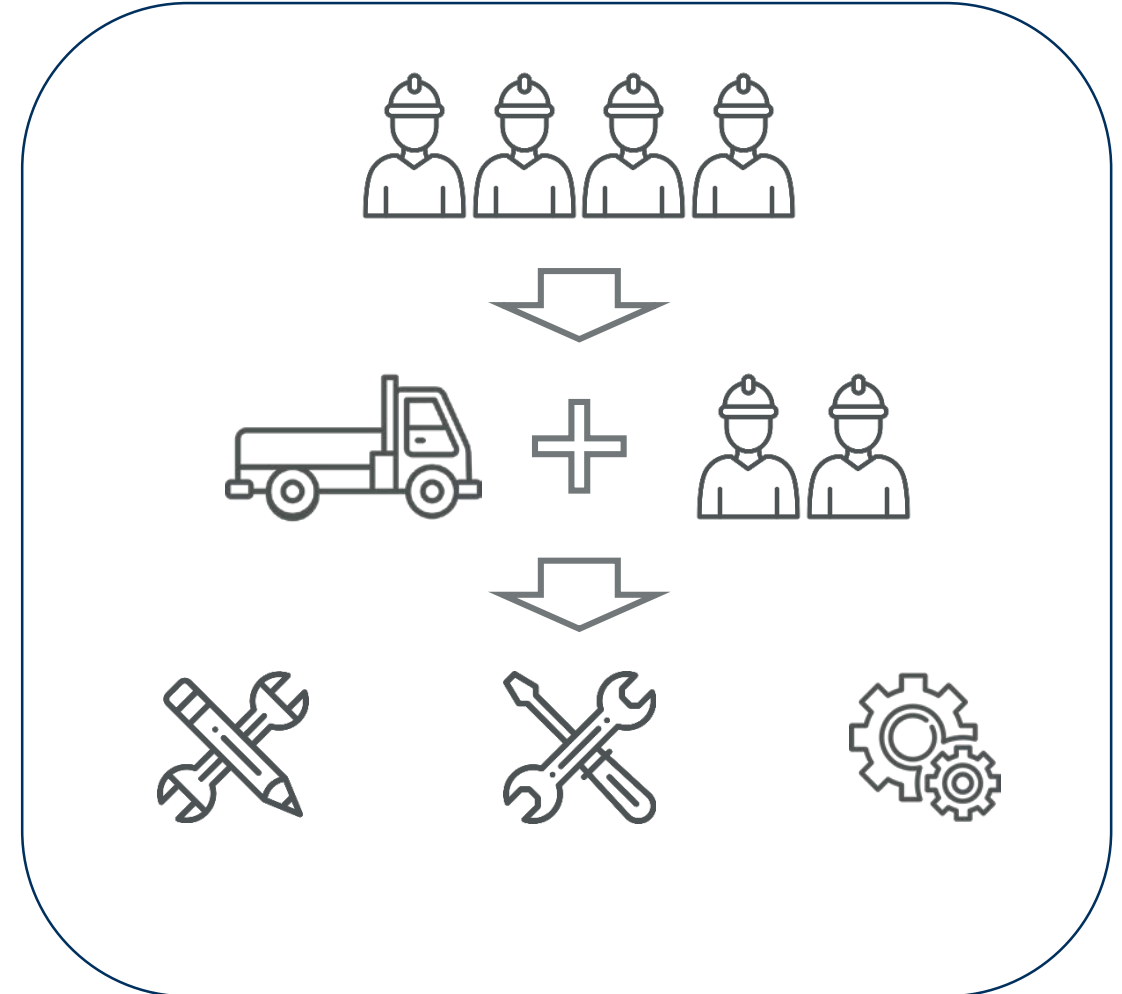
Betonrisse, Rost an Stahlstützen

- Sichtprüfung erfolgt durch Netzmonteur

- **Hauptaufgaben**

Zusätzlich müssen Netzmonteur das Tagesgeschäft durchführen (z.B. Unterstützung externer Firmen bei Baumaßnahmen)

- Netz-Monteur arbeiten in Kolonnen à 2 Personen

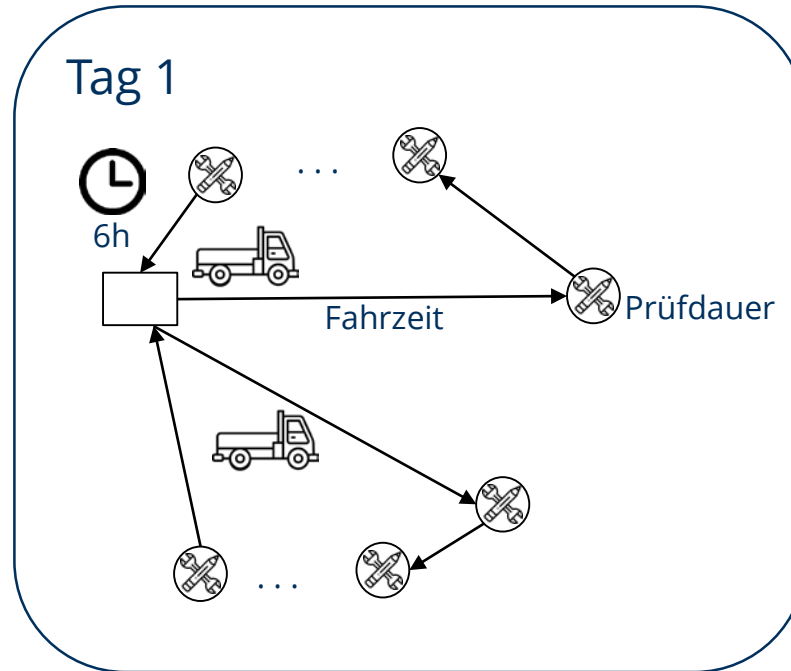


2. Aufgabenstellung IM Challenge 2024

Problembeschreibung

Szenario *Flexi*: Team orienteering problem

- I ist die Menge an Prüfelementen aus denen ausgewählt werden kann
- Jedes Prüfelement besitzt:
 - Einen Standort (Längen- λ_i , Breitengrad γ_i)
 - Eine Prüfdauer σ_i
 - Eine Kategorie ρ_i (Gewichtung als Profit)
- Planungshorizont beträgt T Tage
- Prüfteilung besteht aus K Kolonnen
- Jede Tour beginnt und endet am zentralen Depot $i = 0$
- Die Länge einer Tour beträgt maximal L_{max}
- Die Fahrzeit τ_{ij} zwischen zwei Orten wird mit der *euklidischen Distanz* approximiert (Luftlinie)

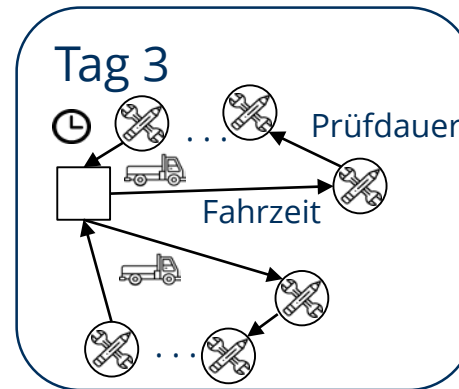
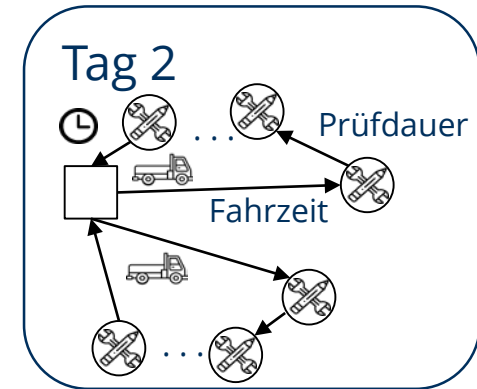
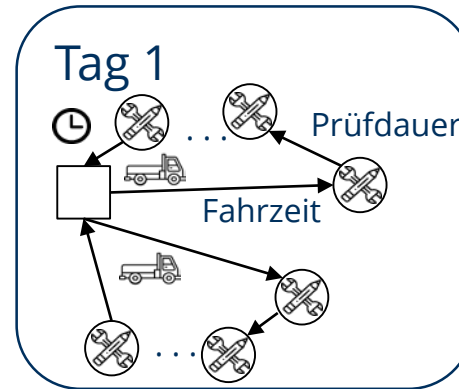


$$\tau_{ij} = f \cdot \sqrt{(\lambda_i - \lambda_j)^2 + (\gamma_i - \gamma_j)^2}$$

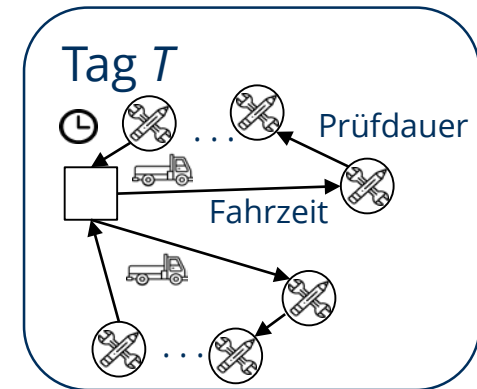
Problembeschreibung

Szenario *Flexi*: Team orienteering problem

- I ist die Menge an Prüfelementen aus denen ausgewählt werden kann
- Jedes Prüfelement besitzt:
 - Einen Standort (Längen- λ_i , Breitengrad γ_i)
 - Eine Prüfdauer σ_i
 - Eine Kategorie ρ_i (Gewichtung als Profit)
- Planungshorizont beträgt T Tage
- Prüfabteilung besteht aus K Kolonnen
- Jede Tour beginnt und endet am zentralen Depot $i = 0$
- Die Länge einer Tour beträgt maximal L_{max}
- Die Fahrzeit τ_{ij} zwischen zwei Orten wird mit der *euklidischen Distanz* approximiert (Luftlinie)



...

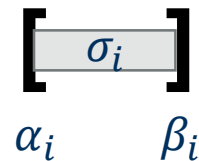


Zielstellung: Maximierung des gesamten Profits aller zugewiesenen Prüfungen

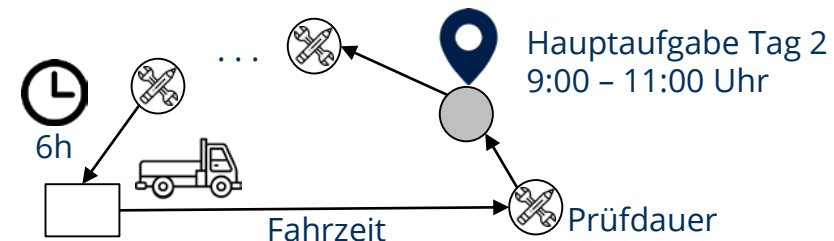
Problembeschreibung

Szenario *Operative*: Multi-period team orienteering problem with mandatory visits

- Es gelten alle Anforderungen wie im Szenario *Flexi*
- Zusätzlich müssen verpflichtende **Hauptaufgaben** eingeplant werden
- Jede Hauptaufgabe muss von einer Kolonne bearbeitet werden
- Jeder Hauptaufgabe ist ein konkreter Tag μ_i und eine konkrete Zeit zugewiesen
 α_i - frühestmöglicher Beginn
 β_i - spätestmögliches Ende

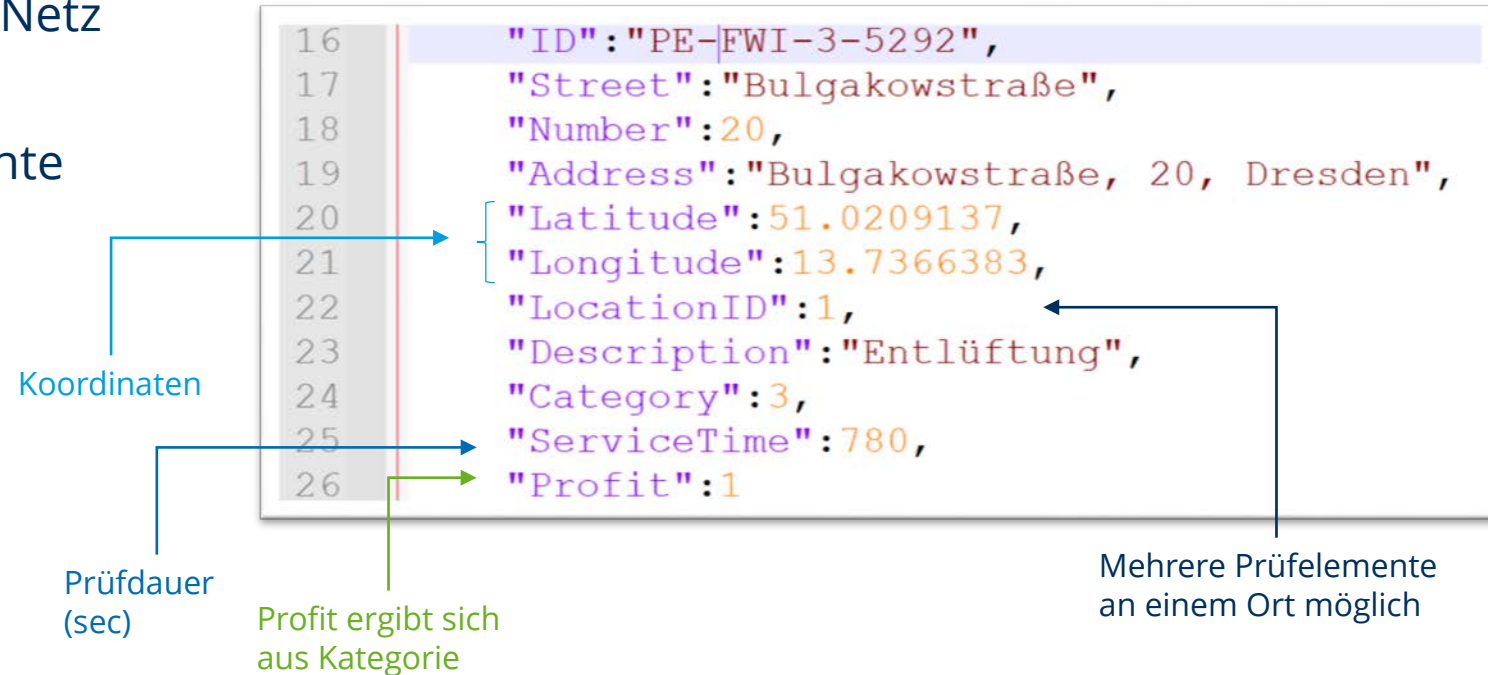


Tag 2



Zielstellung: Maximierung des gesamten Profits aller zugewiesenen Prüfungen

- Randomisierte reale Daten für das Netz Dresden (*.json Datei)
- Liste aller vorhandenen Prüfelemente
- Erstes Element ist das Depot
- "ID": "PE-FWI-3-5292"
 - Vorletzte Ziffer gibt die Kategorie an
 - Letzte Ziffern sind eineindeutig



- **Szenario *Flexi*: 4 Instanzen**
 - Je eine Instanz für 2, 5, 8, und 10 Tage
 - Hauptaufgaben werden ignoriert
- **Szenario *Operative*: 8 Instanzen**
 - Je zwei Instanzen für 2, 5, 8 und 10 Tage Planungshorizont
- Instanz Name: "*K_T_Id*"
z.B.: "7_2_1.json"
- Jede Tour beginnt bei $t=0$ und muss bei **$t = 21.600$** Sekunden (6h) enden
→ Maximale Routenlänge: 6h
- Umrechnungsfaktor euklidische Distanz zu Fahrzeit in Sekunden:
 $f = 17.100$

```
2      "ID": "7_2_1",
3      "Cohorts": 7,
4      "Days": 2,
5      "MaxRouteDuration": 21600,
6      "MainTasks": [
7      {
8          "ID": "MT-FWI-1",
9          "Day": 2,
10         "ServiceTime": 6300,
11         "StartTime": 9000,
12         "EndTime": 15300,
13         "LocationID": 747,
14         "Latitude": 51.0675509,
15         "Longitude": 13.7764159
```

- **Objective, NumberOfAllTasks, Profit** dienen als Selbstüberprüfung
 - Objective: Summe aller Profite über den gesamten Zeitraum
 - NumberOfAllTasks: Wie viele Aufgaben wurden insgesamt erfüllt
 - Profit (in Cohort): Summe der Profite von dieser Kolonne an diesem Tag (alle Aufgaben in „Route“)
- Fahrzeiten zwischen Aufgaben werden nicht angegeben
 - Ergeben sich implizit aus Startzeit und AufgabenID

Exakter Name der gelösten Instanz

Dictionary mit jedem Tag als Key (Beginn bei „1“)

CohortID fortlaufend vergeben z.B. 0, 1, ... ,6 (für alle Tage immer die selben IDs verwenden)

Startzeit der Aufgabe in Sek. (beginnt für jeden Tag wieder bei 0)

true → Szenario *Operative*
false → Szenario *Flexi*

Liste mit Cohort Objekten

Liste mit Aufgabenreihenfolge

Tages-ID (die selbe wie vom Key des Dictionarys als Integer)

Aufgaben-ID als String (für optionale Aufgaben und Hauptaufgaben)

```

1  {
2    "Instance": "Instance7_2_1",
3    "Objective": 492,
4    "NumberOfAllTasks": 194,
5    "UseMainTasks": true,
6    "Days": {
7      "1": [
8        {
9          "CohortID": 0,
10         "Profit": 34,
11         "Route": [
12           {
13             "StartTime": 602,
14             "SelectedDay": 1,
15             "ID": "PE-FWI-4-7153"
16           },
17           {
18             "StartTime": 1516,
19             "SelectedDay": 1,
20             "ID": "PE-FWI-4-8705"
21           },
22           ...
23         ]
24       },
25       {
26         "StartTime": 7200,
27         "SelectedDay": 1,
28         "ID": "MT-FWI-9"
29       },
30       {
31         "StartTime": 15293,
32         "SelectedDay": 1,
33         "ID": "PE-FWI-4-5527"
34       },
35       ...
36       {
37         "StartTime": 20480,
38         "SelectedDay": 1,
39         "ID": "PE-FWI-4-2254"
40       }
41     ]
42   }
43 }
    
```

Visualisierung

Zugang

- Zugangslink: <http://141.76.39.93:8501/>
- **Nur** im Uni-Netzwerk möglich
 - Eduroam-WLAN
 - VPN-Tunnel – Einrichtung:
https://tu-dresden.de/zih/dienste/service-katalog/arbeitsumgebung/zugang_datennetz/vpn



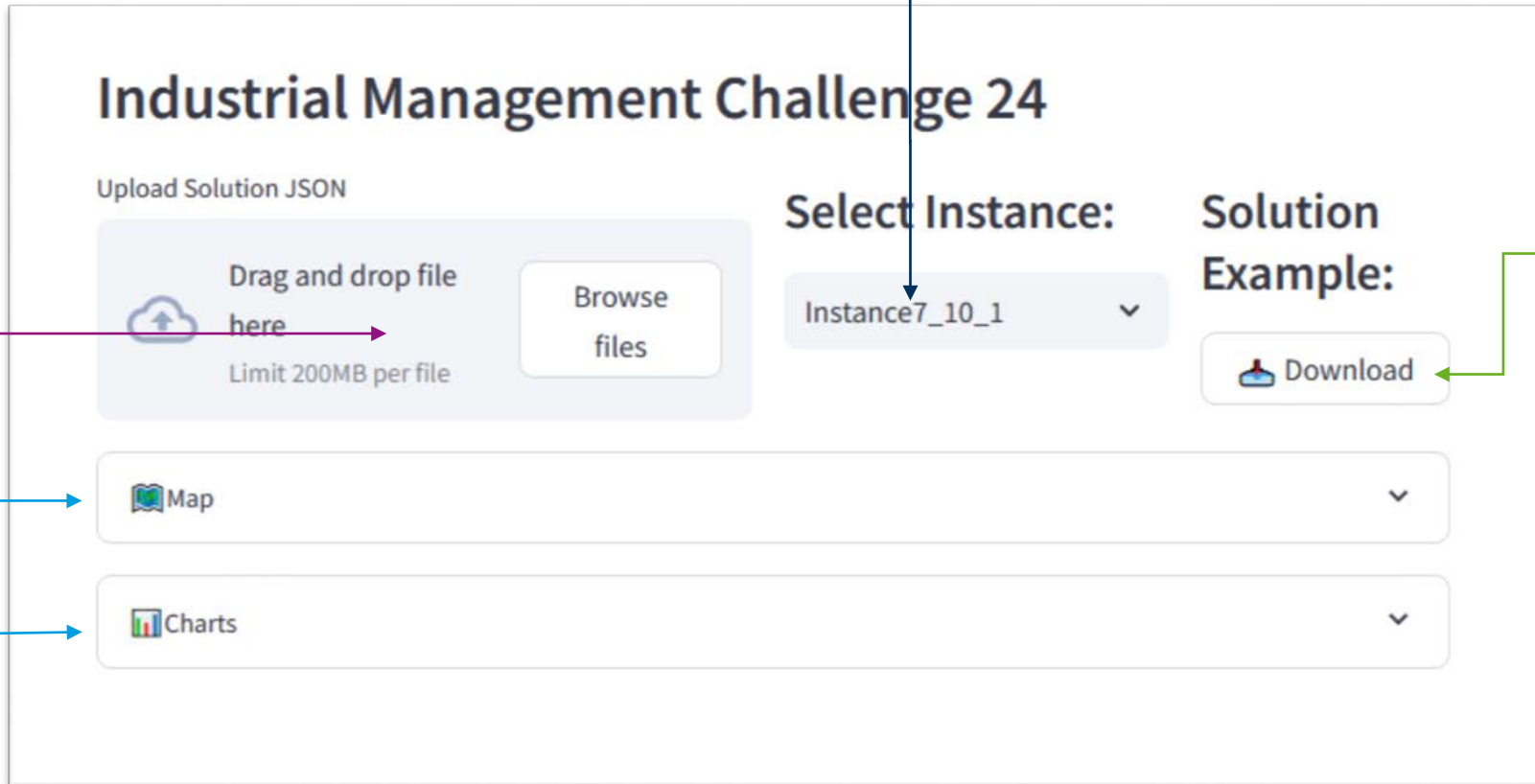
Visualisierung Lösungsauswahl

Hochladen der zu
überprüfenden
Lösungsdatei (JSON)

Auswahl der zu betrachtenden
Instanz (wird nach Hochladen
einer Lösung automatisch
richtig ausgewählt)

Downloadmöglichkeit für
einer Beispiellösung (JSON)
zum Überprüfen der
Funktionen und zum
Nachvollziehen des
Dateiformates

Verschiedene
Visualisierungs-
möglichkeiten



Industrial Management Challenge 24

Upload Solution JSON

Drag and drop file here
Limit 200MB per file

Browse files

Select Instance:
Instance7_10_1

Solution Example:
Download

Map

Charts

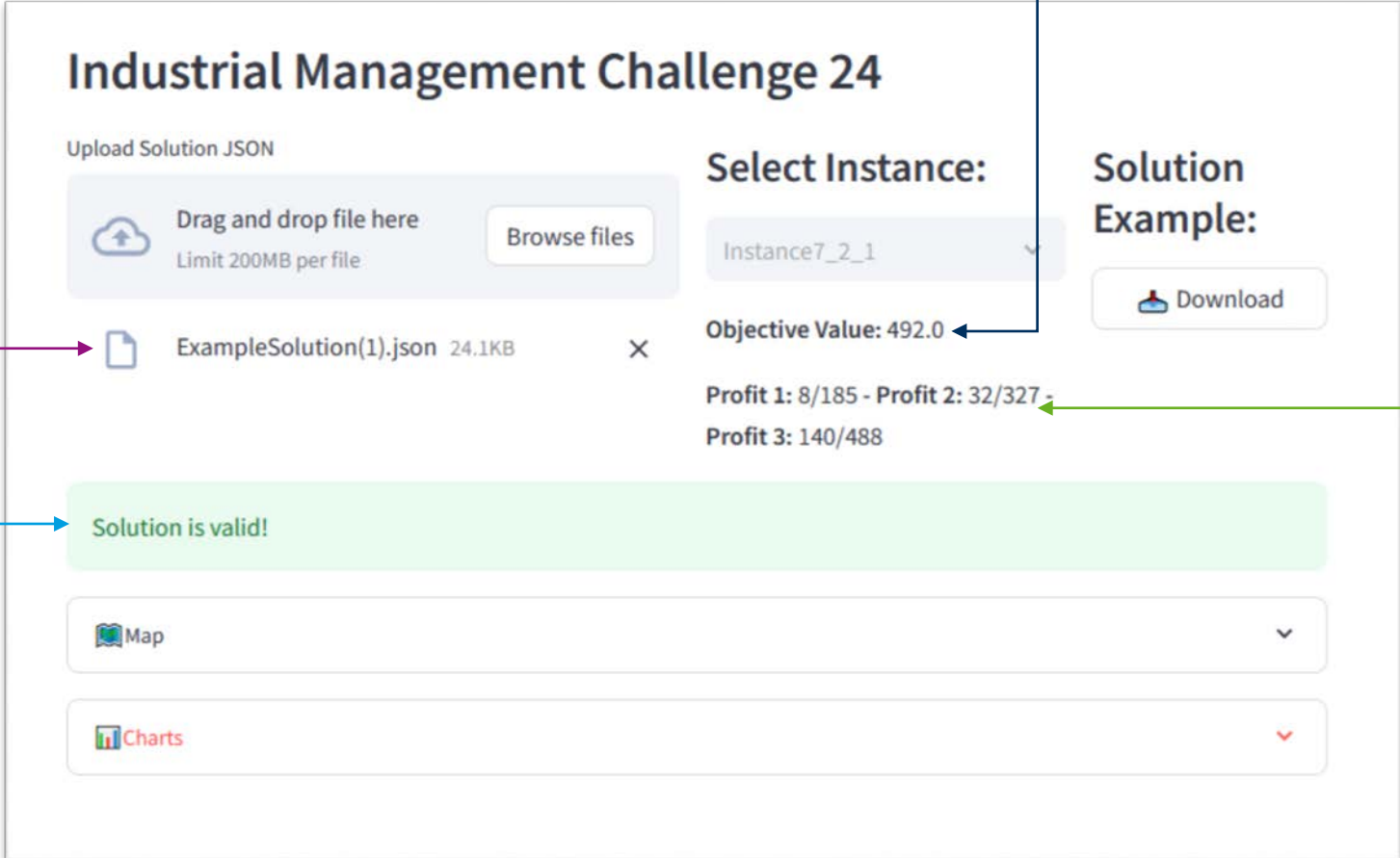
Visualisierung Lösungsauswahl

Hochgeladene Lösungsdatei (JSON)

Zielfunktionswert (Summe aller Profite)

Überprüfung der Lösung

Wie viele Aufgaben wurden je Profitklasse im Verhältnis zu verfügbaren Aufgaben erfüllt:
z.B. wurden 8 der 185 Aufgaben mit Profit 1 ausgewählt



Industrial Management Challenge 24

Upload Solution JSON

Drag and drop file here
Limit 200MB per file

Browse files

ExampleSolution(1).json 24.1KB

Select Instance:
Instance7_2_1

Solution Example:
Download

Objective Value: 492.0

Profit 1: 8/185 - Profit 2: 32/327 - Profit 3: 140/488

Solution is valid!

Map

Charts

Visualisierung Unzulässige Lösung

Hochgeladene
Lösungsdatei (JSON)
→ Nicht zulässig

Fehlermeldungen mit
genaueren Informationen
zum Fehler

Industrial Management Challenge 24

Upload Solution JSON

Drag and drop file here
Limit 200MB per file

Browse files

Select Instance:
Instance7_2_1

Solution Example:
Download

Objective Value: 220.0

Profit 1: 22/185 - Profit 2: 36/327
- Profit 3: 42/488

ExampleSolution.json 14.8KB

Main Task Covering: Not all main tasks are selected! (Not selected: ['MT-FWI-1', 'MT-FWI-2', 'MT-FWI-3', 'MT-FWI-4', 'MT-FWI-5', 'MT-FWI-6', 'MT-FWI-7', 'MT-FWI-8', 'MT-FWI-9', 'MT-FWI-10', 'MT-FWI-11', 'MT-FWI-12', 'MT-FWI-13', 'MT-FWI-14'])

RouteError: CohortID:0; Day:1:

Travel time between tasks: PE-FWI-2-5950 and PE-FWI-1-3289 is not sufficient! (End first Task: 3835.0; Start next Task: 4156.0; Travel Time: 921)

Travel time between tasks: PE-FWI-1-3289 and PE-FWI-4-3577 is not sufficient! (End first Task: 5056.0; Start next Task: 5479.0; Travel Time: 723)

Travel time between tasks: PE-FWI-4-3577 and PE-FWI-4-2864 is not sufficient! (End first Task: 6259.0; Start next Task: 5853.0; Travel Time: 74)

Travel time between tasks: PE-FWI-4-2864 and PE-FWI-3-4048 is not sufficient! (End first Task: 6513.0; Start next Task: 6477.0; Travel Time: 324)

Travel time between tasks: PE-FWI-3-4048 and PE-FWI-2-6871 is not sufficient! (End first Task: 7317.0; Start next Task: 7202.0; Travel Time: 425)

Travel time between tasks: PE-FWI-4-7033 and PE-FWI-3-4789 is not sufficient! (End first Task: 10289.0; Start next Task: 10615.0; Travel Time: 926)

TaskID not found! (TaskID: 2)

Genauere Spezifikation wo
der Fehler auftritt

Visualisierung

Zulässige Lösung

Einstellung, ob die Pfade zum Depot gezeigt werden sollen (kann nützlich sein, um Übersicht zu behalten)

Weg einer Kolonne

Vorselektion: welche
Kolonnen von welchen
Tagen sollen angezeigt
werden

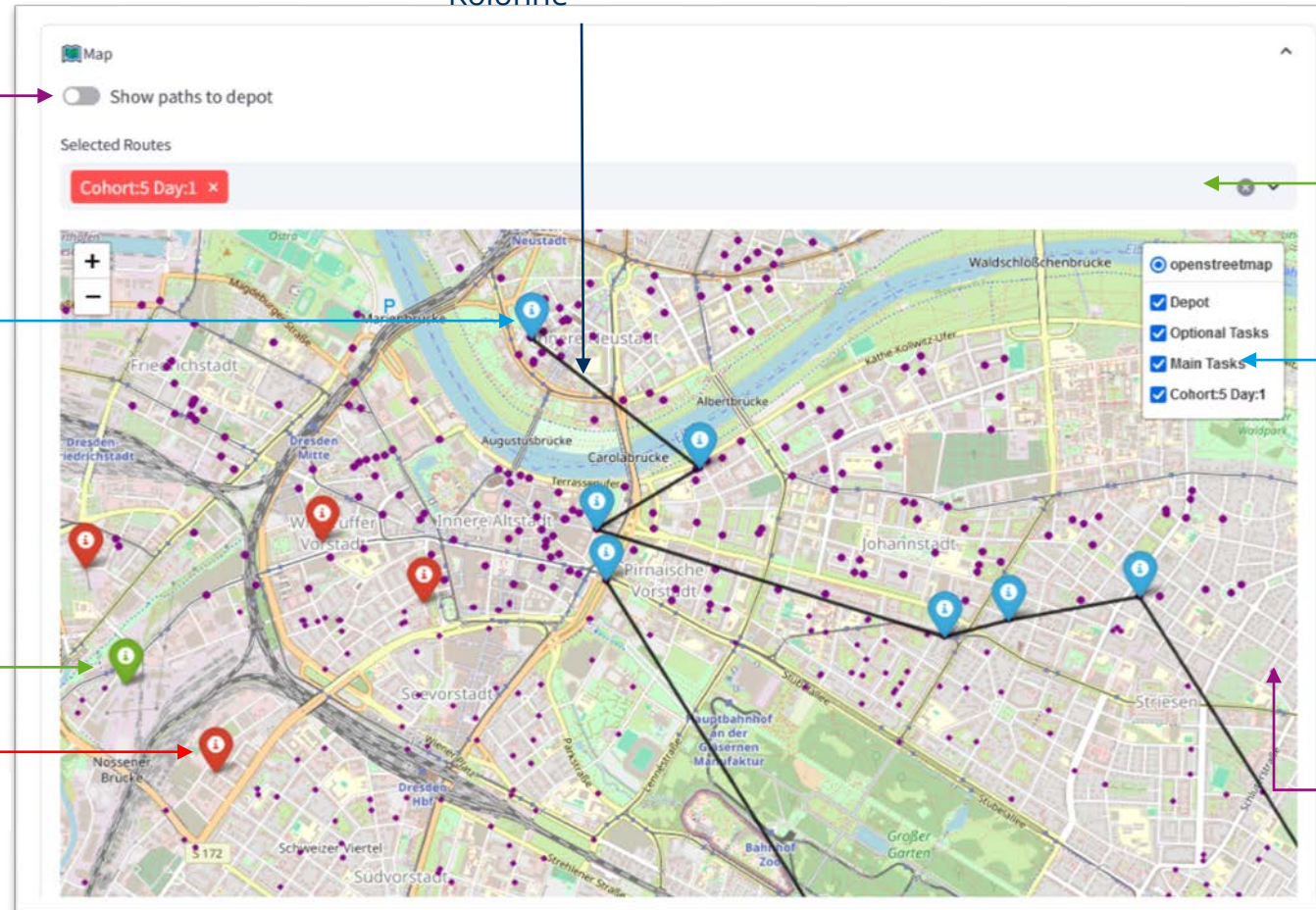
Optionale Aufgabe
die von einer
Kolonne ausgeführt
wird

Einstellmöglichkeit:
welche Elemente sollen
angezeigt werden

Depot

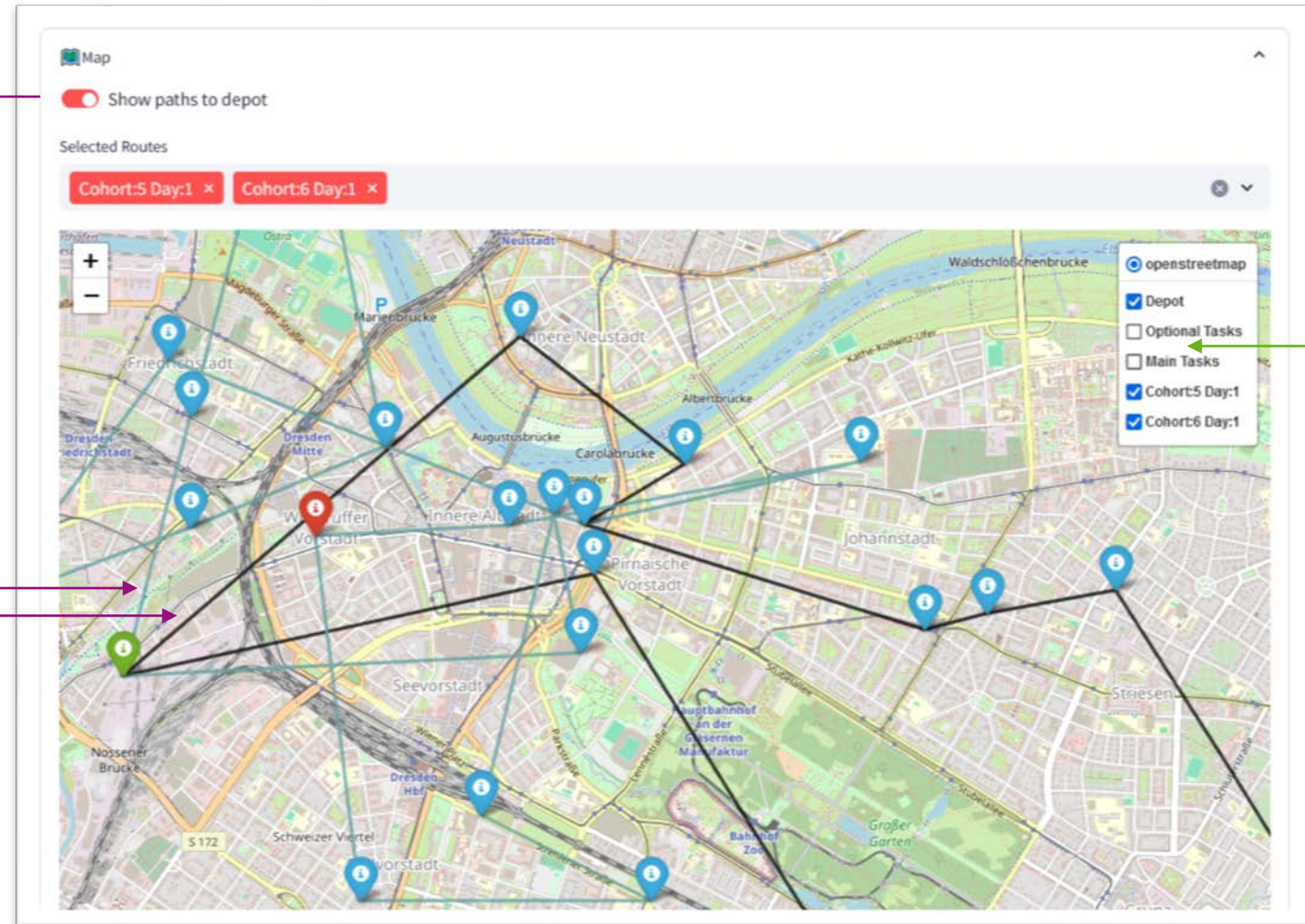
Hauptaufgabe

Standort der optionalen Aufgaben
(Tooltips geben genauere Informationen)



Visualisierung Zulässige Lösung

Pfade zum Depot
werden jetzt angezeigt



Nicht genutzte Marker
werden nicht mehr
angezeigt

Visualisierung

Lösungsauswertung

Zeitstrahl der Schichten

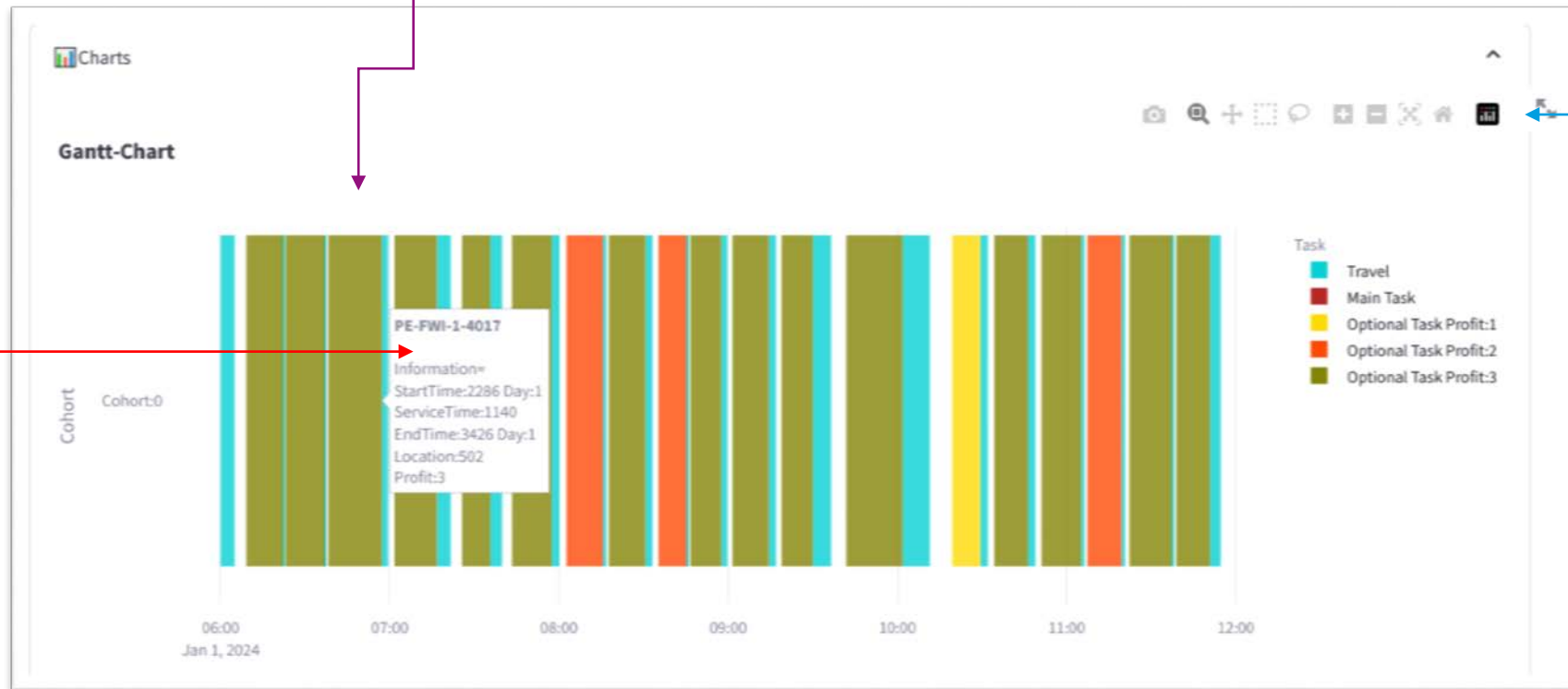


Legende für die
verschiedenen Aktionen

Visualisierung

Lösungsauswertung

Reingezoomter Zeitstrahl



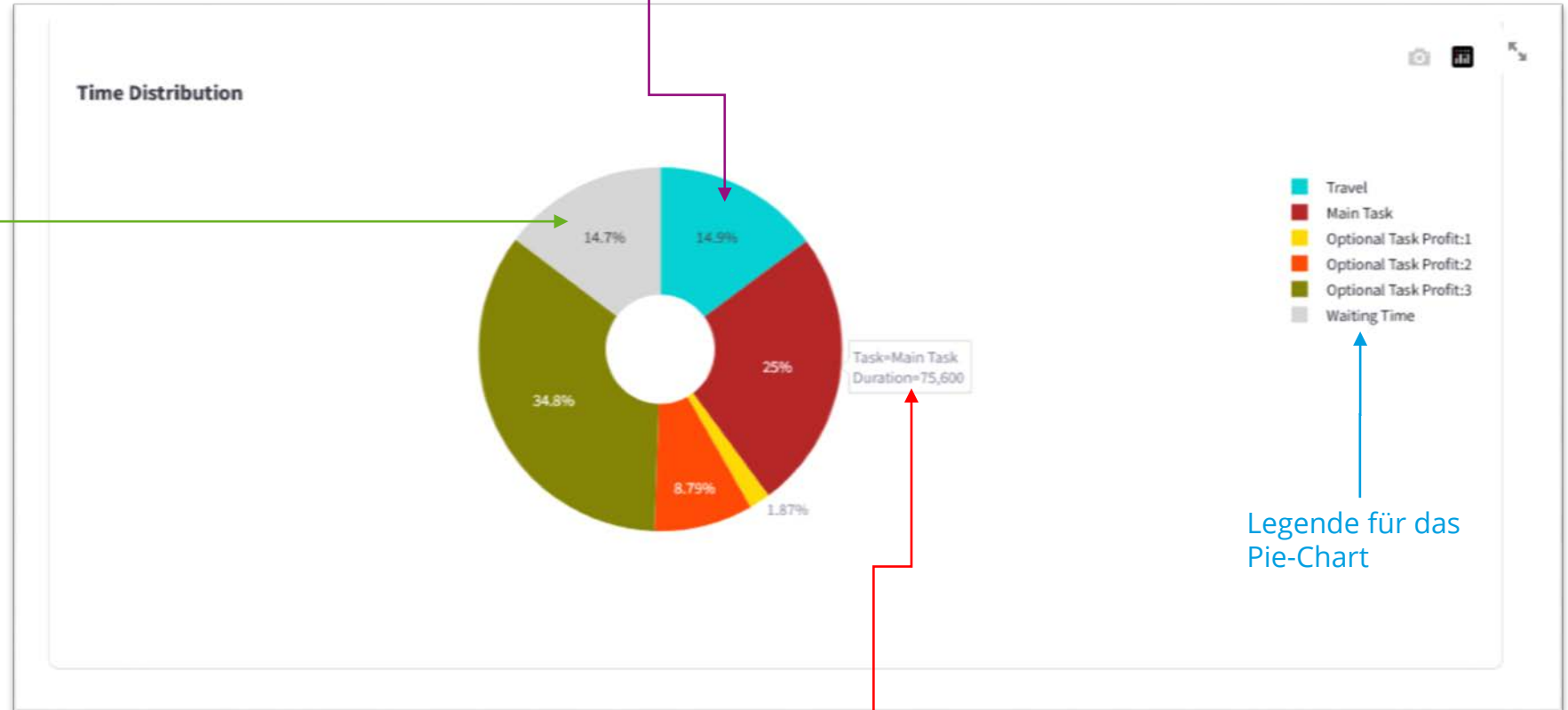
Verschiedene Optionen zum Zoomen, Verschieben und Speichern des Plots

Tooltip mit näheren Informationen zum Zeitslot

Visualisierung Lösungsauswertung

Zeitliches Verhältnis, wie
lange die Kolonnen mit
welcher Aktivität beschäftigt
sind

Waiting Time (Zeit in der 6
Stunden-Schicht, wenn eine
Kolonne weder fährt noch eine
Aufgabe erfüllt)
→ Guter Indikator für nicht
ausgeschöpftes
Optimierungspotential



Tooltip mit der gesamten
benötigten Zeit in Sekunden

3. Organisation & Tipps

Prüfungsleistung (10 LP)

- Abgabe eines lauffähigen Programms (Quellcode kommentieren)
- Protokoll (15 – 20 Seiten)
 - Verwendete Literatur
 - Formale Beschreibung des Modells und/oder des Algorithmus
 - Auswertung Ergebnisse (Wichtig: anschauliche Lösungsdarstellung)
- Schichtplan als **.json** Datei (siehe Beispiel / Visualisierungstool)
- Präsentation der Ergebnisse (15 Min. Vortrag + Diskussion)

Abgabe:
Bis spätestens
30.09.2024

Oktober 2024

- HISQIS Prüfungsanmeldung und -abmeldung im gesamten Semester möglich !

Gruppengröße

- Bearbeitung kann einzeln oder in Zweiergruppen erfolgen
- Stimmen Sie sich untereinander ab
→ Einschreibung in entsprechende Gruppe im OPAL !

Gewinne die IM Challenge 2024!

- Die Gruppe mit der besten Lösung gewinnt...
 - die IM Challenge 2024,
 - den Ehrentitel „IM Challenge Champion 2024“ und den dazugehörigen Ruhm sowie
 - einen Preis!
- Für Benotung vor allem die Vorgehensweise und Darstellung im Protokoll maßgeblich

Nächste Schritte

- Erste Konsultation **15.05.2024, 15:00 Uhr (HÜL N509)**
 - Klärung von Fragen zur Problemstellung
 - Infos zur Nutzung des Berechnungsservers
 - Allgemeine Diskussion möglicher Lösungsansätze
 - **Aufgabe bis dahin:** Planungsproblem und Daten analysiert und verstanden, relevante Literatur gesichtet
- Weitere Termine: Bekanntgabe über OPAL
- Zusätzliche Hinweise und Absprachen werden im FAQ im OPAL zusammengetragen
- Bitte nutzen Sie zur Diskussion das Forum in OPAL (abonnieren!)

Potenzielle Herangehensweisen

- Möglicher Startpunkt ist die Umsetzung und Lösung der einfachen Problemstellung (**ohne Hauptaufgaben**) als mathematisches Modell
- Andere Strategien:
 - Konstruktion erster Lösungen mit einfachen Eröffnungsverfahren
 - Clusterung der Ausgangsdaten und Zerlegung des Problems in kleinere, einfache Teilprobleme
- Nutzen Sie das bereitgestellte Visualisierungstool, um Ihre Lösungen zu analysieren
- **Entscheidung:**
 - (Meta-)Heuristik oder MIP-basierter (exakter) Ansatz (z.B. mit Hilfe von Gurobi)
- Quellen, die Ihnen den Einstieg erleichtern können:

Tricoire, F., Romauch, M., Doerner, K. F., & Hartl, R. F. (2010). Heuristics for the multi-period orienteering problem with multiple time windows. *Computers & Operations Research*, 37(2), 351-367.

Lin, S. W., & Vincent, F. Y. (2017). Solving the team orienteering problem with time windows and mandatory visits by multi-start simulated annealing. *Computers & Industrial Engineering*, 114, 195-205.

Vansteenwegen, P., & Gunawan, A. (2019). Orienteering problems. *EURO Advanced Tutorials on Operational Research*.

Wer wird die IM Challenge 2024 gewinnen ?!?



Viel Erfolg!