

## Green-TrAIIn-Plan

AI-based planning for greener train operations

<b>Programm / Ausschreibung</b>	IKT der Zukunft, AI for Green, AI for Green 2021	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.05.2022	<b>Projektende</b>	30.04.2025
<b>Zeitraum</b>	2022 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	36 Monate
<b>Projektförderung</b>	€ 697.754		
<b>Keywords</b>	2		

### Projektbeschreibung

KI-gestützte Planung kann dazu beitragen, den Eisenbahnverkehr umweltfreundlicher zu gestalten. Da bahnbasierter Personen- und Güterverkehr Eckpfeiler zur Erreichung der Klimaziele sind, schlagen wir KI-basierte, integrierte Simulations- und Optimierungsmethoden vor, um umweltfreundlichere Lokomotivumläufe und Triebfahrzeugführerschichten zu erstellen. Durch die Verknüpfung von Modellbildung & Simulation mit anderen Ansätzen, insbesondere aus den Bereichen Big Data und KI, kann ein großer Nutzen erzielt werden. Die meisten Arbeiten in diesem Bereich lassen "grüne" Aspekte und Störungen, die in der realen Welt auftreten können, außer Acht. Mit zunehmender Datenverfügbarkeit kommen Ziele wie die Minimierung des Energieverbrauchs und die Erstellung zuverlässiger Pläne ins Spiel. Diese beiden Ziele sind miteinander verknüpft: Verspätungen bedeuten beispielsweise ein hohes Risiko ungeplanter zusätzlicher Stopps und können eine erhöhte Anzahl an Personal- und Triebfahrzeugswechseln notwendig machen, was wiederum die Leerfahrkilometer erhöhen kann. All dies sind Faktoren, die sich negativ auf die Umweltbelastungen auswirken. Die Berücksichtigung umweltfreundlicher Ziele im Planungsprozess führt jedoch zu einer zusätzlichen Komplexität.

Wir schlagen neue, KI-basierte Methoden vor, die Interaktionen zwischen datengesteuerter Optimierung und agentenbasierter Simulation beinhalten. Ziel ist die Analyse des Trade-Offs zwischen umweltfreundlichen, effizienten und zuverlässigen Plänen. Dies umfasst sowohl die Betreiberperspektive, d. h. die effiziente Nutzung von Fahrzeugen und Personal durch optimierte Pläne, als auch die Perspektive der Eisenbahninfrastruktur, die durch detaillierte agentenbasierte Simulation von Fahrplänen modelliert wird, um die Effizienz und Zuverlässigkeit der Planungsergebnisse in einer realistischen Umgebung zu bewerten. Umweltziele werden durch die Analyse und Vorhersage des Energieverbrauchs der Eisenbahnfahrzeuge unter realistischen Bedingungen mit KI-basierten Methoden behandelt, die bestehende Ansätze wie Simheuristiken erweitern.

Durch Optimierung, insbesondere durch Heuristiken, werden Fahrpläne, Lokomotivumläufe und Personaleinsatzpläne erstellt. Diese werden dann hinsichtlich grüner Ziele, Zuverlässigkeit und Robustheit durch die agentenbasierte Simulation bewertet, um sicherzustellen, dass diese Pläne bei der Realisierung tatsächlich durchführbar und robust gegenüber Verspätungen sind und so wenig Energie wie möglich benötigen. Die Simulation berechnet den Energiebedarf der Triebfahrzeuge und die Ausbreitung von Primärverspätungen im betrachteten System. Für die Ausgabe können die relevanten Ergebnisse analysiert und so aufbereitet werden, dass die Optimierung sie verarbeiten kann und Rückschlüsse

auf die Umweltverträglichkeit sowie die Zuverlässigkeit für die nächste Iteration der Optimierung ziehen kann. Informationsaustausch zwischen Simulation und Optimierung erfolgt auf Basis eines "Green Markups", welcher die Auswirkungen des Einsatzes einer Planungsaufgabe auf die Verspätungsausbreitung und den Energiebedarf des Gesamtsystems misst. Da der Markup sowohl für alle Züge als auch für einzelne Züge berechnet werden kann, liefert er ein Maß für die gesamte Umweltbelastung und die Zuverlässigkeit, kann aber auch zur Ermittlung von Engpässen innerhalb einer Gruppe von einzelnen Zügen verwendet werden.

## **Abstract**

AI-based planning can support green railway operations. Since railway-based mobility and freight transportation is a cornerstone to reach climate goals, we propose AI-based, integrated methods of simulation and optimization to create greener engine and driver schedules. A huge benefit can be achieved by coupling modeling and simulation with other approaches especially from the realm of big data and AI. The majority of related work ignores green aspects as well as disruptions that might occur in the real world. With increasing data availability, objectives such as minimizing energy consumption and creating reliable plans come into play. These two goals are interconnected: For instance, delays imply unplanned additional stops of trains and crew changes, as well as an increased number of traction unit changes increasing the number of empty run kilometers. All of them are factors that have an environmentally negative impact. However, considering green objectives in the planning process adds another layer of complexity.

We propose new AI-based methods that include interactions between data-driven optimization and agent-based simulation to explore the trade-off between green, efficient, and reliable plans. This includes the operator-based perspective, i.e. the efficient usage of rolling stock and staff through optimized plans, as well as the railway network perspective, which is addressed through detailed agent-based simulation of plans to assess efficiency and reliability of planning results in a realistic railway network environment. The green aspect focuses on analyzing and predicting the energy consumption of the rolling stock under realistic conditions with AI-based methods extending existing approaches such as simheuristics.

In particular, optimization, especially heuristics, creates timetables, locomotive circulations, and crew schedules. These are then evaluated regarding green objectives, reliability, and robustness through simulation, ensuring that these plans are actually feasible during realization, robust against delays, and require as little energy as possible. The simulation computes the energy demand of the traction units and the propagation of primary delays throughout the considered system. For the output, the relevant results can be analyzed and prepared such that the optimization can process it and can draw conclusions on the environmental sustainability as well as the reliability for the next iteration of the optimization.

Information exchange is performed based on a green "markup", which measures the consequences of the use of a planning task on the delay propagation and the energy demand of the overall system. As the markup can be calculated for all trains and also for single trains, it provides a measure for the overall environmental performance and reliability, but can also be used to identify bottlenecks within a set of individual trains.

## **Projektkoordinator**

- dwh GmbH

## **Projektpartner**

- ÖBB-Produktion Gesellschaft mbH
- Technische Universität Wien
- Universität Wien