

Das Forschungsprojekt TARO: Produktivität, Kapazität und Qualität des Systems Bahn erhöhen

Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Nikolaus Furian,
Institut für Maschinenbau- und Betriebsinformatik, Technische Universität Graz

Assoc. Prof. MMag. Dipl.-Ing. DDR. Pascal Hungerländer
Institut für Mathematik, Alpe-Adria-Universität Klagenfurt

Martin Köberl, BSc MSc MS
Senior Data Scientist, Rail Cargo Austria AG

Ing. Michael Lassager
CEO Reneron GmbH

Dipl.-Ing. Bertram Ludwig
Konzernkoordinator Forschung und Entwicklung, ÖBB-Holding AG

Jürgen Zajicek, MSc
Research Engineer, Integrated Energy Systems, Austrian Institute of Technology

Mag. Karl Zöchmeister
Projektmanager, ÖBB-Infrastruktur AG

Das System Eisenbahn steht vor grossen Herausforderungen: Klimakrise und Nachhaltigkeitsziele verlangen nach einer Kapazitätssteigerung der Eisenbahn, die nicht ausschliesslich mittels konventioneller Technologien bewältigt werden kann. Das Projekt „Towards Automated Railway Operations“ (TARO) beschäftigt sich daher mit den Möglichkeiten von Automatisierung und Digitalisierung im System Eisenbahn.

Im Projekt ist mit Forschungseinrichtungen, Industriepartnern sowie Eisenbahnunternehmen und Eisenbahninfrastrukturunternehmen eine breite Allianz vertreten, die gemeinsam an den drei zusammenhängenden Themenfeldern Digital Twin, Prozesse und Automated Train Operation (ATO) arbeitet. Konkret werden diese in sechs technische Arbeitspakete unterteilt:

- Digital-Twin-Fahrzeug: Schaffung eines digitalen Fahrzeugwillings für verbesserte Instandhaltung,
- Digital-Twin-Infrastruktur: Grundlagen für unter anderem automatisierten Bahnbetrieb,
- optimierte Leerwagendisposition für den Schienengüterverkehr,
- Verschub der Zukunft: Optimierung von Verschubprozessen,
- Digitale Automatische Kupplung; unter anderem Migrationsplanung,
- Regionalbahntechnik der Zukunft: Leit- und Sicherungstechnik sowie energieautarke Anlagen.

Nachfolgend werden konkrete Ergebnisse aus den Arbeitspaketen Regionalbahntechnik der Zukunft, Verschub der Zukunft sowie optimierte Leerwagendisposition vorgestellt.

Erneuerbare Energiesysteme zur Deckung von Energiebedarfen bei Regionalbahnsystemen

Im Rahmen des TARO-Arbeitspakets Regionalbahntechnik der Zukunft entwickelte die Reneron GmbH aus Bad Fischau gemeinsam mit der ÖBB-Infrastruktur AG einen Demonstrator zur vollständig autarken Energieversorgung einer Eisenbahnkreuzungs-Sicherungsanlage entlang einer Regionalbahnstrecke. Als Hauptenergiequelle wurde eine 2,4-kW-Photovoltaik-Aufdachanlage auf einem 20-Fuss-Container installiert. Unterstützt wird das Photovoltaik-Inselsystem von einem leistungsfähigen Energiespeicher. Die Anlage wurde so ausgelegt, dass der Jahresenergiebedarf der Gesamtanlage zu mehr als 95 % aus diesem erneuerbaren Energiesystem gedeckt werden kann. Der verbleibende Anteil wird durch ein redundantes Brennstoffzellensystem geliefert. Die Brennstoffzellen arbeiten mit Methanol, das in handelsüblichen Behältern, die den Bedarf für ein Jahr decken, vor Ort gelagert wird.

Mit diesem Konzept ist es in Zukunft möglich, bei nicht elektrifizierten Bahnen, die über keine Stromversorgung entlang der Strecke verfügen, die Energie dort zu erzeugen, wo sie auch benötigt wird. Das Verlegen langer Anschlusskabel, um die Energiever-

sorgung sicherzustellen, ist nicht mehr nötig, und es können signifikant Kosten gespart werden.

Die Anlage wurde während eines Jahres getestet. In diesem Zeitraum konnten bereits umfangreiche Optimierungen umgesetzt werden, die auch bei Aufstellung der Anlage an ungünstigen Positionen, zum Beispiel in verschatteten Gebieten, einen niedrigen Brennstoffverbrauch ermöglichen. Prämisse war die Sicherstellung, dass kein zusätzlicher operativer Aufwand beim Betrieb entsteht. Die Brennstoffbehälter können im Zuge der jährlich vorgeschriebenen Inspektion oder Wartung der Anlage ausgetauscht werden. Die Betriebszustände werden kontinuierlich überwacht und können in übergeordnete Leitsysteme eingebunden werden.

Auf Basis der aktuellen Daten kann davon ausgegangen werden, dass die „Leveraged Costs of Energy“ (LCOE), also die Kosten für die genutzte Energie, inklusive Investment und Betrieb im Bereich der marktüblichen Energiekosten liegen werden. Noch vor Abschluss des Forschungsprojekts ist klar, dass diese innovative Lösung bei der Umsetzung der aktuellen Eisenbahnkreuzungsverordnung, im Rahmen derer eine grosse Zahl von Eisenbahnkreuzungs-Siche-



Links: Der Demonstrator zur autarken Energieversorgung einer Eisenbahnkreuzungs-Sicherungsanlage wurde in einen 20-Fuss-Container verbaut, in dem für die Versuchsreihe auch die Antriebe der Schrankenanlage untergebracht waren (Foto: Reneron).

Rechts: Blick auf das PV-System des Demonstrators (Foto: Reneron).



rungsanlagen neu errichtet werden muss, in den nächsten Jahren eine sinnvolle und wirtschaftliche Alternative zu den herkömmlichen Energieversorgungssystemen bieten kann.

Innovative Lösungen für den Verschub der Zukunft

Um die Produktivität des Schienengüterverkehrs und einen wettbewerbsfähigen Schienengüterverkehr nicht nur in Österreich, sondern auch in Europa zu ermöglichen, ist die Forschung an innovativen Digitalisierungs- und Automatisierungsansätzen sowie deren Steuerungskonzepten unumgänglich. Als eines der Hauptziele wird dabei oft der intelligente Güterzug genannt, dessen Fahrzeuge mit digitalen automatischen Kupplungen (DAK) ausgestattet sind. Um das gesamte Potential solcher Technologien im derzeitigen Umfeld des Verschubs (Rangierbetriebs) zu bewerten, muss zunächst der Ist-Stand detailliert analysiert werden. Erst dann ist eine effektive Identifikation von Optimierungsmassnahmen möglich.

Dabei ist eine methodische Herangehensweise nötig, um den aktuellen Stand des Schienengüterverkehrs adäquat zu erfassen. So wurde in der Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Maschinenbau- und Betriebsinformatik an der Technischen Universität Graz und den Betriebsexperten des ÖBB-Konzerns eine akribische Prozessanalyse durchgeführt, mit deren Hilfe ein höchst detailliertes Schaubild der Verschubprozesse im Zentralverschiebebahnhof (Zvbf) Wien entstanden ist. Dieses diente daraufhin als Ausgangspunkt für den Schritt der Innovationsfindung, bei der das „Use-Case Technology Mapping (UCTM) Framework“ zur Anwendung kam (siehe Abbildung unten). Dabei werden neuartige Technologien mit spezifischen Anwendungsfällen systematisch zusammengeführt und deren Umsetzungspotential bewertet. Die Ergebnisse dieses Schritts wurden zudem laufend mit europäischen Arbeitsgruppen und Gremien harmonisiert, um Insellösungen zu vermeiden und um möglichst viele Anwendungsfälle abzudecken.

Ein weiterer äusserst wichtiger Punkt bei der Betrachtung komplexer Systeme mit einer Vielzahl von Schnittstellen und Wechselwirkungen ist die Bestimmung aller relevanten Anforderungen. Hierbei können die methodischen Vorteile des Requirements- und Systems-Engineering ausgeschöpft werden. Nur so kann das Ziel eines reibungslosen europaweiten Einsatzes der entwickelten Lösungen sichergestellt werden.

Eines der wichtigsten Erkenntnisse dieser detaillierten Prozessanalyse ist die enorm hohe Komplexität der Verschubvorgänge. Zudem wurde sehr früh klar, dass Verschubstandorte auch innerhalb Österreichs, die ähnlich aufgebaut sind und gleichartige Dienstleistungen anbieten, massgeblich unterschiedliche Anforderungen haben können, weil sich mitunter auch deren Prozesse und Betriebsbeschreibungen unterscheiden. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass innovative Optimierungsansätze, die den Verschub digitalisieren und automatisieren, essentiell für den Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit des europäischen Schienengüterverkehrs sind. Dafür muss zunächst die derzeitige Landschaft genau betrachtet und bewertet werden, so dass neuartige Technologien identifiziert werden können. Dabei sind die europaweite Zusammenführung und Harmonisierung der technologischen und betrieblichen Anforderungen enorm wichtig, da nur so interoperable und zukunftssichere Lösungen gefunden werden können.

Optimierte Leerwagendisposition

Im Rahmen des Arbeitspakets zur teilautomatisierten Leerwagendisposition wurde untersucht, inwiefern sich der bestehende Dispositionsprozess von Leerwagen vereinfachen und teilweise automatisieren lässt. Derzeit weisen beim manuellen Prozess Leerwagendisponenten Bestände – also leere oder kurz vor der Entladung befindliche Güterwagen – händisch auf den Kundenbedarf nach leeren Güterwagen zu. Dafür müssen diese sowohl wissen, wann leere Güterwagen von ihrem Standort abgeholt werden, als auch das österreichische Schienengüterverkehrsnetz gut genug kennen, um abschätzen zu können, ob der Güterwagen rechtzeitig beim Kunden ankommt.

Da der Transport von leeren Güterwagen wertvolle Ressourcen wie Personal und Energie erfordert und zusätzlich die anfallenden Transportkosten nicht an die Kunden verrechenbar sind, sollen die Leerwagen möglichst effektiv eingesetzt werden. Dafür wurden im Forschungsprojekt zusammen mit der Universität Klagenfurt und der Klagenfurter Anexia Internetdienstleistungs GmbH zunächst der Prozess der Leerwagendisposition analysiert und die Disposition von leeren Güterwagen als Optimierungsproblem formuliert. Dabei wird die Anzahl der gefahrenen Leerkilometer als Kostenfunktion modelliert und somit minimal gehalten und gleichzeitig durch die berücksichtigten Nebenbedingungen sichergestellt, dass alle Bedarfe rechtzeitig gedeckt werden. Verschiedene (Integer-)Linear-Program-

Europäische Zusammenarbeit

Im Rahmen des Projekts TARO, das von Juni 2020 bis Dezember 2023 lief, arbeiteten 17 Partner aus Industrie und Wissenschaft sowie die ÖBB zusammen. Zudem gab es unter anderem eine enge Kooperation mit „Europe's Rail Joint Undertaking“, dem „European DAC Delivery Program“ sowie dem Projekt „DAC4EU“. Das Projekt TARO wurde durch das österreichische Bundesministerium für Klimaschutz (BMK) sowie die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) im Rahmen des Programms „Mobilität der Zukunft“ gefördert.

ming-Formulierungen wurden dabei hinsichtlich ihrer Performanz und Skalierbarkeit gebenchmarkt und verglichen.²

Zum Testen der Praxistauglichkeit wurde eine Prototyp-Software entwickelt, die Bedarfs- und Bestandsdaten aus dem Dispositionssystem übernimmt und optimierte Dispositionsvorschläge zurückgibt. Einerseits sollen damit die manuellen Tätigkeiten reduziert sowie die Disponenten bei ihrer Arbeit unterstützt werden, und andererseits erhofft man sich durch den neuen Planungsprozess eine gesteigerte Auslastung der Leerwagen.

Im Anschluss an das Forschungsprojekt TARO wird im Rahmen eines Proof-of-Concept-Projekts das Modul zur Generierung der Dispositionsvorschläge in die bestehende Systemlandschaft integriert, um das Einsparungspotential und die noch umzusetzenden Anforderungen besser abschätzen zu können. Für die Leerwagendisposition wird somit ein ähnliches Vorgehen wie bei der Lokomotiv- und Personaleinsatzplanung verfolgt, die im Projekt „Intelligente agentenbasierte Lokumlaufsimulation und -optimierung im Güterverkehr Österreichs“ (AundO) der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) aus den Jahren 2018 bis 2020 untersucht wurden und mittlerweile im Rahmen des konzernweiten ÖBB-Programms „Automated Resource Planning“ (ARP) schrittweise optimiert werden.

Diese Projekte zur Unterstützung der Disponenten bei komplexen Planungsprozessen wurden auch bereits 2019 mit dem Innovations- und Forschungspreis des Landes Kärnten in der Kategorie „KMU“, 2020 mit

Darstellung des UCTM-Framework (Grafik: TU Graz).

