

Operatives Verkehrsmanagement für einen energieeffizienten Bahnbetrieb

Verbesserte Energieeffizienz im Bahnbetrieb bei gestörtem Fahrplan durch vorausschauende Fahrweise mit einem vernetzten Fahrerassistenzsystem

Tilo Schumann
Michael Ummels

Mehrere Strecken im deutschen Bahnnetz sind hoch ausgelastet und werden teilweise über der betriebswirtschaftlich optimalen Leistungsfähigkeit betrieben. Diese hohen Belastungen führen zu einer hohen Empfindlichkeit gegenüber Störungen und zu einem suboptimalen Betriebsablauf. Jedoch ist es auch im Störfall möglich, den Betriebsablauf zu optimieren, flüssiger zu gestalten und so den Verspätungsaufbau und den Energiebedarf zu reduzieren. Bei Anwendung von Systemen zur Betriebsoptimierung kann auch die Leistungsfähigkeit des Netzes erhöht werden, da die negativen Auswirkungen von Störungen reduziert werden. Eine Möglichkeit ist der Einsatz von vernetzten Fahrerassistenzsystemen (FAS), die auf Daten aus einer Streckenzentrale zurückgreifen. Sie helfen dabei, unnötige Fahrmanöver zu verhindern: Ein Abbau der Verspätung ist nicht sinnvoll, wenn der Zug im weiteren Fahrtverlauf erneut behindert und der Verspätungsabbau damit wieder zunichte gemacht wird.

In diesem Artikel wird ein System für das operative Verkehrsmanagement vorgestellt, welches im Rahmen des Forschungsprojektes PiLoNav (Precise and Integer Localisation and Navigation in Rail and Inland Water Traffic) [1] entwickelt wurde. Der Fokus des Projekts lag auf der Erstellung eines Systems zur hochgenauen Ortung für den Schienen- und Binnenschiffsverkehr. Eine gute Ortung ermöglicht auch Anwendungen zur Betriebsoptimierung wie durch das hier beschriebene System demonstrieren werden konnte. Bei den Schienenanwendungen waren neben dem DLR auch die TU Dresden und die Firma Interautomation Deutschland GmbH (INT) beteiligt.

Fahrerassistenzsysteme im Bahnverkehr

Fahrerassistenzsysteme sind bereits bei vielen Eisenbahnverkehrsunternehmen im Einsatz. Häufig haben sie die Aufgabe, dem Triebfahrzeugführer (Tf) Hinweise zu geben, damit dieser seine Fahrweise mit dem Ziel eines geringeren Energiebedarfs durch Ausnutzung der Fahrzeitreserve anpas-

sen kann. Aber auch eine Reduzierung des Verschleißes (z. B. der Bremsen) sowie eine Verbesserung der Pünktlichkeit gehören zu den Einsatzfeldern. Die Berücksichtigung des umgebenden Betriebsgeschehens findet bisher eher selten statt. Grund hierfür sind deutlich höhere Anforderungen an ein solches System: Es muss eine Datenkommunikation zwischen allen Zügen und den Stellwerken bzw. der Streckenzentrale geben und die Züge müssen genauer geortet werden als nur an den Signalstandorten. Da mehrere Züge kooperativ beeinflusst werden sollen, muss die Optimierung in der Streckenzentrale stattfinden, daher muss ein solches System auch durch den Infrastrukturbetreiber und nicht durch die Eisenbahnverkehrsunternehmen betrieben werden.

Der wesentliche Nutzen von Betriebsoptimierungssystemen ist die Vermeidung von Halten an Signalen. Wenn ein Konflikt erkannt wird, kann der nachfolgende Zug seine Fahrweise so anpassen, dass der Halt vermieden wird. Voraussetzung dafür ist die Kenntnis des Fahrprofils des vorausfahrenden Zuges. Der Betrieb bei plötzlich auftretenden Störungen kann schwierig optimiert werden. Allerdings handelt es sich größtenteils um Folgekonflikte, die vorhersagbar sind.

Ein Beispiel für ein in Betrieb befindliches System ist CATO (Computer Aided Train Operation) [2], welches unter anderem auf der schwedischen Erzbahn zwischen Kiruna und Narvik im Einsatz ist. Auf der eingleisigen Strecke kreuzen sich volle und leere Erzüge. Hier ist es sinnvoll, den Betrieb so zu steuern, dass die schweren, vollbeladenen Züge ohne Halt durchfahren können und die leeren auf die vollen Gegenzüge warten. Das CATO-System ist auf den Lokomotiven und in der Streckenzentrale im Einsatz und verwendet für die Kommunikation ein Protokoll namens EETROP (Energy Efficient Train Operation) [3], welches im hier vorliegenden System zum Einsatz kommt. Der Vorteil eines einheitlichen Standards für die Kommunikation zwischen FAS und Streckenzentrale ist, dass auf den Fahrzeugen Systeme unterschiedlicher Hersteller eingebaut werden können, die miteinander im Wettbewerb stehen können.

Ein weiteres im Einsatz befindliches System ist die in ETCS Level 2 integrierte AF (Automatic Function) im Lötschberg-Ba-

sistunnel der BLS [4], wo Halte im Tunnel vor dem eingleisigen Abschnitt vermieden werden sollen. Die Deutsche Bahn arbeitet im Rahmen von FreeFloat an einem System namens KE/KL-ZLR (Konflikterkennung, Konfliktlösung – Zuglaufregelung) [5]. Die Fahrempfehlungen sollen hier auf dem gewöhnlichen EBUa-Bildschirm (Elektronischer Buchfahrplan) dargestellt werden.

Das in diesem Beitrag beschriebene System setzt sich die Interoperabilität als zentrales Ziel. Das System soll mit allen Fahrerassistenzsystemen zusammenarbeiten und verwendet entsprechend einen universellen Schnittstellenstandard. Die Validierung der Software erfolgte im Bahnlabor des DLR, dem RailSiTe (Railway Simulation and Testing) [6], wo eine Simulation des gestörten Bahnbetriebs durchgeführt werden kann. Die Kommunikation mit den simulierten Zügen erfolgt wie in der Realität mithilfe des Protokolls EETROP. Einer der Züge der Simulation wird manuell gesteuert, wobei der Tf Informationen vom Fahrerassistenzsystem der TU Dresden und von INT, dem Inline FAS, erhält. Die Kommunikation zwischen dem Tool für Operatives Verkehrsmanagement (OVM-Tool) und FAS erfolgte ebenfalls über das Protokoll EETROP.

Bahnbetrieblicher Hintergrund

Das OVM-Tool ist für konventionelle Strecken mit ortsfesten Vor- und Hauptsignalen ausgelegt. Grundlage für die Berechnung von Zielpunkten, die den Zügen eine Fahrt ohne Signalhalt ermöglichen, ist die Dauer der Blockbelegung. Nach Pachl [7] beginnt die Blockbelegung bereits mit der Annäherung des Zuges an das Vorsignal und endet erst, nachdem der Zug mit seiner letzten Achse den Zugschlusspunkt am Ende des Durchrutschweges befahren hat und die Fahrstraße wieder aufgelöst wurde. Somit ist in der Blockbelegungszeit auch die Dauer der stewartstechnischen Prozesse zum Stellen der Signale bzw. Einstellen und Auflösen der Fahrstraße enthalten. Diese Definition garantiert, dass ein Zug genau dann auf ein „Halt erwarten“ zeigendes Signal zufährt, wenn sich seine Blockbelegung mit der eines anderen Zuges überlappt. Folglich kann eine flüssige, behinderungsfreie Zugfahrt nur durch

frühzeitige Beseitigung von Belegungs-konflikten erreicht werden.

Die einfachste Weise, einen Belegungskonflikt zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zügen zu verhindern, ist die frühzeitige Verbiegung des nachfolgenden schnelleren Zuges, d.h. dessen Geschwindigkeit der des langsameren Zuges mindestens bis zur nächsten Überholmöglichkeit anzupassen, so dass die Blockbelegungen aneinander-grenzen, sich aber nicht überlappen (Abb. 1). Dazu muss dem nachfolgenden Zug frühzeitig mitgeteilt werden, zu welchem Zeitpunkt er ein Vorsignal passieren muss, so dass dieses bei der Annäherung keinen restriktiven Fahrbegriff zeigt. Die entstehende Zeitreserve kann dann für eine energieeffiziente Fahrweise (berechnet mithilfe eines Fahrerassistenzsystems) genutzt werden. Im günstigsten Fall muss der Zug nicht einmal bremsen, um sich an die Geschwindigkeit des vorausfahrenden Zuges anzupassen, sondern kann diese allein durch eine Phase des Ausrollens (d.h. Abschaltung der Zugkraft) erreichen. Im Vergleich zu einem Signalhalt mit anschließendem erneutem Anfahren sind ein geringerer Energieverbrauch sowie eine geringere Zusatzverspätung zu erwarten.

Systemarchitektur des OVM

Das OVM-Tool ist als in der Streckenzentrale angesiedeltes System konzipiert, welches mit Fahrerassistenzsystemen verschiedener Hersteller über eine einheitliche Schnittstelle kommuniziert. Der umgesetzte Prototyp benutzt das auf dem XML-Format (eXtensible Markup Language) basierende EETROP-Protokoll, welches im Rahmen des EU-Projektes RailEnergy [8] entwickelt wurde. Mit Hilfe dieses Protokolls senden die Züge ihre Position und Geschwindigkeit an das OVM-Tool, welches wiederum die berechneten Zielpunkte an die Züge sendet. EETROP unterscheidet dabei zwischen verbindlichen und einschränkenden Zielpunkten. Ein verbindlicher Zielpunkt besteht aus einem Streckenpunkt, einem Zeitpunkt und einer Zielgeschwindigkeit, die möglichst genau eingehalten werden müssen. Ein einschränkender Zielpunkt besteht aus den gleichen Elementen, enthält aber zusätzlich die Information, ob der angegebene Zeitpunkt eine früheste oder späteste Durchfahrt beschreibt und ob die angegebene Geschwindigkeit eine Mindest- oder Höchstgeschwindigkeit ist. Die EETROP-Spezifikation gestattet, dass eine Nachricht aus mehreren Zielpunkten besteht, wobei einer davon ein verbindlicher Zielpunkt sein muss. In der Praxis bietet es sich an, den nächsten fahrplanmäßigen Halt eines Zuges als verbindlichen Zielpunkt (mit der Zielgeschwindigkeit von $v=0$ km/h) zu benutzen und einschränkende Zielpunkte auf dem Weg dorthin entsprechend der prognostizierten Blockbelegung zu platzieren.

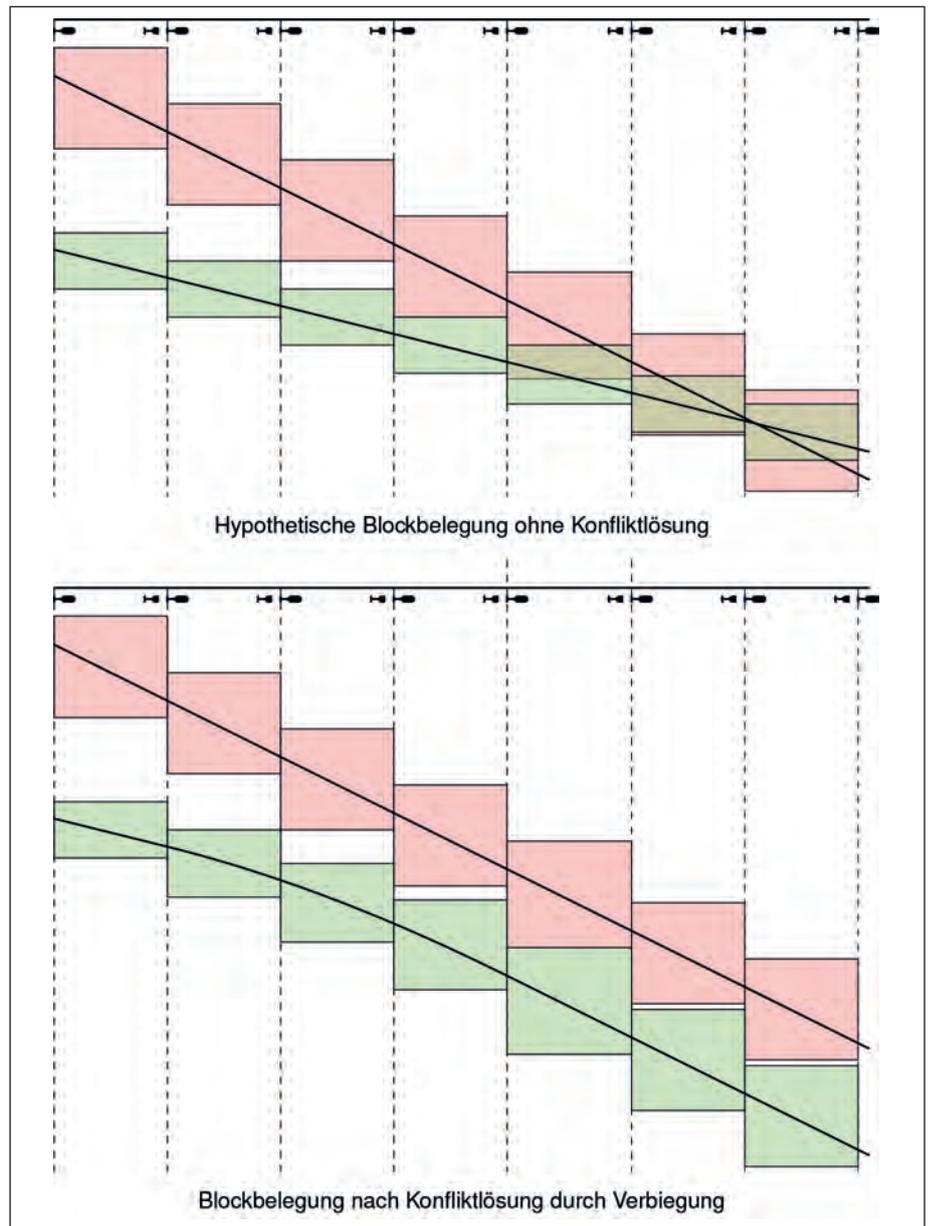


Abb. 1: Ein schnellerer Zug nähert sich einem langsamen – der Konflikt wird durch Verbiegen gelöst, der schnellere Zug spart Energie, erhält aber eine Verspätung.

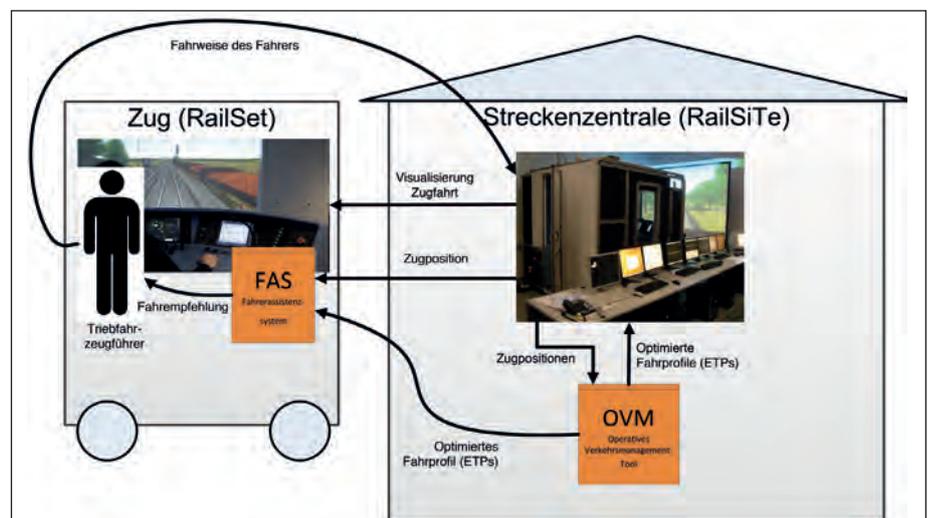


Abb. 2: Aufbau der Demonstration und Schnittstellen zwischen OVM-Tool und Fahrerassistenzsystem im Bahnlabor des DLR RailSiTe

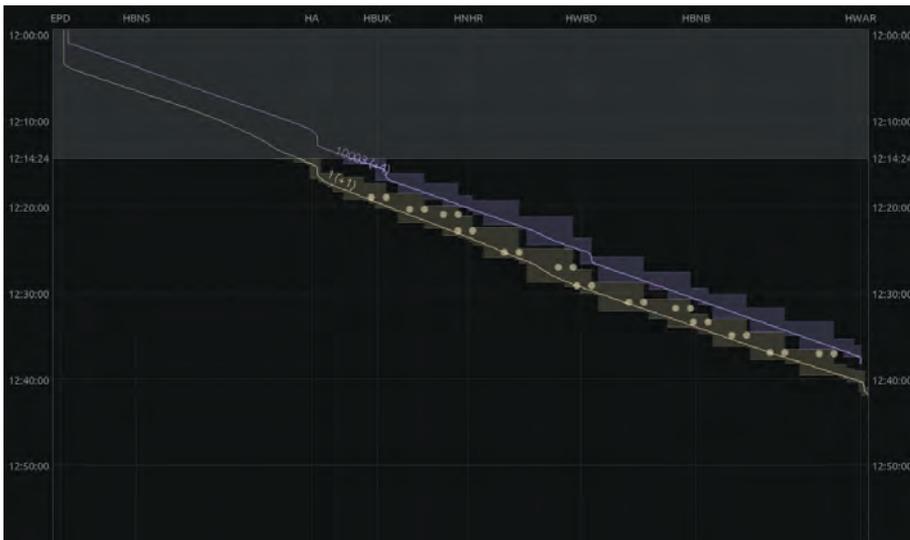


Abb. 3: Screenshot des OVM-Tools: Zwei Züge fahren von Paderborn nach Warburg (Westf.), die Punkte entsprechen den Zielpunkten für den zweiten Zug, die nicht vorher früher werden dürfen.

Eine grundlegende Prämisse des OVM-Tools ist, dass keine vollständigen Trajektorien an die Züge gesendet werden, sondern nur so viele Zielpunkte wie nötig, um einen Belegungskonflikt zu vermeiden. Im Rahmen der durch die Zielpunkte definierten Einschränkungen ist es Aufgabe des Fahrerassistenzsystems, eine genaue, möglichst energieoptimale Trajektorie und entsprechende Empfehlungen für den Triebfahrzeugführer zu berechnen. Damit wird der hohe Aufwand zur Berechnung einer optimalen Trajektorie auf die Systeme an Bord verlagert, die für ihre Optimierung nicht die fahrdynamischen Eigenschaften der anderen im Netz befindlichen Züge berücksichtigen müssen.

Um die Belegungszeiten und Zielpunkte berechnen zu können, benötigt das OVM-Tool detaillierte Informationen über die Streckeninfrastruktur, den Fahrplan und die verkehrenden Fahrzeuge. Um diese Informationen einlesen zu können, besitzt das System eine Schnittstelle zum weit verbreiteten Austauschformat railML (Datenaustauschformat im Schienenverkehrssektor auf XML-Basis).

Da dem OVM-Tool die Position der Züge über On-Board-Systeme mitgeteilt wird, erfordert das System keine Anbindung an die Leit- und Sicherungstechnik, so dass das System nicht sicherheitskritisch ist. Dies bedeutet allerdings auch, dass wenn ein Zug von seiner fahrplanmäßigen Fahrstraße abweicht, das System dies erst bemerkt, wenn der Zug eine Position sendet, die auf der abweichenden Fahrstraße liegt. Außerdem werden nur Züge vom System berücksichtigt, die ihre Position an das Tool senden, was eine möglichst vollständige Ausstattung der Züge mit entsprechender Technik voraussetzt. Im realen Einsatz wäre eine Anbindung an die Leit- und Sicherungstechnik daher zumindest für eine Übergangsphase unabdingbar.

Implementierung des OVM

Der Prototyp des OVM-Tools wurde in Clojure, einer mit Java kompatiblen funktionalen Programmiersprache entwickelt. Das Tool lässt sich als Desktop-Anwendung ausführen und kommuniziert mit den Fahrerassistenzsystemen über eine vorhande-

ne Internetverbindung. Nach dem Start des Tools kann der Benutzer die in einer railML-Datei abgespeicherten Strecken-, Fahrplan- und Fahrzeugdaten einlesen. Nach Einlesen der Daten kann der Benutzer den eigentlichen Betrieb starten. In diesem Modus berechnet die Software in regulären Abständen (z. B. alle 30 Sekunden) die prognostizierten Blockbelegungen, führt daraufhin die Verbiegung durch und sendet die sich daraus ergebenden Zielpunkte an die Züge.

Demonstration

Die Demonstration des Systems erfolgte im Bahnlabor RailSiTe auf der Bahnstrecke von Paderborn nach Warburg (Westf.). Die 54 km lange Teststrecke (Strecken-Nr. 1760/2970) wurde gewählt, weil sie eine ausreichende Länge hat und die Visualisierung sehr realitätsnah gestaltet ist. Die Strecke ist zweigleisig und elektrifiziert und vermittelt damit auch den Eindruck des Zielgebiets der Anwendung der Betriebsoptimierung, die auf hoch ausgelasteten Strecken sinnvoll ist. In Abb. 2 ist der Aufbau der Demonstration erkennbar. Das OVM-Tool und das FAS wurden in das RailSiTe integriert. In der Realität würde das OVM-Tool die Positionen und Zugdaten von den Zügen der Strecke per Funkschnittstelle erhalten, in der Simulation kommen diese Daten vom Simulationsrechner des RailSiTe. Im Führerstand des RailSiTe wurde das FAS installiert. Von hier aus wird der manuell gesteuerte Zug bedient. Das FAS erhält die aktuellen Zugdaten und Position ebenfalls vom RailSiTe-Simulationsrechner, in der Realität würden diese von zugehörigen Systemen ermittelt. Das Demonstrationsszenario besteht aus einem langsameren automatisch gefahrenen Regionalzug, dem ein ICE folgt. Die Ansicht dieses Szenarios im OVM-Tool ist in Abb. 3 zu sehen. Bei Letzterem handelt es sich um den manuell gesteuerten Zug. Neben der Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h wirkt sich noch ein zusätzlicher Halt des Regionalzuges störend auf den mit 120 km/h fahrenden ICE aus. Planmäßig wäre der Regional-

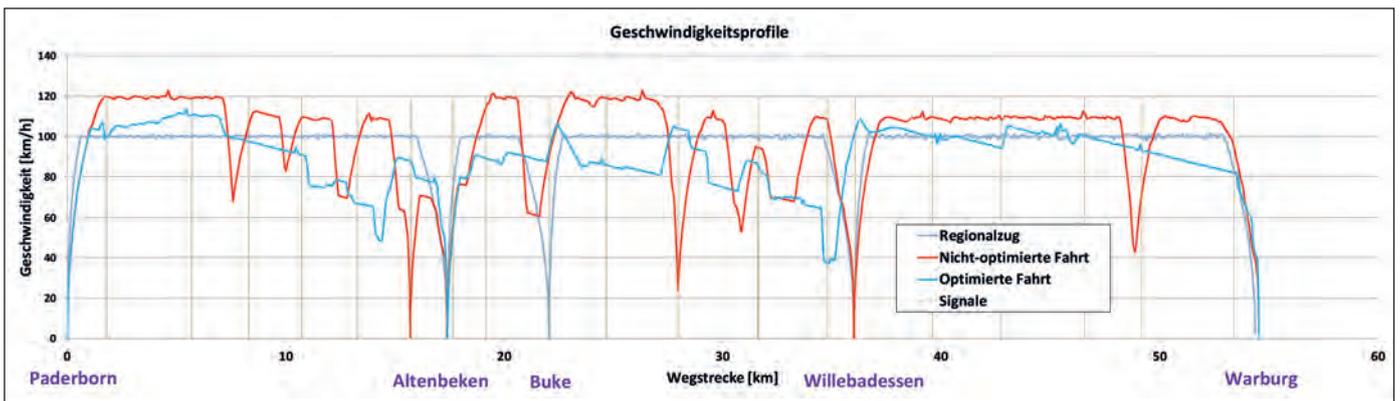


Abb. 4: Fahrprofile der optimierten und nicht optimierten Fahrt

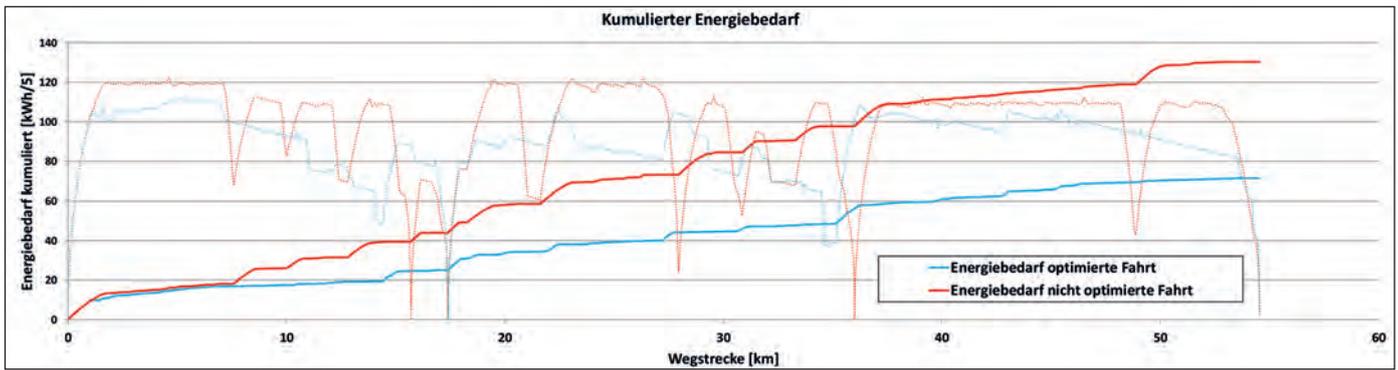


Abb. 5: Kumulierter Energiebedarf der optimierten und nicht optimierten Fahrt

zug kurz vor dem ICE in Warburg (Westf.) angekommen, dem Regionalzug wurde aber eine Verspätung von fünf Minuten gegeben, die sich bis zur Endstation auf vier Minuten verkürzte. Das Demonstrationsszenario wurde einmal mit und einmal ohne die Kombination OVM und FAS simuliert. Bei der Fahrt ohne Assistenz wurde eine spitze Fahrweise realisiert. In der Realität kann davon ausgegangen werden, dass der Tf nach mehreren Signalen mit der Signalbedeutung „Halt erwarten“ und „Halt“ nicht mehr die fahrplanmäßig zulässige Geschwindigkeit fahren würde und somit die Energieeinsparung wahrscheinlich etwas kleiner ausfällt als hier ermittelt.

Ergebnisse

Abb. 4 zeigt die Geschwindigkeitsprofile des ICE mit und ohne Betriebsoptimierung und Assistenz. In beiden Fällen erreichte der ICE das Ziel nach 39 Minuten. Dies ist zwar fünf Minuten länger als geplant, aber die Verspätung ist in beiden Fällen gleich und wird durch den vorausfahrenden Zug verursacht. Eine weitere Erhöhung der Verspätung durch die optimierte Fahrweise tritt nicht ein. Im Bild ist sehr gut die spitze Fahrweise bei der nicht assistierten Fahrt mit vielen Brems- und Beschleunigungsvorgängen zu sehen. Häufig war eine Bremsung erforder-

	Energiebedarf [kWh]	Fahrzeit [min]
Optimierte und assistierte Fahrt	356	39
Nicht optimierte Fahrt	651	39

Tab. 1: Vergleich der wesentlichen Ergebnisse der optimierten und nicht optimierten Fahrt

derlich, weil das Vorsignal „Halt erwarten“ zeigte, bei Erreichen des Hauptsignals der vorausliegende Abschnitt aber meist wieder frei war. Vor den Bahnhöfen Altenbeken und Willebadessen kam der ICE auch zum Halt vor einem „Halt“ zeigenden Signal. An diesen Betriebsstellen hielt der Regionalzug an. Bei der assistierten Fahrt trat nie der Fall auf, dass der Triebfahrzeugführer ein Vorsignal in der Stellung „Halt erwarten“ sah. Die Fahrweise ist deutlich harmonischer, es gibt viele und längere Phasen des Ausrollens. Abb. 5 zeigt den kumulierten (mechanischen) Energieverbrauch für beide Fahrten und zur Orientierung die Fahrprofile im Hintergrund. Die assistierte Fahrt benötigte 356 kWh, die nicht-unterstützte 651 kWh. Der Energiebedarf konnte somit um 45% reduziert werden, ohne die Fahrzeit zu verlängern. Am Anfang der Fahrt ähneln sich die Kurven noch, gehen dann aber durch die vielen Brems- und Beschleunigungsvorgänge auseinander. Die Ergebnisse sind noch einmal in Tab. 1 zusammengefasst.

Fazit und Ausblick

Die Demonstration hat gezeigt, dass in der Betriebsoptimierung Potenziale bei Störungen liegen. Durch Verbiegen eines schnellen Zuges konnte im Vergleich zu einer nicht optimierten Fahrt 45% Energie eingespart werden.

Allerdings beschränken sich die Möglichkeiten der Betriebsoptimierung nicht nur auf das Verbiegen, sondern beinhalten auch dispositive Eingriffe. Schnellere Züge überholen im Interesse der Pünktlichkeit langsamere Züge. Eine Optimierung kann hier über die Festlegung des Ortes der Überholung stattfinden. Ebenso interessant ist auch die Entscheidung über die Zugreihenfolge an Abzweigstellen oder die Gleiswahl in Bahnhöfen. Hier besteht noch Untersuchungsbedarf. Es ist geplant, das OVM-Tool zu erweitern, so dass auch Dispositionsentscheidungen simuliert und bewertet werden. Im Ergebnis steht dann eine Empfehlung für eine Dispositionshandlung oder eine automatische Überführung der besten Lösung



Richtig aufgegleist - mit Produkten und Dienstleistungen von Wacker Neuson.

Damit der Schienenverkehr Tag für Tag reibungslos rollt, müssen Sie als Gleisbauer auch unter Zeitdruck zuverlässig arbeiten. Wir bieten Ihnen dafür maßgeschneiderte Lösungen: Maschinen, Geräte sowie eine Reihe von hilfreichen Services, die genau auf Ihre Anforderungen im Gleisbau zugeschnitten sind!

www.wackerneuson.de
kundendialog@wackerneuson.com



WACKER NEUSON
all it takes!

in die Zuglenkungssysteme. Dies kann in größeren Störungssituationen bei der Entlastung des Disponenten helfen (z. B. bei der Wahl eines Alternativgleises in einem Durchgangsbahnhof). Da der Disponent aber über Erfahrung und evtl. Wissen verfügt, welches automatische Systeme nicht in ihre Entscheidung einbeziehen, liegt der Fokus auf Dispositionsempfehlungen.

LITERATUR

[1] Projekt Pilonav, Neue Fahrerassistenzsysteme erhöhen Sicherheit auf Schienen und Binnenwasserstraßen, http://www.dlr.de/ts/desktopdefault.aspx/tabid-12119/1669_read-40264/, abgerufen am 20.03.2015

[2] Lagos, M.: CATO offers energy savings, Railway Gazette International, May 2011, S. 50–52

[3] Doby, C.: Energy Efficiency in Train Operation, Alstom France, Seminar, Institution of railway Electrical Engineers India

[4] Achemann, E.: Erfahrungen mit der neuen Verkehrsleittechnik im Lötschberg-Basistunnel, ETR Swiss – Eisenbahntechnische Rundschau Nr. 2|2013, Oktober 2013, S. 72–75

[5] Butz, B.; Neuber, M.: Automatische Konflikterkennung und teilautomatisierte Konfliktlösung für die Zugdisposition in Echtzeit, Beratergruppe Verkehr + Umwelt, Computer Science and Transport Symposium, 10. Mai 2012, Kiel

[6] RailSiTe: Railway Simulation and Testing, http://www.dlr.de/fs/desktopdefault.aspx/tabid-1235/1688_read-3254/, abgerufen am 20.03.2015

[7] Pacht, J.: Systemtechnik des Schienenverkehrs, 7. Auflage 2013, Springer-Vieweg, S. 46

[8] Railenergy, Conference 23.09.2009, Tours, Panel 2, Operation, http://www.railenergy.org/file.php?id=1125&save_dialogue=1, abgerufen am 20.03.2015



Dipl.-Ing. Tilo Schumann

Stv. Gruppenleiter Bahnbetrieb
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
Institut für Verkehrssystemtechnik
tilo.schumann@dlr.de



Dr. Michael Ummels

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
Institut für Verkehrssystemtechnik
michael.ummels@dlr.de

Zusammenfassung

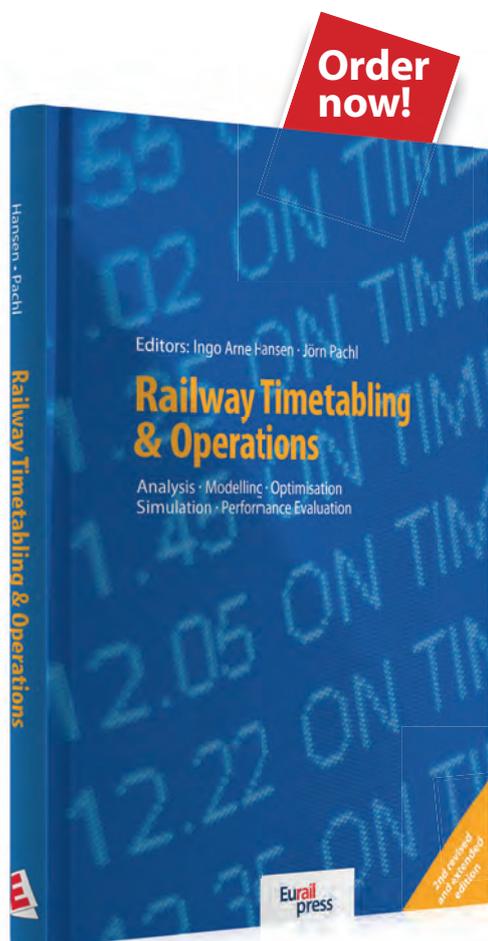
Operatives Verkehrsmanagement für einen energieeffizienten Bahnbetrieb

Das Operative Verkehrsmanagement (OVM-Tool) ist ein System, welches eine netzseitige Optimierung des Eisenbahnverkehrs im Hinblick auf einen reduzierten Energiebedarf durchführt und das Auftreten von Konflikten zwischen Zugfahrten verhindert. Das System benötigt ein Fahrerassistenzsystem an Bord des Zuges, ist aber nicht auf spezielle Produkte angewiesen, sondern nutzt ein offenes Kommunikationsprotokoll. Die Demonstration des Szenarios eines Zugfolgekonflikts zeigte eine mögliche Energieeinsparung von 45% gegenüber einer nicht optimierten „spitzen“ Fahrweise mit wiederholten Brems- und Anfahrvorgängen bei gleicher Fahrzeit.

Summary

Operative traffic management for energy efficient railway operation

The operative traffic management (OVM-tool) is a system that optimises railway network operations in order to reduce energy consumption and to prevent conflicting train paths. The system requires a driver assistance system on board of the trains, but as it uses an open communication protocol it is independent from specific products. The demonstration of the scenario of a conflict in the sequence of trains showed up possible energy savings of up to 45 % compared to a non-optimised “tight” way of driving with repeated braking and starting operations at equal journey time.



Railway Timetabling & Operations

Analysis, Modelling, Optimisation, Simulation, Performance Evaluation

The performance of many railway networks and the quality of service offered is becoming more and more critical.

The main issues to be addressed are the increasing traffic volumes and making the best use of the available capacity, at the same time resolving train scheduling and management problems.

This is an updated, revised and extended edition of 'Railway Timetable & Traffic', published in 2008. It describes the state-of-the-art methods of railway timetabling and optimisation, capacity estimation, train operations analysis and modelling, simulation, rescheduling and performance assessment. The intention is to stimulate their broader application in practice and to highlight current and future research areas.

Find out more and order your copy on:

www.eurailpress.de/rto

€ 69

(incl. VAT, excl. postage)

Contact

DVV Media Group GmbH | Eurailpress

Email: book@dvvmedia.com • Phone: +49 40 237 14 -440

Fax: +49 40 237 14 -450