



VERIFIZIERUNG DER STROMEINSPARUNG DURCH ENERGIEEFFIZIENTES ZUGSMA- NAGEMENT

Jahresbericht 2008

Autor und Koautoren	Stefan Menth, Markus Halder, Marco Lüthi
beauftragte Institution	emkamatik GmbH
Adresse	Rebbergstrasse 20a, 5430 Wettingen
Telefon, E-mail, Internetadresse	079 635 26 85, stefan.menth@emkamatik.com
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	102645 / 153427
BFE-Projektleiter	Roland Brüniger
Dauer des Projekts (von – bis)	1. Juli 2008 – 31. Dezember 2009
Datum	1.12.2008

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Projekt wird der Energiespareffekt des bei den SBB in Entwicklung stehenden intelligenten Zugsmangements abgeschätzt. Der Spareffekt entsteht durch Vermeidung von Signalhalten und vorausschauende Fahrweise durch Vorgabe eines optimierten Fahrprofils. Zur Quantifizierung der heutigen Situation wurden Konzepte und Methoden entwickelt, welche die Zahl der Konflikte (Signalhalte) und den Fahrstil aus Betriebsdaten (Zeitstempel von Zugsdurchfahren an Hauptsignalen) extrahieren. Weiter wurden erste Auswertungen und Hochrechnungen auf das Gesamtnetz durchgeführt. Die Analyse wird noch ausgedehnt auf die Bözberg-Linie und die Strecke Zürich – Chur, um auch Einflüsse von Güterverkehr und Fernverkehr zu berücksichtigen.

Für das langfristige Monitoring des Energieverbrauchs im Traktionsbereich der SBB wurde ein Konzept zur betrieblichen Erfassung wichtiger Einflußgrößen auf Triebfahrzeugen entwickelt, welches in den kommenden Arbeitsschritten implementiert und probeweise auf einigen Fahrzeugen (MPZ / FLIRT / ICN) eingebaut wird. Zusammen mit weiteren Einflußgrößen (Fahrplandaten, Strecke, Umgebungstemperatur, Anhängelast) können damit für die wichtigsten Fahrzeugflotten der SBB die wesentlichen Zusammenhänge ermittelt und gezielt neue Optimierungsmaßnahmen ermittelt oder bereits umgesetzte beurteilt werden.

Projektziele

Das in den Jahren 2006/2007 durchgeführte Projekt „Potentialermittlung Energieeffizienz Traktion bei den SBB“ hat das Einsparpotential einer Reihe technischer Massnahmen an Fahrzeugen sowie betrieblicher Massnahmen wie die Schulung der energieeffizienten Fahrweise ermittelt [1]. In Summe beträgt das damit Einsparpotential etwa 5 bis 7 % des heutigen Energieverbrauchs. Da die *Schweizerischen Bundesbahnen (SBB)* das Einzelunternehmen mit dem grössten Elektrizitätsbedarf in der Schweiz sind, ist der Effekt beträchtlich. Die Studie hat ein ähnlich grosses Sparpotential für das energieeffiziente Management von Zügen abgeschätzt. Da dieses Thema nicht im Fokus des Projekts stand wurde für die in [1] angegebene Abschätzung keine taillierten Modellrechnungen sondern nur Hochrechnungen aus Einzelfahrten durchgeführt. Das aktuelle Projekt ist als Ergänzung des ersten Projekts zu sehen und weist mehrere Schwerpunkte auf.

Schwerpunkt 1: Abschätzung des Einsparpotentials durch intelligentes Zugmanagement

Bei den SBB läuft ein Projekt für Intelligentes Zugmanagement dessen Fokus auf der Erhöhung Trassenkapazität und der Verbesserung der Pünktlichkeit im Kernnetz liegt. Ziel ist, in dicht befahrenen Netzabschnitten konfliktfreie Fahrprofile („Beta-Trassen“) basierend auf der aktuellen Verkehrslage zu bestimmen und den Lokführern mitzuteilen. Die Lokführer sollen diese Profile so genau wie möglich befolgen. Als positiver Effekt sind kleinere Streuung der effektiv gefahrenen Fahrzeiten, eine bessere Planbarkeit des Betriebs und damit eine höhere Netzkapazität. Dieser Ansatz ist aber auch aus energetischer Sicht interessant: die Anzahl ungeplanter Signalhalte wird reduziert und eine gleichmässige und vorausschauende Fahrweise ermöglicht.

Das Ziel des ersten Schwerpunktes ist, durch Analyse von Daten aus Versuchen im Raum Luzern und Zürich – Chur sowie Simulationen mit Energieverbrauchsmodellen das Energiesparpotential abzuschätzen und zu prüfen, ob die Algorithmen zur Berechnung von optimalen Trassen aus energietechnischer Sicht weiter optimiert werden könnten.

Schwerpunkt 2: Monitoring des Energieverbrauchs in der Praxis

Dieser Schwerpunkt hat zum Ziel, mehr Informationen über den Energieverbrauch und seine Einflussfaktoren in der Praxis zu erhalten. Dazu werden auf einigen Fahrzeugen Datenlogger zur Aufzeichnung relevanter Prozesswerten (z.B. Geschwindigkeit, Hauptleitungsdruck) eingebaut. Damit können Erkenntnisse aus dem betrieblichen Alltag gewonnen werden:

- Fahrstil (Einsatz Pneumatischer Bremse)
- Effektive in der Praxis gefahrene Fahrprofile
- Anzahl und Ausmass von Verspätungen und Signalhalten
- Korrelation dieser Daten zum Energieverbrauch

Die Analyse der Daten liefern wertvolle Informationen über „die Praxis“ und weitere Optimierungsmassnahmen technischer und betrieblicher Art. Alle erfassten Daten werden zusammen mit Fahrplandaten und Meteodaten in eine Datenbasis abgelegt, auf welcher sich die Entwicklung des Energieverbrauchs über längere Zeiträume verfolgen lässt.

Als Pilotanwendung im Rahmen des Projekts werden zwei Fahrzeugreihen der SBB (Nahverkehr: FLIRT oder MPZ, Fernverkehr: IC-Neigezug) ausgemessen und analysiert.

Schwerpunkt 1 hat starken Forschungscharakter, Schwerpunkt 2 ist innovativ mit starkem Praxisbezug und dient dazu, die Entwicklung des Energieverbrauchs über längere Zeiträume zu beobachten und die Umsetzung von Optimierungsmassnahmen zu beurteilen.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Schwerpunkt 1: Energieeinsparung durch intelligentes Zugmanagement

Die Methoden für diesen Schwerpunkt sind entwickelt und Auswertungen für den Perimeter Luzern wurden durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass für die Hochrechnung des Sparpotentials des ganzen SBB-Netzes zusätzliche Abschnitte (z.B. Bözberglinie) erfasst und ausgewertet werden müssen. Diese Arbeiten sind im Gang.

Ausgehend von punktuell an Hauptsignalen erfassten Betriebsdaten der SBB können Verspätungen im Netz und das Fahrverhalten der Lokführer und die Zahl der geplanten und ungeplanten Signalhalte analysiert werden. Die bisher durchgeführten Auswertungen zeigen signifikante Unterschiede im Fahrverhalten der einzelnen Lokführer und interessanterweise hat die Verspätungslage eines Zuges keinen Einfluss auf das Fahrverhalten. Ausnahmen sind nur vor bekannten Konfliktpunkten (z.B. am

Rotsee Richtung Luzern) erkennbar, jedoch auch nur für einen Teil der Lokführer. Weiter wurde durch Auswertung der Fahrzeiten über einen gegebenen Abschnitt festgestellt, dass ein einziges gültiges typisches Fahrmuster nicht existiert. Die punktuelle (und nicht kontinuierliche) Erfassung der Züge im Netz hat zudem zur Folge, dass Beeinflussungen von Zügen durch geschlossene Signale nicht automatisch und fehlerfrei erkannt werden können. Mittels Auswertung von Abschnittszeiten und Zeit-Weg-Diagrammen müssen Beeinflussungen daher manuell bestimmt werden.

Obwohl die Fahrweise der einzelnen Fahrten recht stark streut kann aus den Betriebsdaten ein mittleres, nicht-beeinflusstes Fahrprofil gewonnen werden, welches ungefähr dem durchschnittlichen heutigen Verhalten entspricht. Dessen Energieverbrauch kann mit demjenigen der mittels FARE berechneten konfliktfreien Fahrprofile verglichen werden.

Das zweite Einsparpotential resultiert aus der Reduktion der Anzahl Signalbeeinflussungen kann ebenfalls quantifiziert werden. Ausgehend von den Betriebsdaten werden die Signalbeeinflussungen kategorisiert und mit der gemessenen Anzahl Beeinflussungen je Kategorie hochgerechnet. Somit kann der eingesparte Energieverbrauch durch Signalbeeinflussung bestimmt werden. Die Berechnungen werden konkret anhand von Auswertungen im Perimeter Luzern, sowie für die Korridore (Zürich)-Thalwil-Landquart-(Chur) und für die Bözberglinie auf dem Abschnitt Stein-Säckingen-Brugg-Dottikon-Dintikon erstellt.

2. Monitoring des Energieverbrauchs in der Praxis

Ein erster Ansatz mit einer Energiemesseinrichtung kombiniert mit GPS- und zusätzlichen Daten mit der slowenischen Firma Solvera Lynx ist aus konzeptionellen und finanziellen Gründen nicht weiter verfolgt worden. Dadurch haben sich die Arbeiten dieses Paketes gegenüber der ursprünglichen Planung verzögert. Als Ersatz zum ursprünglichen Ansatz wurde ein Konzept erarbeitet, bei welchem die auf ausgesuchten Fahrzeugen installierten Energiezähler ergänzt werden mit Datenloggern, welche autonom die energetisch relevanten Prozesswerte während des Betriebs aufzeichnen. Partner dafür ist die Firma *Selectron* in Lyss/BE. Der Ansatz ist sehr flexibel und kann auf verschiedenen Fahrzeugreihen der SBB eingesetzt werden.

Gemäss aktueller Planung soll der Ansatz auf einem FLIRT (vermutlich S-Bahn Basel) und einem MPZ (modernisierter Pendelzug) getestet werden. Die Datensammlung für den IC Neigezug ist ebenfalls vorbereitet und kann Anfang 2009 in Angriff genommen werden. Der Zeitpunkt ist gegeben durch die Verfügbarkeit neuer Möglichkeiten zur Fernkonfigurationen und -abfrage der Fahrzeugleittechnik auf dem ICN. Dies erlaubt die Parametrisierung der Messung und Abfrage der Messdaten und erspart den häufigen Besuch der Fahrzeuge zwecks Datensicherung. Anschliessend an die Messungen werden die Daten analysiert, indem die Einflussfaktoren (Fahrstil, Strecken, Meteorologische Bedingungen, Anhängelasten) mit dem Energieverbrauch korreliert werden. Damit ist die Grundlage für das langfristige Monitoring des Energieverbrauchs auf den wichtigsten Fahrzeugflotten der SBB gelegt.

Nationale Zusammenarbeit

Das Projektteam besteht aus Mitarbeitern der Division Infrastruktur und des BahnUmweltcenters der SBB, *emkamatik* GmbH und Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich. Weiter sind als Unterlieferanten für messtechnische Ausrüstungen auf MPZ und FLIRT Fahrzeugen die Firma *Selectron* in Lyss/BE eingebunden.

Internationale Zusammenarbeit

Das BahnUmweltcenter der SBB und *emkamatik* sind am Europäischen Forschungsprojekt „Railenergy“, das im 6. EU-Rahmenprogramm stattfindet, beteiligt. Dort werden Fragen zur Energieeffizienz von Eisenbahnfahrzeugen auf europäischer Ebene gemeinsam mit Fahrzeugherstellern und nationalen und privaten Bahnbetreibern behandelt. Der Austausch zwischen verschiedenen Europäischen Bahnbetreibern sowie Fahrzeugherstellern ist somit zumindest informell gegeben.

Bewertung 2008 und Ausblick 2009

Die Arbeiten an Schwerpunkt 1 haben sich als umfangreicher als in der ursprünglichen Planung herausgestellt. Grundsätzlich ist die Abschätzung des Einsparpotentials auf der vorhandenen Datenbasis machbar und die Algorithmen dafür sind entwickelt. Die Projektziele sind trotzdem termingerecht erreichbar.

Beim Schwerpunkt 2 wird das ursprüngliche angedachte Messkonzept aus methodischen und Kostengründen nicht weiterverfolgt. Dies war beim Projektantrag nicht absehbar. Es wurde aber ein alternatives Konzept entwickelt, welches innerhalb des gegebenen Kosten- und Zeitrahmens zu den gewünschten Ergebnissen führt.

Für die Erarbeitung der Datenbasis für den Energieverbrauch sind die nötigen Vorbereitungen geschaffen und die Messungen können termingerecht in Angriff genommen werden.

Referenzen

- [1] M. Meyer, S. Menth, M. Lerjen: Potentialermittlung Energieeffizienz Traktion bei den SBB – Schlussbericht. BFE-Projekt 101826, Publikation 270108, 01.12.2006

Anhang

--