Pünktlicher und energieeffizienter Betrieb von Metros und S-Bahnen

Autor(en): **Baier, Torsten**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **92 (2001)**

Heft 7

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-855682

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Pünktlicher und energieeffizienter Betrieb von Metros und S-Bahnen

Der Metromiser als Hilfsmittel für Planung und Fahrempfehlungen

Die Reduzierung des Energieverbrauchs hat in allen europäischen Ländern nicht zuletzt durch verschiedene Klimagipfel und staatliche Verpflichtungserklärungen zur Senkung der CO_2-Emissionen Aktualität erlangt. Sollten die Energiepreise steigen, ist in den nächsten Jahren auch mit einem Anstieg des Anteils der Energiekosten an den Betriebskosten aller Verkehrssysteme zu rechnen. Vor diesem Hintergrund bemühen sich Hersteller und Betreiber seit geraumer Zeit um Massnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs und damit auch der Umweltbelastung. Wichtige Weichen werden dabei schon bei der Planung gestellt. Hier setzt Siemens mit seinem seit Mitte 2000 von Siemens Transportation Systems als Unterstützung bei der Erstellung von Fahrplänen und zur Optimierung der Zugfahrten angebotenen Metromiser an. In ersten Versuchen bei Metros und S-Bahnen wurden namhafte Einsparungen beim Fahrenergieverbrauch erzielt.

Torsten Baier

Das Konzept des Metromiser

Der Metromiser ist ein System, welches sowohl Fahrplanersteller als auch die Fahrer aktiv unterstützt. Diese erhalten vom Metromiser aktuelle und situationsbezogene Empfehlungen, die es erlauben, den Energieverbrauch eines Zuges sowohl bei der Fahrplanerstellung als auch im Betrieb zu berücksichtigen. Oberste Priorität behalten dabei in jedem Fall Pünktlichkeit und betriebliche Anforderungen.

Im Rahmen der bisherigen Erprobungen und Anwendungen der Metromiser-Technologie bei Metros und S-Bahnen wurden Senkungen des Fahrenergieverbrauchs von 10–25% nachgewiesen. Bei Stadtbahnen mit Ampelkreuzungen muss im Einzelfall geprüft werden, welchen Einfluss Fahrplangestaltung und rote Ampeln auf das Einsparungspotenzial haben.

In allen Fällen ging mit diesen Einsparungen eine deutliche Steigerung der Pünktlichkeit an Bahnhöfen und Schlüsselstellen wie Linienverzweigungen einher. Schon erste Testfahrten im Mai 2000 haben gezeigt, dass der Siemens-Metromiser in der Lage ist, über eine Rollempfehlung – der Antrieb wird im Leerlauf betrieben – einen Zug bis auf drei Sekunden oder weniger an seinen Fahrplan heranzuführen. Basis dafür sind im Sekundentakt ermittelte und somit jederzeit aktuelle Empfehlungen zum Fahrverhalten. Hierzu wird auf dem Fahrzeug der ideale Rolleinsatzzeitpunkt vor dem nächsten betrieblichen Halt berechnet und dem Fahrer angezeigt, wobei aktuelle Verspätungen oder Verfrühungen sowie die individuellen Rolleigenschaften (Rollwiderstand) des jeweiligen Fahrzeugs berücksichtigt werden.

Diese Maximierung der Rollphasen vor den betrieblichen Haltepunkten ist eine wesentlich effizientere Methode zur Anpassung von Ankunfts- und Abfahrtszeiten bei wechselndem Fahrgastaufkommen als die häufig verbreitete Variation von Haltezeiten.

Die Grundlagen des Metromiser wurden an der Universität von Südaustralien (Adelaide) im Rahmen eines gross angelegten Forschungsprogramms zur Reduktion des Energiebedarfs im Schienenverkehr entwickelt. Siemens Transportation Systems (Verkehrstechnik) hat eine exklusive Lizenz zur Vermarktung dieser Forschungsergebnisse erworben.

Der Metromiser ist bei Metros, S-Bahnen sowie Stadtbahnen mit vom Individualverkehr getrennter Gleisführung einsetzbar. Die Traktionsart beeinflusst die erzielbaren Einsparungen dabei nur wenig. Selbst bei Elektrotraktion mit regenerativer Rückspeisung konnten in Versuchen noch überraschend hohe Einsparungen erzielt werden.

Ergebnisse bisheriger Erprobungen und Einsätze

Konzept und Aufbau des Metromiser sind nicht neu. An der Universität von Südaustralien (Adelaide) wird seit mehr als zehn Jahren am Thema Metromiser gearbeitet. 1991 wurden alle Züge der

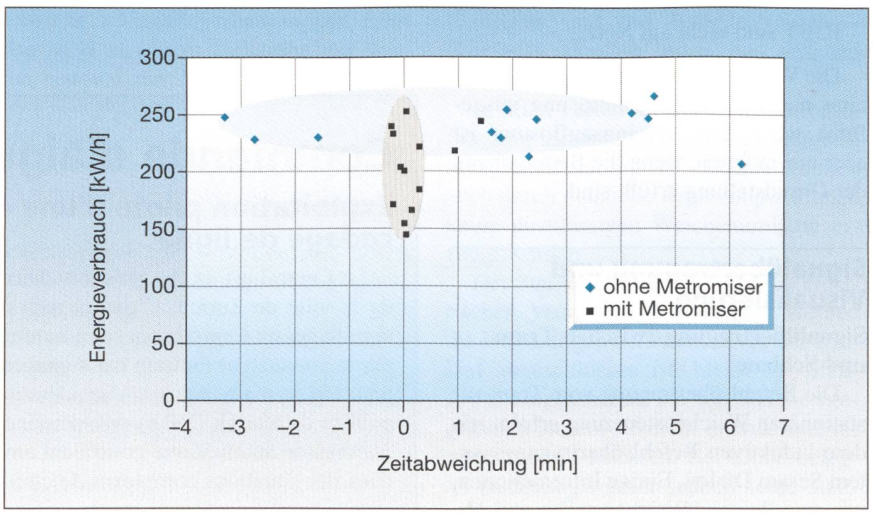

Bild 1 Verbesserung von Pünktlichkeit und Energieverbrauch (Messergebnisse aus Brisbane)

lokalen S-Bahn (fünf Linien) mit Metromiser-Systemen ausgestattet. Während einer zweijährigen Einsatzphase wurden im dieselelektrischen Betrieb je nach Linie und projektierten Daten von 12–20% des Dieseltreibstoffs eingespart.

Umfangreiche Erprobungen bei anderen Betreibern in Australien, Kanada und England haben diese Ergebnisse bestätigt. Alle Untersuchungen haben auch die drastische Verbesserung der Pünktlichkeit bestätigt. Bild 1 zeigt ein entsprechendes Diagramm, in dem Energieverbrauch und Pünktlichkeit bei einer Fahrt von etwa 42 Minuten dargestellt werden. Darin werden Fahrten ohne Metromiser Fahrten mit Metromiser gegenübergestellt. Es ist leicht zu erkennen, dass die Streuung der Zeitabweichungen und der Energieverbrauch bei Einsatz des Metromiser deutlich geringer waren.

Planbarkeit des Fahrplans begünstigt Reduktion des Energieverbrauchs

Zwischenzeitlich liegen auch Ergebnisse von Tests bei einem deutschen Stadtbahnbetrieb vor. Hier zeigt sich, dass der Metromiser für seine Funktion unbedingt planbare, das heisst berechenbare Fahrtverläufe benötigt. Ampelkreuzungen, Verspätungen durch Netzeinflüsse und vor allem der Umfang der Befolgung der vom Metromiser gegebenen Empfehlungen wirken sich auf die erzielbaren Energieeinsparungen aus.

Funktionsprinzip

Das System Metromiser besteht aus zwei Komponenten: Dem Time Table Optimiser (TTO), einer unter Windows NT laufenden Software, mit der vorhandene Fahrpläne hinsichtlich ihrer Energieeffizienz überprüft und modifiziert werden können, und der On-Board Unit (OBU), einem Bordrechner aus der Ibis-Familie[1] von HPW[2], welche dem Fahrer während der Fahrt den optimalen Rolleinsatzzeitpunkt anzeigt.

Der Time Table Optimiser

Der Time Table Optimiser hat zwei Kernfunktionen:

- Optimierung von Fahrplänen
- Erstellung der Initialkonfiguration für den Bordrechner (OBU)

Zur Optimierung der Fahrpläne werden Daten über das Beschleunigungs- und Rollverhalten des Zuges, die topologischen Daten und die Geschwindigkeitsbegrenzungen der Linie eingegeben. Für beliebige Umlaufzeiten (natürlich grösser oder gleich der Mindestfahrzeit) erstellt der TTO einen energieoptimalen Fahrplan unter der Annahme, dass der Zug einem Geschwindigkeitsprofil mit maximalen Rollphasen folgt. In der Praxis vorhandene Rahmenbedingungen wie feste Umsteigebeziehungen an bestimmten Stationen werden dabei vom Bediener gekennzeichnet und vom Programm berücksichtigt. Es entsteht ein energieoptimierter Fahrplan, der in den vorgegebenen Netzfahrplan passt (Bild 2). Der Datentransfer von und zu übergeordneten Fahrplanerstellungssystemen für Netze erfolgt per Hand oder über ein Konvertierungsprogramm. Da es für jeden Zug und jede Linie jeweils einen optimalen Fahrplan gibt, ist diese Optimierung nur einmal notwendig. Wird im folgenden Sommer- oder Winterfahrplan die Abfahrtszeit bei gleich bleibender Umlaufzeit verschoben, ist keine neue Berechnung mit dem TTO erforderlich.

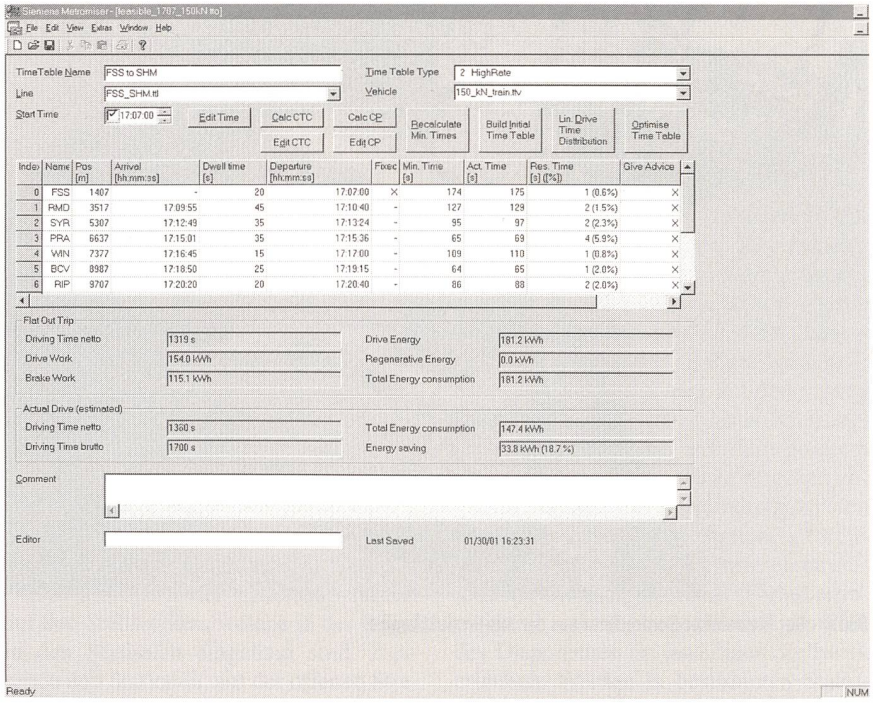

Bild 2 Beispiele für die Darstellung von Fahrplänen

Der TTO verwendet bei seinen Berechnungen schnelle iterative Simulationsmodule, die erprobte Optimierungsalgorithmen enthalten[3] [1]. Die verwendete Simulation ist keine allgemeine Fahrdynamik- oder Zuglaufsimulation, sondern eine speziell unter dem Gesichtspunkt der Energieoptimierung erstellte Software.

Die Qualität des TTO lässt sich dem Bild 3 entnehmen. Es stellt die rechnerisch ermittelte Verspätung über eine 18 km lange S-Bahn-Linie der gemessenen Verspätung einer willkürlich ausgewählten Fahrt gegenüber. Wie zu erken-

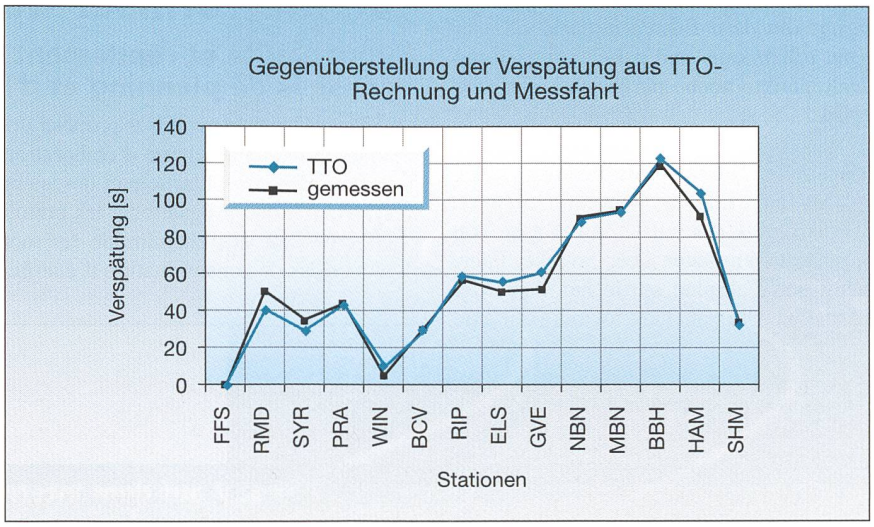

Bild 3 Vergleich der rechnerischen und tatsächlichen Zugverspätung über eine 18 km lange Linie

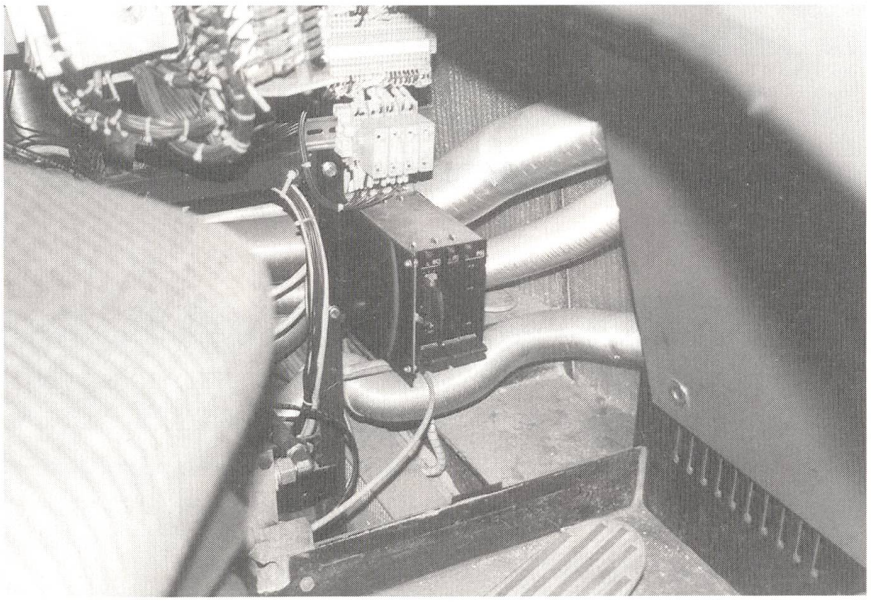

Bild 4 Der Metromiser-Bordrechner aus der Ibis-Produktfamilie

nen, sind Rechenergebnis und Messergebnis weitgehend konform. Mit solchen Simulationen lassen sich vorhandene wie künftige Fahrpläne (oder Zugtypen) optimieren.

Die On-board Unit

Ist der Fahrplan einmal energieoptimiert, muss er zum Erreichen einer Energieeinsparung auch im Betrieb umgesetzt werden. Da der energieoptimale Fahrplan maximale Rollphasen voraussetzt, benötigt der Fahrer auch ein Hilfsmittel, welches ihm entsprechendes Fahrverhalten erlaubt. Hierzu wird auf dem Fahrzeug ein Bordrechner – die OBU – installiert (Bild 4). Sie kommuniziert mit dem Fahrer über ein abgesetztes Terminal (ATM) aus der Ibis-Produktfamilie oder über andere Systeme. Die Fahrempfehlung wird zum Beispiel mittels einer zentral im Bereich des Tachos platzierten Lampe angezeigt, die dem Fahrer mitteilt, dass er jetzt rollen kann und dabei den nächsten Haltepunkt noch pünktlich erreichen wird.

Parameter für die Optimierung

Die angezeigten Fahrempfehlungen werden von der OBU auf Basis von gespeicherten Daten über Strecke, Fahrzeug und Fahrplan sowie auf Basis der aktuellen Uhrzeit, Geschwindigkeit und Position ermittelt. Ein wesentliches, patentiertes[4] und Siemens-lizenziertes Merkmal der OBU ist die Fähigkeit, das Rollverhalten des individuellen Fahrzeugs zu erfassen und für die Berechnungen während künftiger Fahrten abzuspeichern. Die Fahrempfehlungen werden daher schon nach kurzer Zeit nicht mehr mit «theoretischen», sondern mit im Betrieb erfassten fahrzeugindividuellen Parametern berechnet. Diese Funktion wurde entwickelt, um den unterschiedlichen Rolleigenschaften von Fahrzeugen auch gleicher Baureihen Rechnung zu tragen, da die Verwendung von Standardparametern in der Regel für 95% der Fahrzeuge zu suboptimalen Fahrempfehlungen führt.

Für Bahnbetreiber mit vorhandener Ibis-Ausstattung ist ein Ibis-Metromiser verfügbar. Dieser wird voll in die vorhandene Ibis-Ausrüstung eingebunden. Die Eingabe von Kurs und Linie oder auch die Verschiebung von Fahrplänen muss nicht mehr manuell vom Fahrer vorgenommen werden. Der Metromiser erhält hier die entsprechenden Informationen bereits.

Stand der Markteinführung

Die Erprobungen der Prototypen des Metromiser sind abgeschlossen [2]. Das System hat Einsatzreife bewiesen. Derzeit werden für mehrere Nahverkehrsbetriebe Tests vorbereitet und Budgetangebote erstellt. Mit einem ersten Auftrag rechnet Siemens Transportation Systems nach Durchführung der anstehenden Tests im Sommer dieses Jahres. Weiterentwicklungen für Anwendungen bei der Fernbahn und im Frachtverkehr werden diskutiert.

Literatur

[1] *P. G. Howlett, P. J. Pudney:* Efficient Train Control. London: Springer-Verlag, 1995.

[2] http://www.Metromiser.de

Adresse des Autors

Siemens Transportation Systems, Siemens AG, TS AR SD PM, Ackerstrasse 22, D-38126 Braunschweig: Dipl.-Ing. *Torsten Baier,* torsten.baier@ts.siemens.de

[1] Ibis = Integriertes Bordinformations-System
[2] Tochtergesellschaft der Siemens AG
[3] Lösung von Differentialgleichungssystemen
[4] Patente der Firma Techsearch Inc. in Australien, Kanada und den USA

Le Metromiser de Siemens

Ponctualité et rendement de l'exploitation grâce à des conseils de planning et d'itinéraire

Le système Metromiser proposé depuis l'an 2000 par Siemens Transportation Systems est un auxiliaire d'élaboration des horaires de trains et d'optimisation du trafic ferroviaire. L'article ci-dessus présente les fonctions et les avantages de ce système et décrit également les premières expériences faites: les premiers essais effectués sur des chemins de fer métropolitains et RER ont démontré que les réductions de consommation d'énergie de traction atteignaient 10 à 25%.

Der SEV auf dem Internet / L'ASE sur l'Internet:
http://www.sev.ch