

Systeme für Disposition und Lokalisierung

Optimierte Disposition mit Echtzeit-Zuglokalisierung erhöht die Planungssicherheit und die Wirtschaftlichkeit.

Thomas Pause

Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) stellen im Personen- und Güterverkehr wachsende Anforderungen an eine effiziente Disposition. Die Zuglokalisierung ist eine entscheidende Grundlage dafür. Es besteht ein vitales Interesse der EVU an einer wirtschaftlich günstigen Gewinnung und Aufbereitung der aktuellen Verkehrslage ihrer Züge in Echtzeit – insbesondere im Abweichungsfall. Dafür sind auf dem Markt inzwischen auch unabhängige mandantenfähige Systeme verfügbar.

Ausgangssituation

Zielstellung ist das Durchführen eines Transportes in der dem Kunden/Fahrgast kommunizierten Zeit unter Einhaltung der geplanten Soll-Fahrzeiten und Soll-Ankunftszeiten. Dabei gilt es, durch automatisierte Soll- und Ist-Datenlieferung

- kritische Abweichungen im Zuglauf vom Sollfahrplan zeitnah zu erkennen. Dazu gehören Verspätungen, Gleiswechsel, Umleitungen und Zugausfälle inklusive der Abweichungsbegründung.
- Bei identifizierten Verspätungen mit dispositiven Maßnahmen diese Verspätungen nach Möglichkeit wieder aufzuholen.
- Definierte Anschlussbeziehungen nach Möglichkeit zu halten.
- Ein Instrumentarium für die Steuerung und Lenkung von Zügen, Umlaufplanung und Personaleinsatz bereitzustellen.
- Die Basisinformation für eine Kundeninformation mittels Prognosen im Zug sicherzustellen und die Grundlage für Auskunftssysteme zu schaffen.
- Über statistische Auswertungen Schwachstellen in Trassen/Anschlüssen

zu erkennen und bei künftigen Trassenbestellungen/Trassenplanungen sowie bei der Produktionsplanung zu berücksichtigen.

Lösung – Datenversorgung und Ist-Datengewinnung

Die Grundanforderung an Ist-Daten ist eine zeitnahe (Echtzeit), flächendeckende und einheitliche Datenbereitstellung. Die Gewinnung der Ist-Daten kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. Lösungen über Balisen, ETCS, RFID etc. sind nicht flächendeckend einheitlich vorhanden und daher ungeeignet.

Versuche mit GPS/GSM haben gezeigt, dass bei guter GPS-Antennenmontage eine Lokalisierung bei ausreichendem Anteil „freiem Himmel“ möglich ist. Ist der freie Himmel durch Fahrzeugteile, Tunnel, Hallendächer, gleisnahe Bebauung oder die Topografie stark eingeschränkt, ist die Lokalisierungsgenauigkeit schlecht oder gar nicht möglich.

Zusätzlich muss eine eisenbahntechnische Referenzierung der GPS-Koordinaten zu den Betriebsstellen erfolgen und die Fahrplandaten müssen als Vergleichswerte bekannt sein.

Die Informationsschnittstelle zur DB Netz AG

Im Unterschied zu diesen Lösungen stellt die kontinuierliche Zuglaufverfolgung der DB Netz AG eine flächendeckende betriebspunktbezogene Meldungsquelle dar. Die DB Netz AG überwacht und steuert die Zugfahrten aller EVU auf ihrem Schienennetz. Während jeder Zugfahrt werden zugbezogenen Informationen und Unregelmäßigkeiten im Streckenbereich der DB Netz AG erfasst und als Datenpool für weitere Anwendungszwecke gespeichert. Das dafür notwendige Datenverarbei-

tungssystem wird Leitsystem Betriebliche Informationsverteilung (LeIBIT) genannt. Diese umfangreichen und zeitaktuellen Datenbestände können über die Applikation LeiDis-NK (Leitsystem der Betriebsführung – Disposition Netz für Kunden) oder über eine spezielle technische Systemkomponente – den so genannten Externen Verteiler – Kunden der DB Netz AG zur Verfügung gestellt werden.

Die Zuglaufmeldung wird nach Ankunft, Abfahrt, Durchfahrt sowie die Sonderfälle Abfahrt ab Start und Ankunft am Ziel unterschieden. Bei Übernahme aus den ZN-Anlagen erfolgen die Meldungen je nach technischer Infrastruktur im Durchschnitt alle zwei bis fünf Minuten. Dabei können auch die ZN-Meldungen der Anrainerstaaten Deutschlands – soweit diese geliefert werden – für grenzüberschreitende Züge mit gemeldet werden. Diese Daten werden diskriminierungsfrei jeweils nur dem Besteller der Trasse zur Verfügung gestellt.

Externer Verteiler

Der Externe Verteiler ist ein komplexer mandantenfähiger Mechanismus mit Filtern, Verbindungsaufbau- und Empfangsbestätigungsdefinitionen auf Basis einer TCP/IP-Socketverbindung. Die korrekte Abnahme setzt einen nicht unerheblichen IT-Entwicklungsaufwand inklusive Tests und Anbindung via VPN im Internet unter Berücksichtigung der IT-Sicherheitsrichtlinien der DB an die Betriebszentrale bei dem Abnehmersystem voraus.

Solldatengewinnung – die Normierte Schnittstelle NSS

Mit den Ist-Zuglaufinformationen werden nur Daten bereits überfahrener Betriebspunkte inklusive der Abweichung zum Soll-Fahrplan gemeldet. Der weitere Zuglauf ist unbekannt.

Beispiel eines Datensatzes „Neu“ vom Externen Verteiler aus BZ Duisburg einer Durchfahrt von 42957 am 27.7.2006 von Rheinhausen ab 26.7. in Niederwalluf Gleis 1 mit +302 Minuten, wobei 5 topographischen Etikette belegt sind.

```
E03/01/54596/0080/7303/0207//21020/00000000//00000000//00000000//00011111/10080D004295720060726162854008011012FNWF
Niederwalluf
2006072701572305008014719KRH Rheinhausen 001
+03020000D004295720060726020000
```

Abb. 1: Nicht aufbereitete Daten vom Externen Verteiler

```

10G8~918~0~20060227~20060227~8~~BSTN~Strausberg Nord~~~BWKRV~Westkreuz~~B2001~S-Bahn Berlin GmbH~S5~0958~~~~000100~~~~~
...
30GBSTN~Strausberg Nord~01~60790~2~1~1~09581~0~H~00004~~~A~A~N~
...
30GBSTR~Strausberg Stadt~06~60790~2~2~10006~10011~2.097~H~00004~~~A~A~N~
...
30GBHGM~Hegermühle~06~60790~2~3~10045~10049~5.737~H~00004~~~A~A~N~
...
30GBWKR~Westkreuz~01~60241~1~32~11130~1~49.588~H~00004~~~A~A~N~
    
```

Abb. 2: Beispiel eines Fahrplandatensatzes für eine S5 vom 27.02.2006 von Strausberg nach Westkreuz aus der NSS

Für ein kleineres EVU, welches beispielsweise nur eine Relation in festem Takt fährt, ist der Restlauf der Disposition bekannt. D.h. die Fahrplandaten werden nicht explizit benötigt, da die Abweichungen im IST bereits im externen Verteiler enthalten sind. Auch Entscheidungen über vorzeitige Wenden können ad hoc ab einem Schwellwert getroffen werden. Für EVU mit mehreren Linien ist die Kenntnis des Fahrplanes für Prognosen, Anschluss-

beziehungen und daraus resultierende Konfliktlösungen unabdingbar. Mit Bestellung der Trasse bei dem Infrastrukturbetreiber (IB) stehen die Fahrplandaten dem Besteller (EVU) prinzipiell zur Verfügung. Die Lieferung der Daten in elektronischer Form erfolgt über die NSS (Normierte Schnittstelle) im Aufbau des BZD-ZUG im Intranet der DB AG oder per E-Mail.

Fahrplandisposition DB Netz

Neben den unterjährigen Fahrplänen sowie deren geplanten Änderungen (Baustellen- und Sonderfahrpläne) kommt es zu Abweichungen vom geplanten Zuglauf bei Umleitungen oder vorzeitigen Wenden. Ein betriebsstellenbezogener Vergleich der Soll- und Ist-Daten kann auf Grund der fehlenden Referenz nicht mehr stattfinden.

Diese Abweichungen werden mittels Änderungen im Fahrplan durch den Disponenten der DB Netz AG (in LeiDa-F) getätigt. Dabei bleibt der eigentliche Soll-Fahrplan aus Plausibilitätsgründen erhalten. Bei Umleitungen wird der geänderte Zuglauf als neues Soll übernommen, der alte Plan wird auf andere Fahrplanelementkombinationen verschoben. Für Ausfälle wird die Gültigkeit für einzelne Betriebsstellen am Verkehrstag negiert. Zum Erkennen dieser ad hoc-Disposition der DB Netz AG muss neben der unterjährigen und täglichen Fahrplanübernahme eine zusätzliche Online-Schnittstelle zu den Fahrplan-Systemen (LeiDa-F -> NSS -> BZD-ZUG) geschaffen werden.

Prognosen

Alle Ortungssysteme liefern nur von fahrenden Zügen Informationen für einen Soll-Ist-Abgleich, Prognosen sind also bei stehenden Zügen durch diese Systeme vom Prinzip nicht automatisch ableitbar. Bei Vorliegen von Zuglaufmeldungen bestehen folgende Möglichkeiten der Prognose:

- lineare Fortschreibung einer bestehenden Verspätung bis zur Ankunft,
- automatische Hochrechnung unter Berücksichtigung von Pufferzeiten aus der Trassenkonstruktion (Zugkürzung) und

- mehrstufige Konfliktlösungen zur vollständig automatisierten Prognose sind nach langjähriger Hochschulforschungen zum Nachweis der Machbarkeit noch im Pilotstatus (z. B. Bereich Hannover).

Eine Prognose hinsichtlich einer voraussichtlichen Ankunftszeit kann mit den bestehenden Infrastruktursystemen dank der Kenntnis der Trassenkonstruktion abgedeckt werden. Damit würden aber dispositive Entscheidungen, u.a. verkürzte Haltzeiten oder Warten auf Anschluss, nicht berücksichtigt. Die Verantwortung für die Prognose und deren Kommunikation liegt bei den EVU. Aus diesem Grund kommuniziert die DB Netz AG grundsätzlich keine Prognosen an die EVU.

Das EVU hat die Möglichkeit, mit Liniendefinitionen und dazu hinterlegten Tabellen der Pufferzeiten eine qualifizierte automatische Hochrechnung als Basis für manuelle Tätigkeiten des Disponenten zu nutzen.

Abnehmersysteme

Neben den DB-internen Abnehmersystemen (DB-Netz LeiDIS-N, WagenUmlauf-Planung WUP, TransportLeistungsRechnung TLR etc.) existieren für Kunden:

- Fahrgastinformationsanlagen (DB Station und Service), z. B. HFWK/VIT, AEG-MIS,
- Eigenentwicklungen der EVU, z. B. DB Personenverkehr (RIS), SBB und
- unabhängige Plattformen, z. B. DiLocRail

Datenaufbereitung

Technisch

Die Datenlieferung der DB Netz AG beinhaltet Rohdaten in einem definierten ASCII-Format. An dieser Stelle setzen IT-gestützte Dispositions- und Lokalisierungs-Tools an. Sie importieren und konvertieren die Daten und stellen sie dem Benutzer in aufbereiteter Form (via Web-Interface) zur Verfügung. Oder sie liefern die Daten in einem einfach zu verarbeitenden Format (XML, Excel, etc.) zur weiteren Verarbeitung an das IT-System des EVU (Abb. 1, 2).

Technischer Hintergrund zur Ist-Datengewinnung bei der DB Netz AG

Die Grundlage der Zugfahrtinformationen sind Zuglaufmeldungen. Sie beschreiben die Bewegung der Züge im Streckennetz der DB Netz AG. Die Zuglaufmeldungen werden je nach Streckenausrüstung entweder automatisch über so genannte Zugnummernmeldeanlagen (ZN-Anlagen) erzeugt oder manuell durch Mitarbeiter der DB Netz AG in das System LeiBIT eingegeben. Die in den ZN-Anlagen generierten nativen Meldungen beinhalten das Überfahren eines Meldepunktes (Signal) mit der dazugehörigen Zugnummer, sowie die Telegramme zur Fahrstraßeneinstellung bzw. deren Auflösung. Diese örtlich vorhandenen Daten werden über die Infrastruktur der DB Netz AG in die Betriebszentralen übermittelt und in die zentralen LeiBIT-Systeme verteilt. In diesen werden die nativen Daten mit den Infrastrukturdaten vereinigt und mit dem Fahrplan verglichen. Daraus entsteht bei jeder Signalüberfahrt ein Soll-/Ist-Vergleich (Delta-t-Wert) zwischen Zugnummer und Fahrplan inklusive der Gleisangabe bezogen auf eine Betriebsstelle. Mit der Referenzzugnummer (Zugnummer bei Abfahrt) ist eine grenzüberschreitende Zuglaufverfolgung (Zugnummerwechsel bei Grenzüberschreitung) möglich. Die Weitergabe erfolgt in gemäß UIC 407-1 genormten Datensätzen.

Fachlich

Die im Vorfeld erforderliche fachliche Beschreibung der notwendigen Datenlieferung und der daraus abzuleitenden Maßnahmen ist mit einem hohen Zeitaufwand verbunden. Jeder im Vorfeld nicht betrachtete Geschäftsvorfall führt bei der IT-Realisierung zu nicht planbaren Nachträgen, bzw. im worst case zu einem Redesign.

Als Beispiel sei das Ausbleiben von Zuglaufmeldungen erwähnt. Das Besondere daran ist, dass die Lokalisierung auf durchgängigen Zugfahrtinformationen basiert. Mit Ausbleiben der Information entsteht jedoch keine Meldung, sondern das System muss über eine Überwachungsfunktion selbst eine Meldung erzeugen. Basis dieser Überwachung ist die Hinterlegung der planmäßig erwarteten nächsten Meldung unter Beachtung bereits aufgelaufener Verspätungen im Ist. Neben dem typischen Fall der Störung im Betriebsablauf durch außerplanmäßigen Halt müssen auch andere mögliche Ursachen, wie Umleitungen, vorzeitige Wenden oder Ausfall von technischen Übertragungssystemen, automatisch geprüft werden, um eine qualifizierte Überwachungsmeldung zu erzeugen.



The screenshot shows the DiLoc|Rail web application interface. At the top, there is a navigation menu with options like 'Springe zu Zug:', 'Navigation', 'Tabellarische Übersicht', and 'Zuglaufdaten-Browser'. Below the navigation menu, there are several data points: 'Statistik', 'Quasigrafik', 'Echtgrafik', and 'SMS-Versand'. The main part of the interface is a table with the following columns: 'Datum - Uhrzeit', 'Zugnummer', 'Ausgangsbhf', 'Meldepunkt', and 'Verspätung'. The table contains seven rows of data, with the 'Verspätung' column showing values like '-', '+307 Minuten', '+2 Minuten', '+1 Minuten', '+304 Minuten', and '+302 Minuten'.

Datum - Uhrzeit	Zugnummer	Ausgangsbhf	Meldepunkt	Verspätung
27.07.2006 14.17	5037	Oberstadt	FG - Gießen	-
27.07.2006 14.22	42957	Rheinhausen	FERB - Erbach (Rheingau)	+307 Minuten
27.07.2006 14.25	5037	Oberstadt	FDTH - Dutenhofen (Wetzlar)	+2 Minuten
27.07.2006 14.29	5037	Oberstadt	FWR Wetzlar	+1 Minuten
27.07.2006 14.32	42957	Rheinhausen	FELT - Eltville	+304 Minuten
27.07.2006 14.35	5037	Oberstadt	FAL - Aßlar	-
27.07.2006 14.39	42957	Rheinhausen	FNWF - Niederwalluf	+302 Minuten

Abb. 3.: Aufbereitung der Daten durch DiLoc|Rail

Die anschließende Programmierung und Testung der fachlichen Anforderungen (Lastenheft) bedeutet einen mehrmonatigen Aufwand durch IT-Fachleute, die immer auch Fachkapazität binden.

Die dahinter stehende fachliche Logik und IT-Umsetzung ist in ihrer Grundanforderung für jedes EVU prinzipiell gleich.

Datendarstellung und Auswertung

Prinzipiell verfügen alle Verarbeitungssysteme über eine webbasierte Oberfläche, die je nach Applikation unterschiedliche Features und Gestaltungs-/Anpassungsmöglichkeiten bietet. Die einfachste und

typische Darstellung der Zugläufe ist die tabellarische Übersicht. Hierbei sind Selektionen nach Zugläufen, Liniendefinitionen und Betriebsstellen sinnvoll. Durch die Aufbereitung der Rohdaten der DB Netz AG in einem XML-Format kann auf kundenspezifische Wünsche der Selektion und Sortierung in einem webbasierten Frontend eingegangen werden (Abb. 3).

Zum rechtzeitigen Erkennen von Unregelmäßigkeiten im Gesamtgebiet hat sich als Standard u.a. auch bei den Steuerungen der Fahrgastinformationsanlagen eine Quasigrafik herausgebildet. Diese stellt z.B. im Bereich eines Verkehrsverbundes die auf dem statischen Liniennetzplanausgang sichtbare Spinne dar, auch wenn diese nicht den tatsächlichen geografischen Gegebenheiten entspricht. Diese Darstellung ist jedem Mitarbeiter bekannt und kann Platz sparend auf dem Bildschirm untergebracht werden. Dargestellt werden hierbei nur die Zugnummern mit Einfärbungen von Abweichungen. Bei Mausbelegung auf die Zugnummer werden alle Informationen aufgeblendet.

Auf Basis eines Mappings der GPS-Koordinaten der Betriebsstellen und der Streckenverläufe mit MapInfo-Systemen lässt sich der tatsächliche Zuglauf in Echtzeit darstellen. Da Meldungen jedoch nur von Betriebspunkten erzeugt werden, ist der Streckenfortschritt eine Interpolation auf Basis der im Fahrplan angegebenen v_{\max} . Diese Darstellung bringt einem erfahrenen Disponenten kaum Vorteile in seiner Arbeit, sondern dient der Übersicht und rechtzeitigem Erkennen von Abweichungen.

Datenauswertung

In Bezug auf die Auswertemöglichkeiten unterscheiden sich die Applikationen vom Ansatz grundlegend.

- LeiDis-NK ist eine Applikation der DB Netz AG auf spezieller Hardware ohne Datenaustausch mit nachgelagerten Systemen. D.h. es besteht keine IT-Schnittstelle zu der Disposition der EVU. Statistiken können über LeiPro-A im Excel-Format zusätzlich bestellt und per E-Mail geliefert werden.
- Applikationen zur Fahrgastinformation legen den Fokus auf die Bedienung der optischen und akustischen Fahrgastinformation des jeweiligen Herstellers und nicht auf die Disposition eines EVU. Zum Zweck der Anschlusssicherung sind Features nach VDV 454 integrierbar, die bei dem teilnehmenden Partnerunternehmen ein RBL (rechnergestütztes Betriebsleitsystem) voraussetzen und auf die Anzeigen und Ansagen an Verkehrsstationen Auswirkungen haben.
- Eigenentwicklungen wie z. B. RIS oder SBB stehen nur dem jeweiligen Auftraggeber zur Verfügung, der nur die Daten

für die von ihm bestellten Trassen in der von ihm gewünschten Form erhält.

- Eine unabhängige Plattform realisiert die Funktionalitäten analog einer Eigenentwicklung, jedoch nicht EVU-spezifisch. Der Grundgedanke ist, die Fachlichkeiten und IT in verschiedenen Baustufen modular anzubieten. Anpassungen werden über Parameter und Oberflächendesign realisiert. Somit wird auch kleineren EVU eine maßgeschneiderte Lösung ohne aufwändige Grundlagenarbeit mit planbaren Kosten- und Zeitrahmen angeboten.

Die Funktionsweise eines solchen IT-Tools wird am Beispiel DiLoc|Rail vorgestellt. Es handelt sich dabei um eine unabhängige Plattform, die die IT-technische Aufbereitung des Externen Verteilers übernimmt und die Information den abnehmenden EVU zur Verfügung stellt. Dafür willigt das EVU gegenüber DB Netz AG ein, dass seine Zuglaufdaten dieser unabhängigen IT-Plattform zur Verfügung gestellt werden. Die Übertragung der Daten der EVU von DB Netz AG erfolgt jeweils auf einem separaten Port an DiLoc|Rail. Dadurch ist die Integrität der Daten und die Sicherheit der Datenübertragung gewährleistet. Innerhalb der Plattform können die angeschlossenen EVU nur die eigenen Daten einsehen und auswerten.

Jedes teilnehmende EVU kann so viele Benutzer je Lizenz für den Zugriff berechnen, wie es benötigt. Bezahlt werden nur die gleichzeitig zugreifenden Benutzer (concurrent user). Wenn ein EVU mehrere Disponenten im Schichtdienst an einem Arbeitsplatz beschäftigt, so werden diese einzeln frei geschaltet, bezahlt wird jedoch nur eine Lizenz. Für gelegentliche gleichzeitige Zugriffe weiterer Nutzer können Online-Zeiten (ähnlich dem Telefonieren) dazu gekauft werden. Das Basispaket beinhaltet die Darstellung der eingehenden Zuglaufmeldungen im Meldungsbrowser (Tabellenform), der ständig aktualisiert wird. Diese Meldungen lassen sich nach verschiedenen Kriterien sortieren und filtern. In einem weiteren Modul werden in die Plattform die kompletten Fahrplandaten des EVU übernommen und den Zügen tagaktuell auf Basis der Gültigkeit (Verkehrstageschlüssel) zugeordnet.

Neben der dispositiven „just in time“ Bearbeitung besteht in DiLoc die Möglichkeit, sich die flüchtigen Daten in einem Excel-Format (csv) zu speichern und weiter zu verarbeiten.

Zum Zwecke der Anschlusssicherung kann bei Überschreiten von Schwellwerten in der Ankunft an festgelegte Abbringer, z. B. Busunternehmen (Leitstelle oder einzelne Busfahrer) zu denen Anschlussbeziehungen bestehen, ein automatisierter SMS-Versand integriert werden. Hierzu müssen

Matchtabellen mit Schwellwerten und Telefonnummern gepflegt werden.

Verspätungsursachen – statistische Auswertungen

Seitens der DB Netz AG wird in einem separaten Datensatz bei maßgeblichen Änderungen der Verspätung an einer Betriebsstelle ein Datensatz mit der manuellen Eintragung der Verspätungsursache durch den Fahrdienstleiter geliefert. Diese Datensätze sowie die statistischen Auswertungen mit LeiPro-A werden im Excel-Format separat angeboten.

In der Plattform DiLoc|Rail werden alle Daten in einer Datenbank gespeichert und es besteht die Möglichkeit, alle Zuglaufdaten und die Verspätungsursachen dem Zuglauf zugeordnet im csv-Format zu speichern.

Damit kann die Pönale-Bearbeitung des EVU an den IB Excel-basiert durch die betriebswirtschaftlichen Instanzen unabhängig von der Disposition durchgeführt werden. So können auch Analysen zu Verspätungen auf einer bestimmten Strecke oder an bestimmten Verkehrstagen durchgeführt und gezielte Gegenmaßnahmen kurz-, mittel- oder langfristig (Trassenbestellung) eingeleitet werden.



Dipl.-Ing. Thomas Pause

beratend für die DB und EVU tätig
tpause@t-online.de

Summary

Systems for traffic control and localisation

Train localisation forms an essential basis for efficient traffic control. It is crucial for railway operators to have a cost-effective means of ascertaining and processing the current traffic status of their trains in real time – especially where deviating from the schedule. Meanwhile, standalone customisable systems for this have become available on the market. Taking the example of DiLoc|Rail, the article explains how such an IT tool works. This product is a standalone platform that handles the IT processing of data from the external distributor and makes the information available.