

DER NAHVERKEHR

Personen- und Güterverkehr in Stadt und Region

11/2003

21. Jahrgang

Einzelpreis € 11,-



Foto: H.-H. Henker

Offizielles Organ

Verband Deutscher
Verkehrsunternehmen (VDV)

alba

Alba Fachverlag · Düsseldorf

**Subventionsabbau lässt
Augenmaß vermissen**

**Fahrzeugpools im SPNV:
staatlich oder privat?**

**Leoliner: Eine Trambahn
für schmale Budgets**

**Profitable Stadtbahnen:
Kann es das geben?**

**Energiespeicher für
Straßenbahnen getestet**

**Karlsruhe: Fahr- und
Umlaufplanung mit Diva**

**Ganz Nordhessen fährt
bald im integralen Takt**

**Konzept für den SPNV in
Berlin und Brandenburg**



Dr. Ing. E. h. Dipl.-Ing. Dieter Ludwig,
Dipl.-Inform. (FH) Martin in der Beek, Karlsruhe;
Dr. Hans-J. Mentz, Dr. rer. nat. Markus Alefeld, München

Fahr- und Umlaufplanung für den Zweisystembetrieb

Systemerweiterungen im Planungsprogramm Diva zur betrieblichen Planung der Karlsruher Zweisystem-Stadtbahn

Als 1992 die erste Stadtbahn auf Bundesbahngleisen zwischen Karlsruhe und Bretten ihren Betrieb aufnahm [1], war nicht abzusehen, dass damit ein neues Nahverkehrssystem geschaffen wurde, das inzwischen Modellcharakter hat. Die Verknüpfung der klassischen Straßenbahn mit dem vorhandenen regionalen Eisenbahnnetz ist mittlerweile nicht nur bundesweit, sondern international ein bewährtes Konzept zur Verbesserung des öffentlichen Nahverkehrs in vielen Verdichtungsräumen [2]. Die Ausprägungen, wie zum Beispiel elektrisch- oder dieselbetrieben, Nutzung vorhandener oder neuer Straßenbahnstrecken, der Betrieb im Mischverkehr oder als artreiner Stadtbahnverkehr auf der EBO-Strecke, unterscheiden sich zwar nach den örtlichen Gegebenheiten – im Kern liegt allerdings immer die gleiche Idee zugrunde, die existente, regionale Eisenbahninfrastruktur durch den Bau neuer oder die Nutzung vorhandener Straßenbahnstrecken in das zentrale Oberzentrum einzubinden, um umsteigefreie Verbindungen zu schaffen.

Nach diesem Prinzip wurde auch die Zweisystem-Stadtbahn in und um Karlsruhe in den letzten zehn Jahren weiter ausgebaut. So betreibt die Albtaal-Verkehrs-Gesellschaft mbH (AVG) inzwischen mit über 100 Fahrzeugen ein Netz von rund 500 km Länge [3].

Besondere Anforderungen an das betriebliche Planungssystem

Der Zweisystembetrieb verlangte bei der Überwindung der Systemgrenzen von Straßenbahn und Eisenbahn nicht nur in der Fahrzeugtechnik, der Infrastruktur, im laufenden Betrieb und in rechtlichen Fragen innovative Lösungen [4,5], sondern stellt auch an das Planungssystem für die Betriebsplanung besondere Anforderungen. So ist es naheliegend, dass die Planung für den BOSTrab- und EBO-Bereich durchgängig in einem Softwaresystem erfolgen soll. Was hier selbstverständlich erscheint, ist in der Praxis aufgrund der unterschiedlichen Planungsanforderungen schwierig.

So weist die Fahr- und Umlaufplanung von Straßenbahnverkehren typische Eigenschaften

und Anforderungen städtischer Verkehre auf, wie zum Beispiel:

- starre Vertaktung,
- fahrtbezogene Umlaufplanung,
- Abstimmung der Fahrzeuge in Betriebshöfen,
- Datenversorgung für das RBL,
- einfache, kursbezogene Fahrplanunterlagen für den Fahrer (zum Beispiel Kurstafel).

Die Anforderungen und Eigenschaften der betrieblichen Planung im Eisenbahnbereich weichen davon teilweise deutlich ab, zum Beispiel:

- sowohl starre Vertaktung als auch Einzelfahrpläne (Bestellverkehre),
- Taktabweichungen aufgrund betrieblicher Zwänge möglich (Trassenkonflikte),
- Flüßeln/Vereinigen, Verstärken/Schwächen erfordern fahrzeugbezogene Umlaufplanung (Traktionsplanung),
- Abstimmung der Fahrzeuge in Betriebshöfen und Abstellanlagen,
- Identifikation der Fahrten über die Zugnummer,

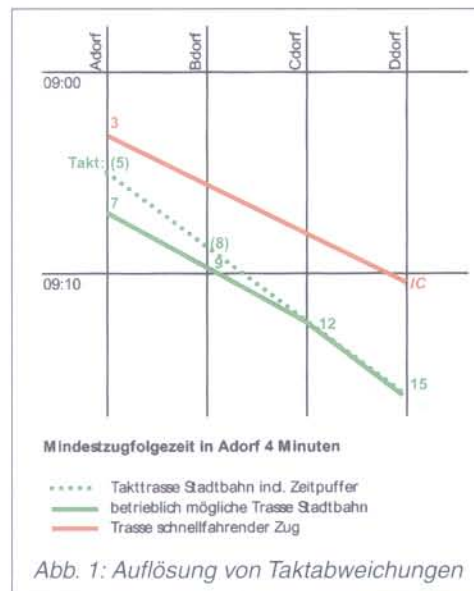


Abb. 1: Auflösung von Taktabweichungen

- Datenversorgung für Zugüberwachung (ZÜ) und spezielle Fahrgastinformationssysteme [6],
- zugbezogene Fahrplanunterlagen mit Infrastrukturangaben für den Triebfahrzeugführer (Buchfahrplan),
- besondere fahrdienstliche Unterlagen (Bildfahrplan, Bahnhofsfahrordnung, Fahrplan für Schrankenposten).

Für die Planung städtischer Verkehre stehen seit vielen Jahren ausgereifte Planungssysteme zur Verfügung. Auch im Eisenbahnbereich gibt es Planungstools, vielfach kommen allerdings Spezialentwicklungen zum Einsatz. Ein durchgängiges Planungsprogramm das die Belange des Zweisystembetriebs hinreichend abdeckt, stand aber bis vor einigen Jahren nicht zur Verfügung.

Einsatz von Diva für die betriebliche Planung der Zweisystemverkehre

Die AVG hat sich deshalb 1998 entschlossen, aufbauend auf einem Planungssystem für städtische Verkehre die erforderlichen Systemerweiterungen für die betriebliche Planung im regionalen Eisenbahnverkehr weiterzuentwickeln. Maßgebend für diese Entscheidung war, dass

- seinerzeit für den Bereich der Fahrplanung städtischer Systeme bereits ausgereifte Systeme zur Verfügung standen,
- eine enge Verzahnung mit den städtischen Verkehrsbetrieben in Karlsruhe besteht und hier ein enger Datenaustausch erforderlich ist,
- die Datenversorgung des RBL, das auf Datenmodellen städtischer Verkehre basiert, sichergestellt wird,
- die vom Bundeseisenbahnnetz unabhängigen Stadtbahnlinien im Albtaal und der Hardt vorwiegend nach Kriterien der Planung von Stadtverkehren geplant werden.

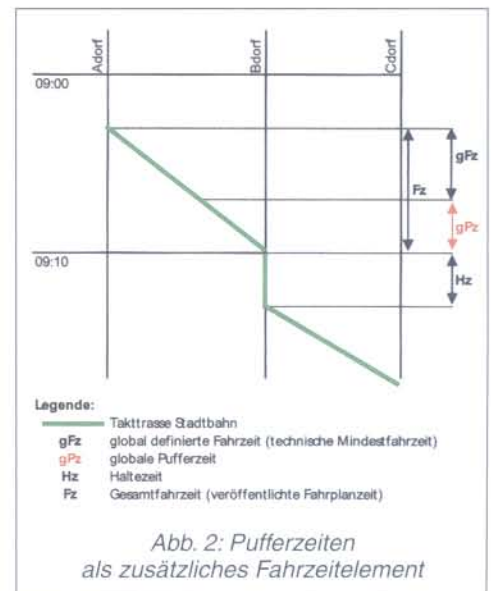


Abb. 2: Pufferzeiten als zusätzliches Fahrzeitelement



Ludwig



In der Beek



Mentz



Alefeld

DIE AUTOREN

Dr.-Ing. E. h. Dipl.-Ing. Dieter Ludwig (64) ist Geschäftsführer der Verkehrsbetriebe Karlsruhe (VBK), der Albtal-Verkehrs-Gesellschaft (AVG) und des Karlsruher Verkehrsverbundes (KVV). Er ist Vorsitzender des Verwaltungsrates Personenverkehr mit Eisenbahnen und Vizepräsident des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), dessen Präsident er bis Juni 2003 war. Nach dem Studium des Bauingenieurwesens an der Universität Karlsruhe absolvierte er eine Baureferendarausbildung bei der Deutschen Bundesbahn, ehe er 1971 zu den VBK wechselte. Ludwig übt auch die Funktion des Betriebsleiters bei VBK und AVG aus.

Dipl.-Inform. (FH) Martin in der Beek (38) leitet seit Juli 2000 die Hauptabteilung Betrieb der Verkehrsbetriebe Karlsruhe (VBK) und ist in Personalunion für die Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH (AVG) als Stellvertretender Betriebsleiter EBO tätig. Nach abgeschlossenem Studium des Fachbereichs Wirtschaftsinformatik an der FH Karlsruhe war er in verschiede-

nen Bereichen der Verkehrsplanung bei der AVG und dem Karlsruher Verkehrsverbund (KVV) tätig.

Dr. Hans-J. Mentz (55) ist Geschäftsführer der Mentz Datenverarbeitung GmbH in München. Er studierte Elektrotechnik und Datenverarbeitung an der Technischen Universität München und promovierte über ein Thema aus der Verkehrsplanung an der Technischen Universität Berlin. 1972 gründete Mentz das Ingenieurbüro für wissenschaftliche und technische Datenverarbeitung, welches 1989 in die Mentz Datenverarbeitung GmbH überführt wurde.

Dr. rer. nat. Markus Alefeld (34) kam im September 1996 nach dem Studium und der Promotion in Mathematik an der TU München zur Mentz Datenverarbeitung, bei der er heute Systemverantwortlicher und Prokurist ist. In den letzten Jahren hat er mehrere große Projekte geleitet. So war er für die Entwicklung und die Einführung der Zug- und Traktionsplanung bei der Albtal-Verkehrs-Gesellschaft verantwortlich.

Pufferzeiten als flexibles Fahrzeitelement

Die Planung von Taktverkehren auf Mischbetriebsstrecken erfordert immer wieder Kompromisse, wenn der Netzbetreiber die gewünschte Takttrasse nicht zur Verfügung stellen kann. Mögliche Ursachen sind, dass

- die Stadtbahn auf einen langsameren Zug „auffährt“, also bei starrer Taktfolge ein Trassenkonflikt entsteht,
- am Abgangsbahnhof ein schnellerer Zug vorgelassen werden muss,
- der Zielbahnhof vor einem schneller nachfahrenden Zug erreicht werden muss.

In diesen Fällen kann die Trasse nur individuell mit entsprechender Taktabweichung betrieblich einwandfrei geplant werden. Dabei geht es oft nur um ein oder zwei Minuten. Leider wiederholen sich in manchen Fällen solche Konflikte mehrfach am Tag, so dass dem Kunden kein transparenter Fahrplan zur Verfügung gestellt werden kann. Um dieses Problem zu lösen, werden die rechnerisch erforderlichen Fahrzeiten zusätzlich um Pufferzeiten verlängert, um neben Verzögerungen im laufenden Betrieb auch leichte Schwankungen im Takt ausgleichen zu können. Damit können beispielsweise betrieblich erforderliche „Verspätungen“ gegenüber dem Takt wieder aufgefangen (vgl. Abb. 1) und trotzdem die Taktzeiten veröffentlicht werden. Dieses Verfahren bringt nebenbei auch im Betrieb zusätzliche Flexibilität, da auch bereits zur veröffentlichten Zeit abgefahren werden kann, wenn es die Betriebsverhältnisse zulassen.

Im klassischen Datenmodell der Planungssysteme wird auf der Basis netzweiter Fahrzeiten geplant. Die Fahrzeiten zwischen zwei Netzpunkten können in der Regel nur global bezogen auf

– den Betriebszweig (zum Beispiel Bahn oder Bus),
– das Fahrzeitprofil (zum Beispiel Haupt- oder Nebenverkehrszeit),
– gegebenenfalls den Linienfahrweg (Route)

definiert werden. Fahrtabhängige Anpassungen bei den Fahrzeiten sind in der Regel nicht zulässig. Um die geschilderten Taktabweichungen in den Griff zu bekommen, müsste für jede Abweichung ein eigenes Fahrzeitprofil oder ein eigener Linienfahrweg definiert werden. Ein akzeptables Handling und die Übersichtlichkeit des Systems wären hierbei nicht mehr gegeben.

Um eine fahrtbezogene Planung möglich zu machen, wird daher ein zusätzliches Fahrzeitelement, die *Pufferzeit*, eingeführt. Damit setzt sich die Gesamtfahrzeit zwischen zwei Netzpunkten aus der technisch erforderlichen minimalen Fahrzeit und der Pufferzeit zusammen (Abb. 2). Die Pufferzeiten können bezogen auf

– den Betriebszweig (zum Beispiel Bahn oder Bus),
– das Fahrzeitprofil (zum Beispiel Haupt- oder Nebenverkehrszeit),
– den Linienfahrweg,
– die Fahrt (!)

definiert werden. Da die Pufferzeit also fahrtbezogen verändert werden kann, ist eine Verkürzung der Gesamtfahrzeit maximal um die global definierte Pufferzeit oder eine beliebige Fahrzeitverlängerung möglich, so dass Takt-schwankungen entsprechend im System dargestellt werden können. Bei fahrtbezogen verlängerten Pufferzeiten kann die ursprüngliche Abfahrtszeit weiterhin berechnet und veröffentlicht werden, so dass bei Bedarf in nachgelagerten Systemen (Kundenfahrplan) der Taktfahrplan dargestellt werden kann (Abb. 3).

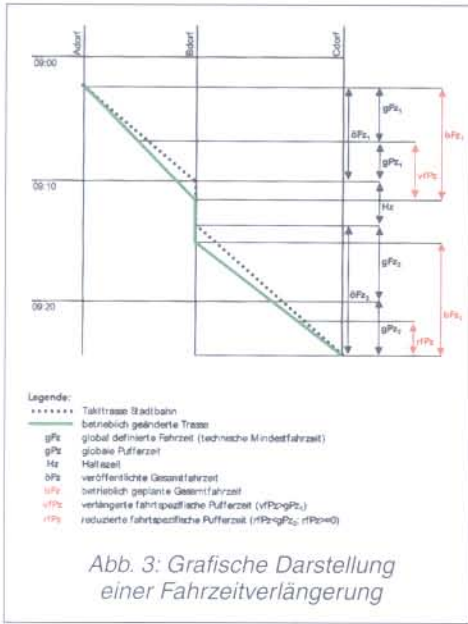
Beispiele für die Anwendung von Pufferzeiten

Auf der Stadtbahnlinie S3 Karlsruhe–Menzingen ergibt sich bei der Einfahrt in den Bahnhof Bruchsal zu bestimmten Zeiten ein Tras-

Um unter anderem einen unkomplizierten Datenaustausch zum Karlsruher Verkehrsverbund zu gewährleisten, fiel die Wahl auf das Planungssystem Diva des Unternehmens Mentz DV. Damit das System auch für die Planung auf EBO-Strecken eingesetzt werden kann, mussten neben der Erweiterung der Schnittstellen zum RBL und zur Dienstplanung, sowie der Programmierung spezieller Ausgaben (Buchfahrplan, Fahrplan für Schrankenposten, Bahnhofsfahrordnung, Wageneinsatzplan) vor allem das Datenmodell in folgenden Bereichen erweitert werden:

- Berücksichtigung von Pufferzeiten, um Taktabweichungen darstellen zu können,
- Erfassungs- und Darstellungsmöglichkeit von Durchfahrten,
- Verarbeitung der Umläufe auf Fahrzeugebene unter Berücksichtigung der Position im Zug (Traktionsplanung).

Da nun Funktionalitäten zur Verfügung stehen, die über die Möglichkeiten der klassischen Datenmodelle hinausgehen, sollen diese Systemerweiterungen hinsichtlich Anwendung und Realisierung in Diva vorgestellt werden.



senkonflikt mit der in der Gegenrichtung ausfahrenden Stadtbahn. Die Fahrzeit verlängert sich dadurch um eine Minute. Da im weiteren Fahrtverlauf zwischen Bruchsal Stegwiesen und Ubstadt-Ort die Fahrzeit um eine Minute gepuffert ist, kann hier die Verspätung wieder ausgeglichen werden.

Abbildung 4 zeigt, wie die Fahrt in Diva entsprechend angepasst wird. So wird die Pufferzeit vor Bruchsal um eine Minute erhöht. Die globale Pufferzeit vor Ubstadt-Ort wird dafür wieder um eine Minute reduziert, so dass die Fahrt hier wieder im ursprünglichen Takt verkehrt.

Eine andere Variante zur Anwendung von Pufferzeiten ist die verspätete Abfahrt, wenn die Streckenbelegung eine Abfahrt im Takt nicht zulässt. Ein Beispiel dafür im Netz der AVG ist die bis zum letzten Fahrplanwechsel alle zwei

Stunden um zwei Minuten verzögerte Abfahrt der Linie S5 in Pforzheim Hbf in Richtung Karlsruhe. So verkehrte zur Minute '14 ein Regionalexpress auf der gleichen Strecke. Aufgrund der technisch möglichen Zugfolge konnte die Stadtbahn nicht zur veröffentlichten Taktzeit Minute '16 nachfahren, sondern erst zur Minute '18. Um diesen Fall abzubilden, kann in Diva auch die Haltezeit gepuffert werden (Abb. 5). So wird zusätzlich zur Regelhaltezeit in Pforzheim Hbf eine Haltepufferzeit von zwei Minuten erfasst. Die verlängerte Haltezeit wird durch Abschmelzen der Pufferzeiten im weiteren Fahrtverlauf entsprechend ausgeglichen (vgl. Abb. 6). Da die Haltepufferzeit negativ sein darf, können auch reduzierte Aufenthaltszeiten anstelle der Pufferzeiten zum Abbau geplanter „Verspätungen“ genutzt werden.

Pufferzeiten in nachgelagerten Systemen

Für den Fahrplanbearbeiter bieten die Pufferzeiten eine komfortable Technik zur betrieblichen Planung von Taktabweichungen. Da die Pufferzeiten auch in nachgelagerte Programme einfließen müssen, ist die Interpretation der zusätzlichen Daten hier nicht ganz unproblematisch. Insbesondere beim Export in externe Systeme, die mit klassischen Datenmodellen arbeiten, müssen die Daten entsprechend aufbereitet werden. Hier ist insbesondere der Export in das RBL von Bedeutung. Um die fahrtabhängigen Abweichungen hierin darzustellen, müssen entsprechende Fahrzeitartern beim Export generiert werden, was die Transparenz des Systems etwas erschwert. Die Übernahme von Pufferzeiten wäre hier in Zukunft sicherlich eine interessante Erweiterung insbesondere hinsichtlich der automatischen Anschlussicherung.

Auch die Unterscheidung zwischen betrieblichen und veröffentlichten Zeiten erfordert je nach Anwendung und Anwender unterschiedliche Betrachtungsweisen. So werden in Karlsruhe beispielsweise die betrieblichen

und veröffentlichten Zeiten direkt in die Unterlagen des Triebfahrzeugführers (Buchfahrplan, Abb. 7) übernommen, damit der Triebfahrzeugführer auch die veröffentlichten Zeiten kennt. Auch im Bildfahrplan erfolgt die Darstellung beider Zeiten (veröffentlichte Zeit in Klammern, Abb. 7), wobei die Konstruktion der Linien mit den betrieblichen Zeiten erfolgt.

Durchfahrt

Für die betriebliche Planung im Eisenbahnverkehr ist es notwendig neben den „normalen“ Fahr- und Haltezeiten auch die Durchfahrt an einem Bahnhof zu planen. Bei der Durchfahrt fährt der Zug an dem Bahnhof vorbei, hält dort aber nicht. So gibt es im Netz der AVG auf vielen Linien Eilzüge, die nur an wenigen Haltestellen halten.

Damit die Netzdaten für solche Routen nicht redundant vorgehalten werden müssen, werden die vorhandenen Teilstrecken entlang dem Fahrgang zusammengesetzt und für die durchfahrenen Stationen ein entsprechender Schalter gesetzt. In der Modellierung der Fahrzeiten wird die Haltezeit an dem durchfahrenen Bahnhof nicht berücksichtigt. Die Eigenschaften der Teilstrecken vor und nach der Durchfahrt ergeben sich aus den bereits definierten Netzdaten. In Abbildung 5 ist beispielsweise eine Durchfahrt in Durlach Hubstraße definiert. In Anlehnung an das Fahrplanbuch wird die Durchfahrt durch einen senkrechten Strich dargestellt. Im Buchfahrplan werden neben den angefahrenen Bahnhöfen diese Durchfahrten mit ausgegeben.

Traktionsscharfe Umlaufplanung

Im Zweisystemnetz der AVG kommen über 100 Triebwagen aus der Fahrzeugfamilie Stadtbahn Karlsruhe zum Einsatz. Aufgrund

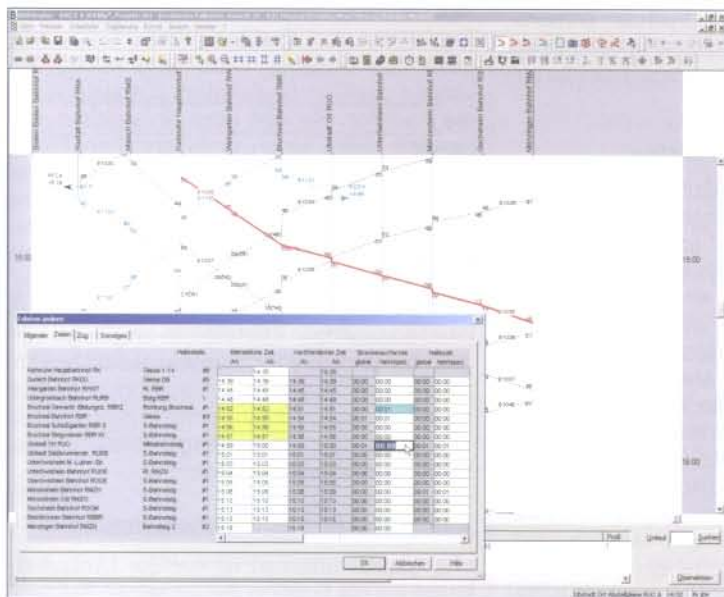


Abb. 4: Eingabe von fahrspezifischen Pufferzeiten in Diva

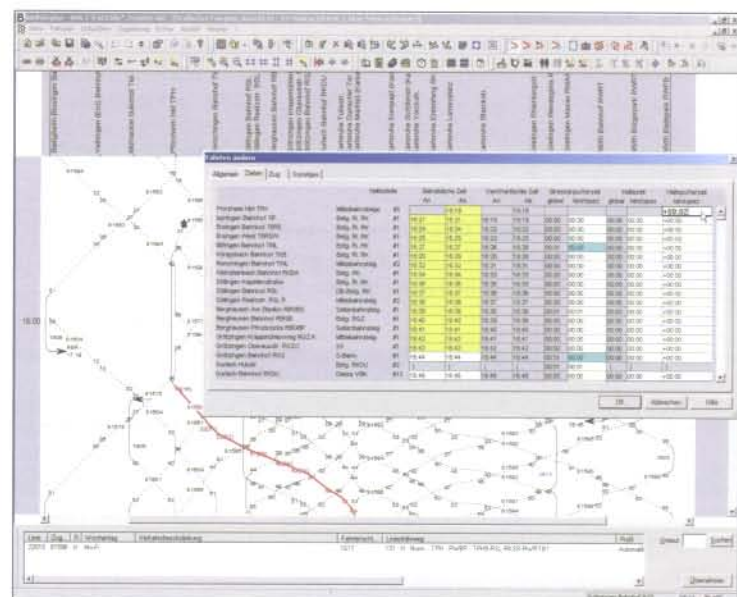
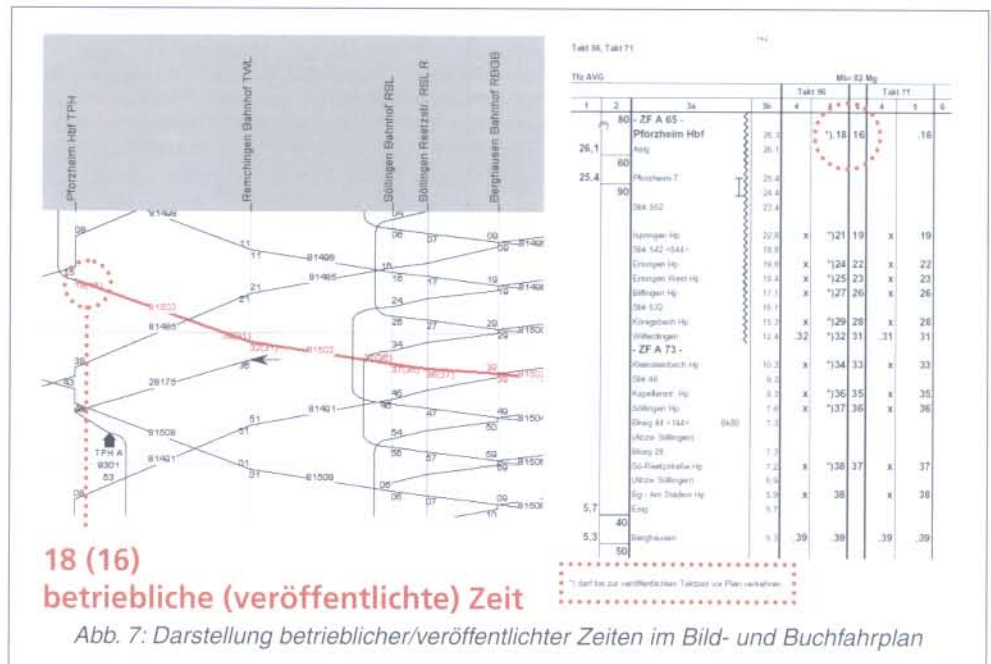
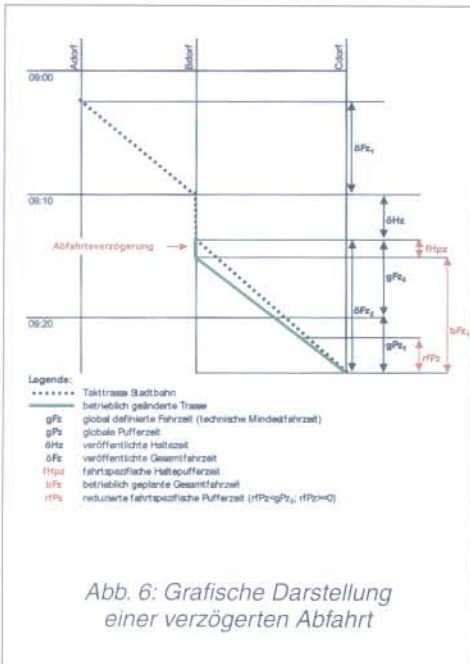


Abb. 5: Eingabe einer verzögerten Abfahrt in Diva



der Weiterentwicklung in den letzten Jahren und neuer Kundenanforderungen gibt es inzwischen unterschiedliche Typen, zum Beispiel

- Hochflurfahrzeuge,
- Mittelflurfahrzeuge,
- Bistrowagen,
- Fahrzeuge mit/ohne WC.

Sämtliche Fahrzeuge sind untereinander kuppelbar und verkehren im täglichen Betrieb maximal in Dreifachtraktion. Aufgrund des dezentralen Abstellkonzeptes der AVG werden die Fahrzeuge an über 20 Orten im Netz abgestellt. Wegen unterschiedlicher Anforderungen auf den einzelnen Strecken (zum Beispiel Steilstreckenfähigkeit oder Bahnsteighöhen) ist es wichtig, dass bei der Umlaufplanung die typenbezogene Konsistenz der Umläufe und die Fahrzeugbilanz an den Abstellorten beachtet wird. Dies wird insofern erschwert, als dass

- die Traktion eines Zugumlaufs sich mehrfach am Tag ändern kann,
- die Behängung sich an Zwischenstationen einer Zugfahrt ändern kann,
- Züge über bestimmte Abschnitte gemeinsam im Verband fahren, also sich zu einer Fahrt vereinigen oder in zwei Fahrten flügel.

In den konventionellen Planungsprogrammen stellt die Abbildung dieser Betriebsverhältnisse oftmals ein Problem dar. So ist die Behängung hier meist direkt einer Fahrt über den Fahrzeugtyp zugeordnet und lässt sich im Fahrtverlauf nicht verändern. Um dies zu bewerkstelligen, müsste die Fahrt am Verstärkungs- oder Schwächungspunkt geteilt werden. Die getrennten Fahrten müssten dann manuell für die Fahrplanpräsentation (Fahrplanbuch, Aushangfahrpläne) wieder

zusammengefügt werden. Besonders nachteilig ist aber, dass sich der Umlauf eines einzelnen Fahrzeugs nicht verfolgen lässt.

Um diese Probleme zu beheben, ist die AVG schon früh auf eine fahrzeugscharfe Umlaufplanung übergegangen. Die Darstellung der Umläufe (Laufpläne) erfolgt dazu in Balkenplänen, aus denen auch ersichtlich ist, an welcher Position im Zug sich das Fahrzeug gerade befindet. Da die Fahrzeugposition ständig wechseln kann, zum Beispiel an Endstellen, an Kopfbahnhöfen oder durch Stärken und Schwächen, ist das Mitführen der Position bei der Umlaufbildung und später für den Disponenten wichtig. Abb. 8 zeigt, wie sich die Umlaufbildung von drei Triebfahrzeugumläufen in Abhängigkeit von verschiedenen Aktionen aufgrund der Fahrzeugposition ändern kann. Um im Planungssystem Diva fahrzeugbezogene Umläufe entsprechend der genannten Anforderungen bilden zu können, waren intern einige Erweiterungen erforderlich.

Referenz- und Traktionsfahrten

Um fahrzeugscharfe Umläufe bilden zu können, legt Diva für jedes eingesetzte Fahrzeug im Zug eine eigene Fahrt an, die dann ganz normal zu Umläufen verknüpft werden kann. Damit die „Mutterfahrt“ weiterhin eindeutig identifiziert werden kann, wird intern in Referenz- und Traktionsfahrten unterschieden. Die Referenzfahrt (RF) stellt dabei die eigentliche Zugfahrt dar, die Traktionsfahrt(en) (TF) stellen weitere Fahrzeuge im Zug dar. Wichtig ist, dass die Traktionsfahrt stets ein Teil der Referenzfahrt ist (Abb. 9). Wenn zum Beispiel beim Flügel eines Zuges eine Traktionsfahrt zur Referenzfahrt werden soll, muss ab dem Flügelungsbahnhof eine neue Referenzfahrt mit eigener Zugnummer angelegt werden.

Arbeiten mit der Traktionsplanung

Für die Traktionsplanung wurden mehrere Funktionen entwickelt, die verschiedene Fälle abdecken:

- Bereitstellen beziehungsweise Abstellen vorm oder nach einem Abstellgleis,
- Stärken und Schwächen einer Zugfahrt bei Fahrtbeginn oder ab einem Unterwegsbahnhof,
- Stärken und Schwächen eines vorhandenen Umlaufs ab einem Unterwegsbahnhof mit automatischer Bereit- beziehungsweise Abstellung.

Voraussetzung für die Bearbeitung ist, dass auch die Linienfahrwege für die Traktionsfahrten, sofern diese von den Referenzfahrten abweichen, in der Netzverwaltung angelegt wurden. Besonders mächtig sind die Funktionen zur direkten Bearbeitung eines gesamten Umlaufs. Dazu wird einfach ein Umlauf direkt im Bildfahrplan ausgewählt und die Funktion *Stärken* oder *Schwächen* ausgewählt. Über einen umfangreichen Dialog (Abb. 10) kann dann in einem Schritt ein Umlauf ab einer beliebigen Position gestärkt oder geschwächt werden. Dem neuen Fahrzeugumlauf kann dabei gleichzeitig eine neue Umlaufnummer zugeteilt und bei Bedarf die zugehörige Bereitstellungsfahrt ab dem passenden Abstellgleis angelegt werden. Im Bildfahrplan werden gestärkte Umläufe durch doppelte Umlaufbögen und im Ausdruck auch durch eine entsprechende Anzahl „Bollen“ an beliebiger Stelle auf der Fahrt gekennzeichnet (Abb. 11).

Automatische Positionsberechnung

Wie bereits erläutert ist bei der Umlaufverknüpfung die Position der einzelnen Fahrzeuge im Zug von entscheidender Bedeutung.

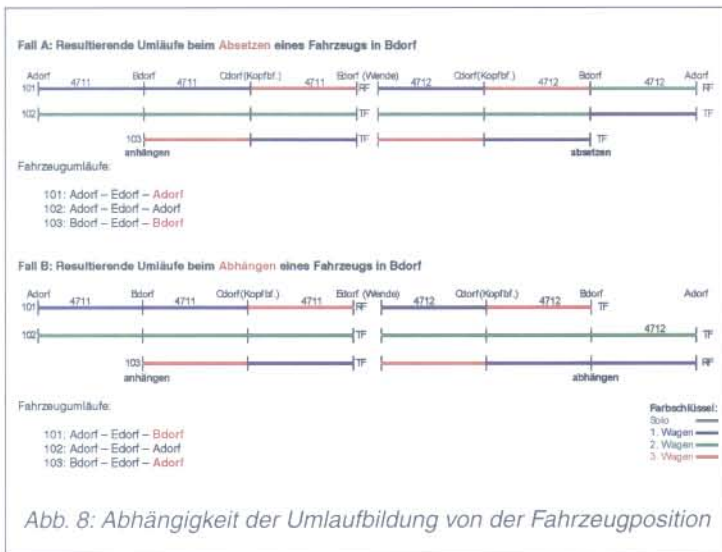


Abb. 8: Abhängigkeit der Umlaufbildung von der Fahrzeugposition

Damit in Diva die Position automatisch bestimmt werden kann, müssen zusätzliche Basisdaten bereit gestellt werden. Da sich die gesamte Traktionsplanung auf Basis der Linieneinfahrwege (Routen), die wiederum aus Teilstrecken zusammengesetzt sind, aufbaut, werden die Grunddaten für die Positionsbeurteilung bereits auf Netzebene angelegt. Hierzu werden den Teilstrecken entsprechend der geografischen Lage der Gleispositionen *Gleisanfang* und *Gleisende* zugeordnet. Das Gleisende liegt dabei immer östlich vom *Gleisanfang*, im Zweifel nördlich davon (Abb. 12).

Auf Basis dieser Netzinformation kann die Positionsänderung der Fahrzeuge beim Richtungswechsel nachvollzogen werden. Die Ausgangsposition wird dabei in Abhängigkeit von der Netztopologie (zum Beispiel Bereitstellung über Nord- oder Südkopf eines Gleises) und der zeitlichen Abfolge (zum Beispiel Einfahrt auf besetztes Gleis) bestimmt.

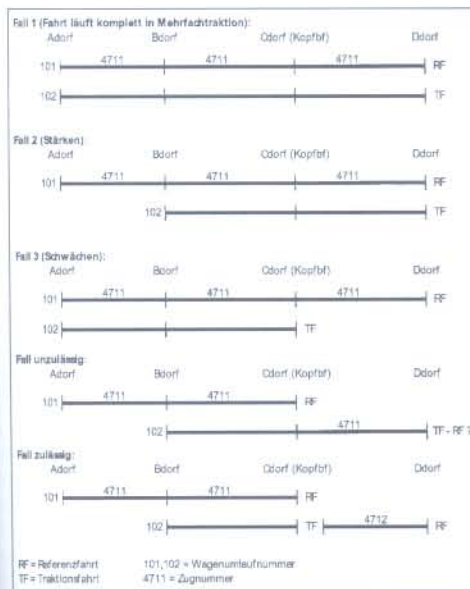


Abb. 9: Referenz- und Traktionsfahrten

Durch diese Technik ist es nicht nur möglich, einen Positionswechsel der einzelnen Wagen im Zugverband am Ende einer Fahrt zu modellieren, sondern es können auch Positionswechsel an einer beliebigen angefahrenen Haltestelle festgestellt werden. Dies war ein wesentlicher Schritt um die Position des einzelnen Wagens für die Information des Fahrgastes zu verwenden. So kann im Dyfis-System [6] an Haltestellen vor einer

Flügelung dem Fahrgast die Fahrtrichtung des einzelnen Wagens im Zugverband dargestellt werden (etwa 1. Wagen Menzingen, 2. Wagen Odenheim).

Die Darstellung der Fahrzeugpositionen erfolgt bereits bei der Planung über Farben im Balkenplan (Abb. 13) und im tabellarischen Umlauffenster. Die untere Hälfte eines Balkens stellt die Position des einzelnen Wagens im Zugverband dar. Man kann erkennen, wie die Position innerhalb eines Wagenumschlags wechselt. Über den Balken wird die Zugnummer dargestellt. Die Wagenumschläge mit gleicher Zugnummer fahren in einem Zugverband.

Traktionsplanung in nachgelagerten Programmen

Die fahrzeugbezogene Umlaufplanung erfordert in nachgelagerten Anwendungsbereichen angepasste Lösungen. So müssen für die Dienstplanung die fahrzeugbezogenen

Umläufe auf zugbezogene Umläufe abgebildet werden, um die planungsrelevante Leistungsmasse zu erhalten. (Jeder Zug ist nur mit einem Triebfahrzeugführer besetzt.) In das RBL werden nur Fahrten des jeweils führenden Fahrzeugs exportiert, während für das elektronische Fahrgastzählsystem alle Fahrten inklusive der Position übertragen werden, um eine entsprechende Hochrechnung der Daten zu ermöglichen.

Integration in Diva

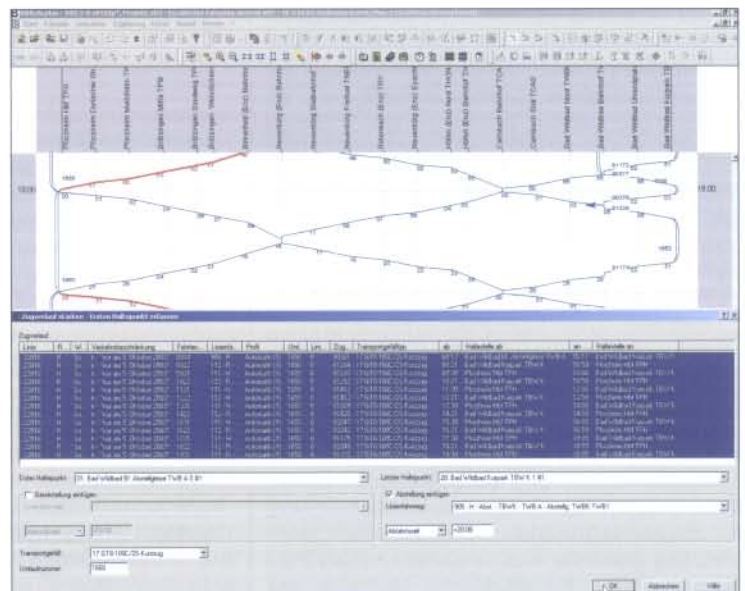
Die beschriebene Funktionalität ist vollständig in das Diva-System integriert. Das vorhandene VDV-konforme Datenmodell wurde um die benötigten Tabellen und Felder erweitert, so dass die Modellierung der Traktionsplanung und der erweiterten Fahrzeitplanung ermöglicht wird. Dadurch konnte bei der Einführung des Systems bei der AVG gewährleistet werden, dass die existierenden Diva-Komponenten beim Karlsruher Verkehrsverbund und der Verkehrsverbunde Karlsruhe weiterverwendet werden können.

Heute werden in Karlsruhe neben der Fahr- und Umlaufplanung die Dienstplanung, die Publikationen (Buchsatz, Haltestellenbezogener Aushangfahrplan, chronologischer Aushangfahrplan, Fahrerunterlagen), die Statistiken sowie die vollständige Versorgung des RBL-Systems, des Auskunftssystems (Efa) und der Personaldisposition mit dem Diva-System realisiert. Die Fahr- und Umlaufplanung für den Eisenbahnbetrieb ist vollständig in den regulären Planungsprozess integriert.

Neben den standardmäßig vorhandenen Diva-Komponenten wurden einige Spezialmodule für das Diva-System entwickelt, die für den betrieblichen Einsatz des Diva bei der AVG verwendet werden. Hierzu gehören:

- Druckausgabe des Bildfahrplans: In verschiedenen Formaten von DIN A4 bis DIN

Abb. 10: Dialog „Stärken“ im Bildfahrplan



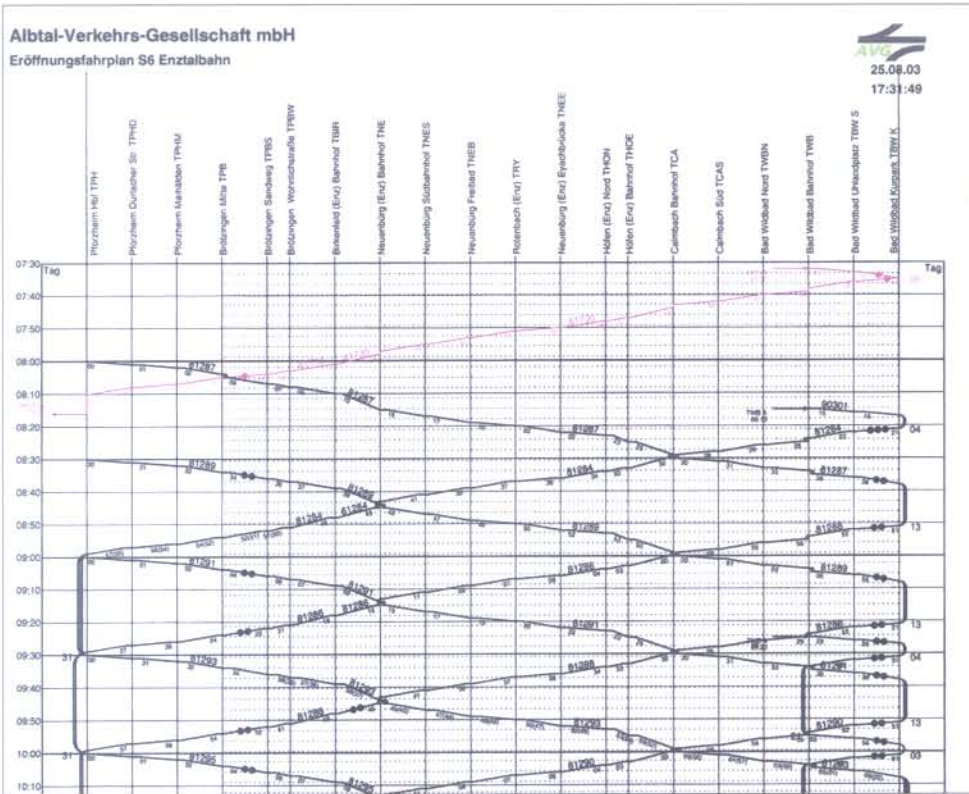


Abb. 11: Darstellung gestärkter Züge im Bildfahrplan

A0 werden die Bildfahrpläne ausgegeben. Dabei werden sämtliche zusätzlich betrieblich benötigten Informationen wie Traktion, Pufferzeiten, eingleisige Strecken, Ab-/Bereitstellungen et cetera) ausgegeben (Abb. 11). Diese Ausdrücke sind insbesondere für die Fahrdienstleiter in den Bahnhöfen relevant.

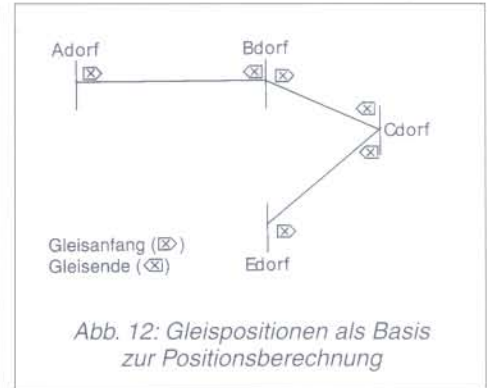
- Druckausgabe des Triebfahrzeuglaufplans: Unter Berücksichtigung zahlreicher Zusatzinformationen, wie Fahrzeugposition, Zugnummer, Fahrzeugtyp werden die Fahrzeugumläufe für die verschiedenen Verkehrstage im PDF-Format generiert.
- Mit dem Diva-System wird der vollständige Buchfahrplan als PDF erzeugt. Der Buchfahrplan enthält die vollständige Information eines Zuges aus Sicht der Planung (Zugverlauf, Traktion, Zeiten, Tunnel, Steigungen, Kilometrierung, Signale, Geschwindigkeitsvorgaben). Diese mit dem System erzeugten Unterlagen werden von dem Triebfahrzeugführer verwendet.
- Für den Störfall an Bahnübergängen werden Fahrpläne für Schrankenposten aus dem System generiert.

Fazit und Ausblick

Bei der AVG können mit den beschriebenen Systemerweiterungen die besonderen Anforderungen an die Fahr- und Umlaufplanung im Zweisystembetrieb sehr gut erfüllt werden. Die gewählte Ausgangsbasis eines Planungssystems für städtische Verkehre hat

sich dabei für Karlsruhe bewährt. Vorteilhaft ist vor allem auch die Durchgängigkeit des Systems in alle Anwendungsbereiche.

Das Gesamtsystem wurde auf der Diva/Efa-Usergroup im Herbst 2002 in Regensburg einer großen Zahl von Anwendern vorgestellt. In der Diskussion mit den Anwendern kam die Idee auf, die Technik der Pufferzeiten für einen anderen Zweck zu verwenden: Interpretiert man die Pufferzeiten als bereits bei der Planung erfasste Fahrzeitschwankungen, kann man diese zum Beispiel für die Anschlusssicherung im RBL-Betrieb verwenden. In diese



Richtung wird mit Anwendern und Systemlieferanten zurzeit diskutiert und ein Modell entwickelt, das eine durchgängige Anschlusssicherung von der Planung bis in das RBL aber auch in das Auskunftssystem (Efa) erlaubt. Hier sind einige spannende Entwicklungen im Laufe der nächsten Zeit zu erwarten.

Literatur

- [1] Dieter Ludwig/Horst Emmerich/Martin in der Beek: Erfahrungen mit der ersten Stadtbahn auf Bundesgleisen, in: DER NAHVERKEHR, 1-2/1994, S. 42ff
- [2] Dieter Ludwig/Axel Kühn: Das Karlsruher Modell und seine Übertragbarkeit, in: DER NAHVERKEHR, 10/1995, S. 12ff
- [3] Dieter Ludwig/Heiko Ziegler/Georg Nowak-Hertweck: Ausbau der Karlsruher Stadtbahn ins Umland geht Zug um Zug weiter, in: DER NAHVERKEHR, 5/2003, S. 9ff
- [4] Dieter Ludwig/Peter Forcher: Stadtbahnwagen Karlsruhe für Gleichspannung 750 V und Wechselspannung 15kV, in: Elektrische Bahnen, 4/1992
- [5] Bundesministerium für Verkehr: Besondere Bedingungen für das Verkehren von Leichten Nahverkehrstriebwagen (LNT) im Mischbetrieb mit Regelfahrzeugen der Eisenbahnen des öffentlichen Verkehrs, E 15/32.31.00/19 Va 95 (1) vom 24. April 1995
- [6] Michael Schnell/Frank Blümle: Mit DyFIS gut informiert durchs Tal, in: Stadtverkehr 3/2003

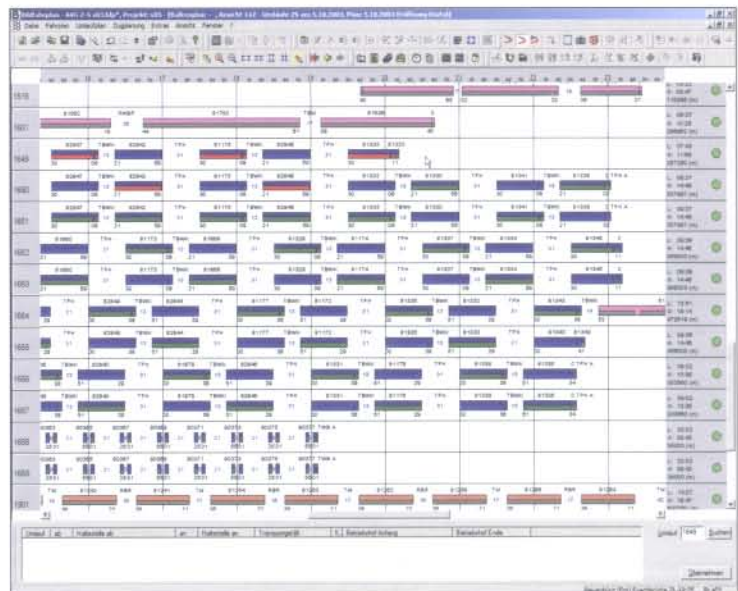


Abb. 13: Positions-darstellung im Balkenplan