

H. DANNENBERG

## PROGRAMMSYSTEM BBI BAU- UND BETRIEBSPLANUNG FÜR INSTANDHALTUNGSARBEITEN

**Kurzfassung.** Es wird ein interaktives Anwendungssystem dargestellt, das den Projektbearbeiter bei der Optimierung von Planungsvarianten für die Durchführung von Instandhaltungsarbeiten unterstützt. Es umfaßt die notwendigen Algorithmen und Rechenverfahren z.B. zur Ermittlung von Fahrzeiten und Verspätungen, zum Erkennen von Behinderungen sowie zur Berechnung von Bauzeiten und Baukosten. Dabei wird ein Programmsystem zur interaktiven Benutzerführung (IBF) verwendet. Es ermöglicht den gesamten Dialog zu führen und standardisiert die Bildschirmmasken. Dies ist sowohl auf PC unter MS-DOS lauffähig, als auch auf Workstations unter UNIX und X-WINDOWS. Es kann je nach Aufgabenstellung und verfügbarer Hardware das kostengünstige Rechnersystem gewählt werden.

## PROGRAM WSPOMAGAJĄCY PLANOWANIE PRAC UTRZYMANIA RUCHU

**Streszczenie.** Rozwój komunikacji w trzech minionych dziesięcioleciach charakteryzuje się wzrostem ruchu indywidualnego. Równocześnie stale spada udział publicznej komunikacji kolejowej. Konieczne są więc wysiłki zmierzające do zwiększenia tego udziału.

Zadaniem służb utrzymania ruchu jest zmniejszenie częstości zakłóceń. W tym celu konieczne jest zastosowanie komputerowego wspomaganie planowania i sterowania systemem komunikacyjnym. Przedstawiony został interaktywny system użytkowy do wspomaganie projektanta przy optymalizacji wariantów planu realizacji prac utrzymania ruchu. Obejmuje on algorytmy konieczne do ustalania czasu jazdy i opóźnień, jak również do obliczania czasu i kosztów budowy. Zastosowano system interaktywnego dialogu za standaryzowanym menu programu. Program ten może funkcjonować zarówno na komputerach klasy PC pod kontrolą MS-DOS, jak również na systemach pod UNIX i X-WINDOWS. W zależności od klasy zadań i posiadanego sprzętu można skonfigurować system obliczeniowy optymalny pod względem kosztów.

Celem planowania jest ustalenie możliwie najkorzystniejszego przebiegu prac przy uwzględnieniu ewentualnych ograniczeń. Realistyczna symulacja rzeczywistego przebiegu prac osiągnana jest w ten sposób, że wprowadzane są wszystkie stosowne informacje o pracach. Informacje te są odwzorowane w systemie modelowania jako czynności elementarne. Czynności te tworzą elementy podstawowe do symulacji wielokrotnych przebiegów prac w utrzymaniu ruchu.

Przedstawiony został przebieg interaktywnego planowania budowy. Czasy realizacji i uzyskane wyniki wyprowadzane są w postaci tabelarycznej w kolejności numeracji czynności. Istnieje również możliwość obliczenia kosztów materiałowych, maszynowych i płac.

Jeśli zadanie nie może być samodzielnie rozwiązane przez program, wówczas oferowane są użytkownikowi alternatywne rozwiązania, jak np. zmiany czasu i trasy jazdy pociągów, odjazdy, odwołanie pociągu. W zależności od uzyskanych wyników, planowanie ruchu może być powtórzone z nowymi danymi. Model do planowania budowy i ruchu (BBI) jest bazą do realizacji komputerowo zaplanowanych stanowisk pracy w utrzymaniu ruchu.

Przez lepsze planowanie i sterowanie można uzyskać oszczędności. Warunkiem koniecznym do tego jest system informacyjny. Jego celem jest podwyższenie jakości planowania, a w efekcie minimalizacja zakłóceń ruchu.

#### ПРОГРАММА ВСПОМОГАЮЩАЯ ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ СОДЕРЖАНИЯ ДВИЖЕНИЯ

**Резюме.** Развитие сообщения в трех минувших десятилетиях характеризуется ростом индивидуального движения. Одновременно постоянно уменьшается значение общественного железнодорожного транспорта. Нужны необходимые усилия увеличивающие это значение. Задачей эксплуатационных служб есть уменьшение частоты перебоев в движении. Для этой цели нужно применить компьютерное вспомогание планирования и управления системой сообщения. Была представлена в заимодействующая система употребляемая до вспомогания проектировщика при оптимализации вариантов плана реализации работ содержания движения. Охватывает она алгоритмы необходимые для определения времени движения и опозданий, а также для вычисления времени и стоимости строительства. Эта программа может функционировать так и на компьютерах класса PC под контролей MC-DOS, также на других системах под UNIX и X-WINDOWS. Модель для планирования постройки и движения (BBI) является базой для реализации компьютерно запланированных рабочих мест в содержании движения. Через лучшее планирование и управление можно получать экономию. Необходимым условием для этого является информационная система. Ею целью является повышение качества планирования, а в эффекте минимализация перебоев в движении.

#### 1. EINFÜHRUNG IN DIE PROBLEMSTELLUNG

Der Zugbetrieb auf den Hauptmagistralen der europäischen Bahnen ist gekennzeichnet durch

- hohe Zugdichte (120-150 Züge je Tag und Gleis) und
- weitgehende Vertaktung des Fahrplans, die zu einer wenig flexiblen Betriebsführung zwingt.

Die hohe Balastung der Schienenwege hat großen Einfluß auf die Planung und Durchführung der Fahrweginstandhaltung:

- Bereits relativ geringe technische Störungen führen zu erheblichen Beeinträchtigungen bei der Betriebsabwicklung und zur Zunahme der Verspätungen.
- Aufgrund der hohen Streckenbelastung stehen nur wenige, kurze Sperrpausen für die Instandhaltung, so daß die normale Gleisunterhaltung beeinträchtigt ist.

Instandhaltungsarbeiten haben das Ziel, eine sichere Betriebsabwicklung zu gewährleisten und die Störungshäufigkeit möglichst gering zu halten. Damit ist ein betriebliches und wirtschaftliches Optimierungsproblem (siehe Abb. 1) gegeben:

- Instandhaltungsarbeiten erfordern einen hohen technischen und personellen Einsatz. Sie kosten Geld und sind insbesondere bei schlecht genutzten Ressourcen (stillstehende Maschinen, nicht eingesetztes Personal) unwirtschaftlich.
- Zugverspätungen kosten aber in Form von Einnahmeverlusten auch Geld. Leider werden diese Kosten von den Eisenbahnen bisher überhaupt nicht berechnet und in Planungsentscheidungen zur Fahrwegunterhaltung einbezogen.

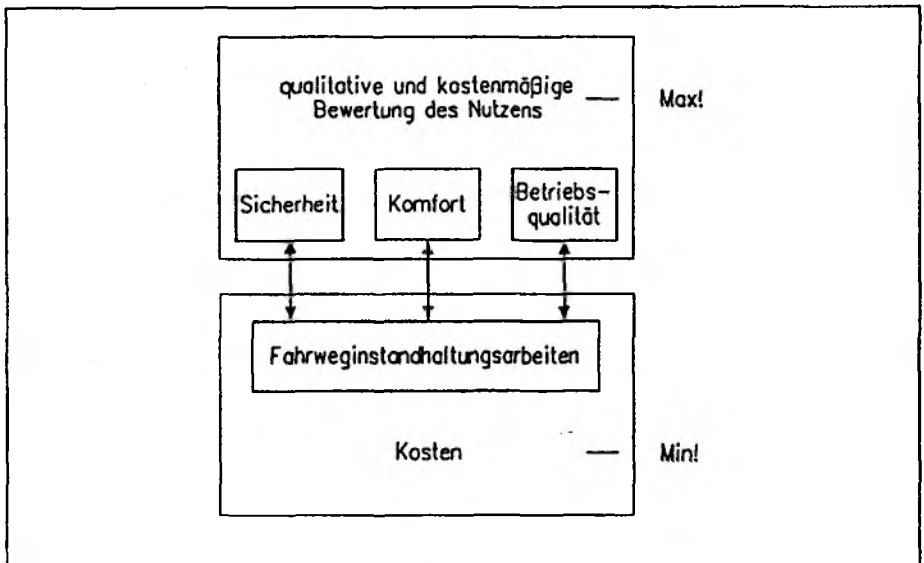


Abb. 1. Optimierungsaufgabe Fahrweginstandhaltung

Rys. 1. Uwarunkowania optymalizacji prac służb utrzymania ruchu

Fig. 1. Conditions for optimizing railway traffic maintenance

Die wesentliche Planungs- und Optimierungsaufgabe ist es daneben, die unvermeidbaren Betriebsbeeinträchtigungen auf ein Mindestmaß zu beschränken und zugleich die Durchführungskosten gering zu halten. Nur durch bessere Planungs- und Steuerungsmethoden für die Arbeitsdurchführung sind Einsparungspotentiale zu erschließen. Um sie in der Praxis anwenden zu können, sind rechnergestützte Systeme unverzichtbar. Sie unterstützen einen Planer bei der Erarbeitung und Optimierung von Varianten für die Durchführung von Instandhaltungsarbeiten.

Das Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb (IVE) der Universität Hannover hat in den letzten Jahren für folgende Planungsarbeiten CAD-Systeme entwickelt:

- Simulation des Eisenbetriebsablaufs auf Strecken und in Knoten
- Berechnung von Arbeitsabläufen und -kosten einer Instandhaltungsbaustelle
- Bewertung von Betriebserschwernissen infolge Störungen oder Bauarbeiten
- Koordination verschiedener Instandhaltungsarbeiten und Aufstellung von Jahresarbeitsplänen

In Auftrage der Slowenischen Eisenbahn wurden die beiden oberen dieser Programmsysteme zu einem integrierten Programm für die Bau- und Betriebsplanung weiterentwickelt. Dieses Programm wird im zweiten Teil dieses Vortrages näher erläutert werden. Außerdem wurde im Auftrage der Deutschen Bundesbahn ein speziell für die Sperrpausenoptimierung beim Gleisumbau geeignetes Rechenmodell entwickelt. Diese Systeme werden von den genannten Bahnen bereits eingesetzt.

## 2. AUFBAU EINES DATENBANKSYSTEMS "INSTANDHALTUNGSPLANUNG"

Die durch die o. g. Arbeiten begonnene Entwicklungslinie zur Erstellung rechnerunterstützter Planungssysteme wird in weiteren Forschungsvorhaben fortgesetzt. Ziel ist es dabei, die zahlreichen Instandhaltungsarbeiten verschiedener Fachdienste zur Sperrpauseneinsparung zu koordinieren. In einem früheren Forschungsvorhaben konnte nachgewiesen werden, daß durch ein verbessertes Planungs- und Steuerungsinstrumentarium die Anzahl und Dauer der für die Instandhaltung erforderlichen Gleissperrungen entscheidend gesenkt werden kann. Außerdem können die Auswirkungen betrieblicher Randbedingungen (insbesondere der Sperrpausenlängen) auf die Kosten der auszuführenden Instandhaltungsarbeiten ermittelt werden.

Um die aufgezeigten Einsparungspotentiale zu erschließen, ist ein Informationssystem mit allen Daten über Instandhaltungsarbeiten eines bestimmten Streckenbereiches und Zeitraums die wesentliche Voraussetzung. Es kann in folgenden Anwendungsbereichen genutzt werden:

- Planung der Instandhaltungsarbeiten (Jahresarbeitsplan, Personal- und Maschineneinsatz)
- Analyse der Auswirkungen von Instandhaltungsarbeiten auf den Betrieb
- Kurzfristige Maßnahmen bei Störungen oder bei Abweichungen von der geplanten Arbeitsdurchführung
- Kontrolle der Arbeitsdurchführung (Basisdaten für Kostenrechnung)

Dazu wird auf der Basis der vorhandenen Modelle zur Abbildung von Tätigkeiten und Arbeitsabläufen ein Instrumentarium zur

- Erfassung beliebiger Instandhaltungsarbeiten,
- Erfassung der Streckenausrüstung,
- Koordinationsberechnung und
- streckenbezogenen, zeitlichen Arbeitsplanung (Jahresarbeitsplan)

entwickelt. Die geplanten Rechenfunktionen werden so konzipiert, daß eine Anwendung auf beliebige Streckenbereiche durch den Anwender möglich ist. Das bedeutet insbesondere, daß eine Benutzeroberfläche zu entwickeln ist, die die Nutzung des Systems ohne vertiefte ECV-Kenntnisse gestattet. Sie wird sich an der Bedienung des Programmsystems zur Bauablaufplanung (vgl. Abschnitt 4) orientieren.

### 3. ENTWICKLUNG EINES BEWERTUNGSVERFAHRENS FÜR BETRIEBERSCHWERNISSE

Der tatsächliche Betriebsablauf der Eisenbahnen weicht aus zahlreichen Gründen von den Fahrplanvorgaben ab. Aus dieser Unplanmäßigkeit und Unpünktlichkeit ergeben sich nachteilige Auswirkungen auf den wirtschaftlichen Erfolg der Bahnen. So führen die Planabweichungen zu Betrieberschwernissen und damit zu einer Erhöhung des Aufwandes für die Transportdurchführung und zugleich zu Verlusten von Kunden im Reise- und Güterverkehr. Trotz der geschilderten Bedeutung der Betriebschwernisse gibt es bisher keine in der Praxis handhabbaren Bewertungsverfahren für Betriebschwernisse.

Es existieren zwar geeignete Verkehrs- und Prognosemodelle, die eine Abschätzung der Kundennachfrage nach bestimmten Verkehrsangeboten erlauben, diese erfordern aber i.a. einen sehr großen Daten- und Rechenaufwand. Daher

soll ein anderer Lösungsweg erarbeitet werden. Ziel ist es, ein Rechenmodell zu entwickeln, das zunächst für den in eine Betriebserschwerbnisbewertung einzubeziehenden Netzbereich Kenngroßen und Typisierungen ermittelt. Durch diese werden dann klassifiziert, z. B. nach

- den betrieblichen Möglichkeiten bei Sperrungen (Umfahrung oder Umleitung),
- der Streckenbelastung und
- der Verkehrsnachfrage.

In ähnlicher Weise ist eine Typisierung möglicher Betriebseinschränkungen vorzunehmen (z.B. nach Art und Dauer sowie den betrieblichen Auswirkungen). Anschließend sind die Einzeltypisierungen mit geeigneten Gewichtungsfaktoren zu einer Gesamtfunktion zu verknüpfen. Ordnet man den Typisierungen der Bereiche Aufwand für Störungsbeseitigung, Zugfördermehraufwand und Verlust an Nachfrage Kostenwerte zu, so entsteht eine Gesamtbewertungsfunktion für Betriebsbehinderungen.

Das beschriebene Verfahren ist relativ einfach anwendbar. Es erfordert aber für die vorzunehmenden Typisierungen und die Entwicklung der Bewertungsfunktionen eine Eichung. Zur Erarbeitung des Rechenganges sollen als Ursachen für Betriebserschwerbnisse beispielhaft die Störfälle:

- Sperrung eines Gleisabschnittes und
- Einrichtung einer Langsamfahrstelle

betrachtet werden. Technische Störungen an Streckeneinrichtungen (z.B. Signal- oder Weichenstörungen) sind ggf. im Modell geeignet umzuformen. Um die Auswirkungen einer Betriebsbehinderung zu ermitteln, ist prinzipiell eine Simulation des sich ergebenden Betriebsablaufes und eine Nachfragebewertung durch Verkehrsmodelle notwendig. Aufgrund des dazu erforderlichen hohen Datenerfassungs- und Rechenaufwandes kann man so jedoch nur einfache Problemstellungen bearbeiten. Für ein praktisch anwendbares Bewertungsverfahren ist eine Reduktion der Datenmengen notwendig. Dies kann durch eine Klassifikation der Einflußparameter geschehen. Folgende Faktoren sind dabei zu berücksichtigen:

- Art und Dauer der Behinderung
- Ort der Betriebsbehinderung
- Betriebliche Belastung (Zugzahlen, Betriebsprogramm)
- Möglichkeiten der Betriebsführung (Umleitungen, Ersatzverkehre)
- Verkehrliche Bedeutung (Reisendenzahlen, Gütermengen)

Für einen Netzbereich (Strecke oder Knoten) werden für jeden Parameter zeitabhängige Gewichtungsfunktionen bestimmt. Dies kann durch die Auswertung von Betriebs- und Reisendenstatistiken oder durch die Anwendung von Modellen

(Simulationen, Prognosen) geschehen, die Einzelbewertungen werden anschließend in einer Gesamtbewertungsfunktion zusammengefaßt, für die dann eine Umrechnung in Währungseinheiten erfolgen kann. Basis dieser Umrechnung sind:

- die Zugfördermehrkosten,
- die Kosten für die Behebung der Erschwernisursache (Baukosten bzw. Kosten einer Störungsbeseitigung) und
- die aus verkehrlichen Bewertungen abzuleitenden Einnahmeverluste.

#### 4. DAS BAU- UND BETRIEBSPLANUNGSPROGRAMM

##### 4.1. Modellkomponenten und Programmfunktionen

Das von IVE entwickelte Programmsystem ermöglicht:

- die Berechnung von Bauzeiten und -kosten einer Baustelle
- das Erkennen von Behinderungen aufgrund von Sperrungen oder Langsamfahrstellen
- das Aufstellen eines Fahrplans für die Bauzeit (Umfahrung des Baubereiches, Zugumleitung, Ausfall von Zügen).

Um die durchzuführenden Arbeiten planen und die entstehenden Maschinen- und Personalkosten berechnen zu können, müssen die Angaben zu Bauverfahren sowie Leistungskennwerte der einzusetzenden Maschinen und Personale in einer Datenbank bereitgestellt werden. Die Modellkomponenten für die Bauablaufplanung sind in der Abbildung 2 dargestellt.

Die Einzeltätigkeiten bilden die Grundelemente zur Nachbildung der vielfältigen Arbeitsabläufe bei Instandhaltungsarbeiten. Aus ihnen können entsprechend der Bautechnologie nacheinander auszuführende Standartabläufe zur Vereinfachung und Beschleunigung der Dateneingabe in Arbeitsverfahren zusammengefaßt. Die Arbeitsreihenfolge kann bei der Bauplanung falls erforderlich an die baustellenspezifischen Besonderheiten angepaßt werden. Damit neben den Durchführungszeiten einer Instandhaltungsbaumaßnahme auch die dabei entstehenden Baukosten berechnet werden können, sind für die einzusetzenden Baumaschinen und Personale die jeweiligen Kostensätze pro Arbeitseinheit vorzugeben.

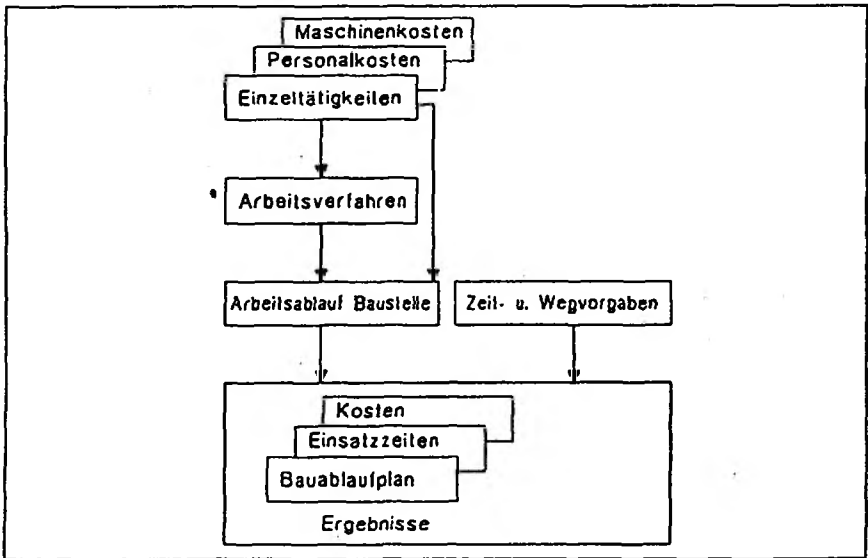


Abb. 2. Modellkomponenten der Baustellenplanung

Rys. 2. Istotne czynniki uwzględniane przy planowaniu prac budowlanych

Fig. 2. Relevant factors considered in planing construction works

Die Modellkomponenten Einzeltätigkeiten, Arbeitsverfahren und Kostengrunddaten werden als bauliche Grundvorgaben bezeichnet. Sie werden sich i. a. über einen längeren Zeitraum nicht verändern. Sie können daher in vorbereitenden Arbeitsschritten aufbereitet und in einer Datenbank gespeichert werden. Für eine Planungsaufgabe kann dann auf die Grunddaten zugegriffen werden.

Für die weitere Planung einer Instandhaltungsbaustelle müssen die Baustelle selbst beschreibenden Daten vorgegeben werden. Sie umfassen die Festlegung der ausführenden Arbeiten (Einzeltätigkeiten, Arbeitsverfahren), Vorgaben von Durchführungszeiten (Sperrpausen) und die Lage des Bauabschnitts im Gleis. Da größere Bauvorhaben i. a. in mehreren Sperrpausen bzw. Arbeitsabschnitten durchgeführt werden, können im Modell entsprechende Teilbaustellen festgelegt werden. Die Zeit- und Kostenberechnung erfolgt jeweils für Teilbaustelle.

Eine Baumaßnahme kann vom Bearbeiter in eine oder mehrere Einzelbaustellen unterteilt werden. Dabei können z. B. Schichtzeiten oder andere Restriktionen wie Gleissperrungen, Langsamfahrstellen oder Umleitungen berücksichtigt werden. Die baulichen Grunddaten und die Vorgaben zur Baustelle selbst werden miteinander verknüpft und in die verschiedenen Ergebnisdarstellungen umgeformt.



In Abbildung 3 ist der Arbeitsablauf einer Planung mit dem BBI-Programm dargestellt. Im Anschluß an die Bauablaufplanung sind als wichtigste Arbeitsschritte der Betriebsplanung (vgl. hierzu auch die Abschnitte 4.6 ff):

- die Vorgabe der Betriebseinschränkungen (Sperrungen, Langsamfahrstellen),
- die Lösung auftretender Konflikte und
- die Bewertung des Betriebsablaufs

auszuführen.

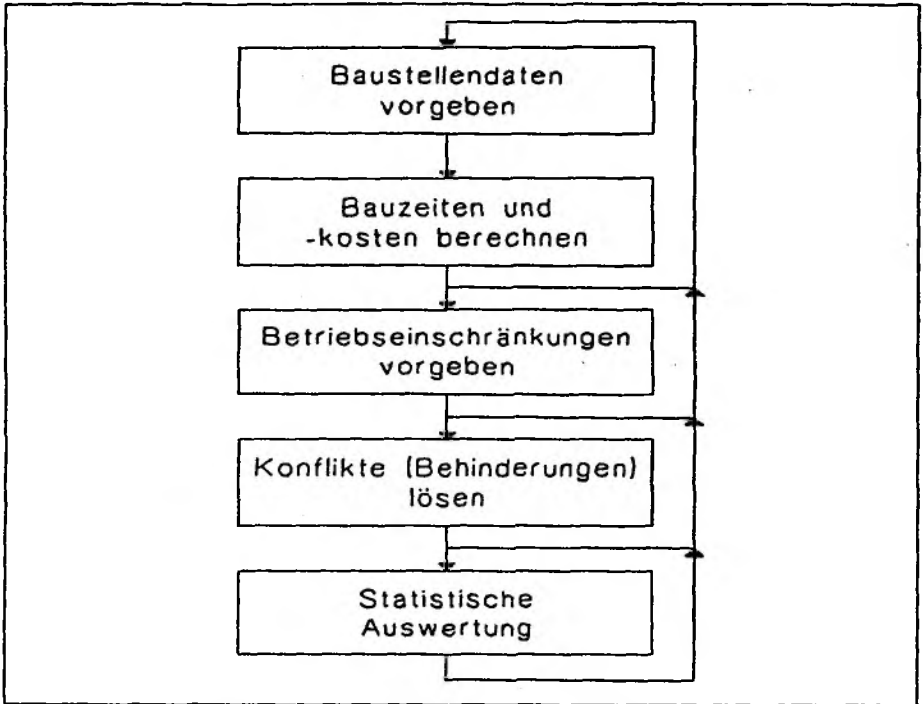


Abb. 3. Ablauf einer Baustellenplanung

Rys. 3. Przebieg planowania odcinka budowy

Fig. 3. Planing procedure for a building sections

Während der Betriebsplanung kann jederzeit eine Verspätungsauswertung veranlaßt werden, so daß stets eine Orientierung über die Qualität der Betriebsabwicklung möglich ist. Je nach den dabei erreichten Ergebnissen können einzelne Arbeitszeiten oder das gesamte Bauverfahren abgeändert und die Betriebsplanung wiederholt werden, bis eine Optimalvariante gefunden ist. Als Hilfsmittel für den Planer stehen tabellarische Darstellungen der Fahrzeitdaten einzelner Züge sowie Bildfahrpläne zur Verfügung. Insgesamt ist

es also ausgehend von einer Grundplanung einer Baumaßnahme möglich, zahlreiche unterschiedliche Ausführungsvarianten durchzuplanen und die günstige zur Ausführung festzulegen.

#### 4.2. Bedienung des Programms

Die Funktionen des Programmsystems werden nachfolgend beispielhaft vorgestellt. Zur Führung des Benutzerdialogs und zur Steuerung des eigentlichen Anwedungsprogramms wurde ein am IVE entwickeltes Programmsystem zur interaktiven Benutzerführung (IBF) verwendet. Dieses standardisiert die Bildschirmmasken und führt den gesamten Dialog zwischen dem Benutzer und dem Programmkern zur Fahrzeit- und Bauzeitberechnung. Die Abbildung 4 zeigt das Hauptmenue, von dem aus alle weiteren Programmfunktionen aufgerufen werden können.

HAUPTAUSWAHL		
Projektmanagement:	F2	Installationsparameter
	F3	Projektdaten
	F4	Datentransfer
Dateneingabe und -änderung:	F5	Gleisdaten
	F6	Betriebsdaten
	F7	Baudaten
Baubetriebsplanung:	F8	Bauplanung
	F9	Betriebsplanung
Programmende: (mit Datensicherung)	F1	E N D E

Gewünschtes mit Funktions- oder Cursorsteuertasten wählen und ENTER eingeben;  
mit --- gekennzeichnete Funktionen können noch nicht ausgeführt werden

Abb. 4. Hauptmenue

Rys. 4. Menu główne programu

Fig. 4. Main menu of the program

#### 4.3. Bauliche Grunddaten

Der Arbeitsablauf auf einer Instandhaltungsbaustelle erfordert die koordinierte Durchführung einer Vielzahl von Einzeltätigkeiten. Dabei ist zu beachten, daß bestimmte Arbeitsreihenfolgen eingehalten werden und notwendige Mindestabstände nicht unterschritten werden. Damit die Durchführungszeiten der Arbeiten und die entstehenden Kosten durch den

Rechner berechnet werden können, müssen alle relevanten Informationen über die Arbeiten (Leistungswerte, Grundkosten, Maschinentypen, benötigtes Personal usw.) in einem Modellsystem als Einzeltätigkeiten abgebildet werden. Diese Daten werden mit Hilfe der in Abbildung 5 dargestellten Programmfunktionen in den Rechner eingegeben.

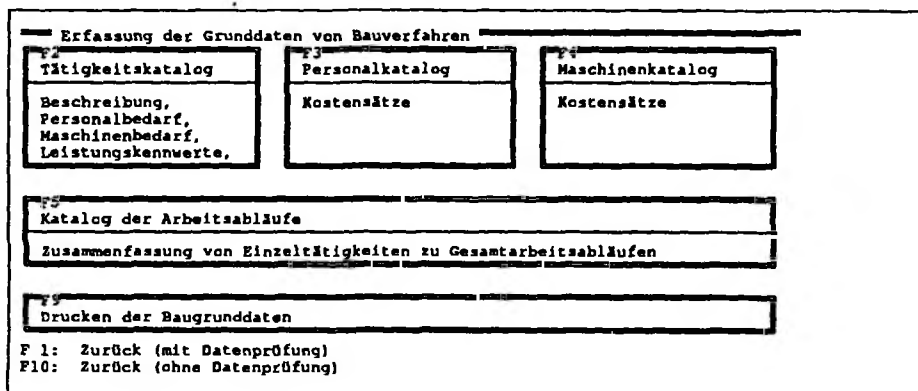


Abb. 5. Eingabe der baulichen Grunddaten

Rys. 5. Wprowadzanie podstawowych danych budowlanych

Fig. 5. Inputing of basic building data

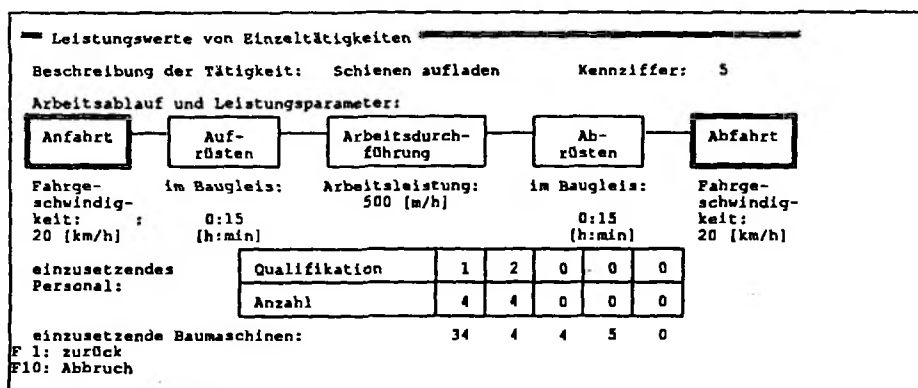


Abb. 6. Daten einer Einzeltätigkeit

Rys. 6. Wprowadzenie czynności elementarnych

Fig. 6. Inputing of elementary operations

Die Einzeltätigkeiten können durch Verknüpfungen so koordiniert werden, daß eine realistische Nachbildung des wirklichen Arbeitsablaufs erreicht wird. Außerdem sind Funktionskomponenten erforderlich, die die Eingabe und Überprüfung von Daten, die Durchführung von Zeit- oder Kostenrechnungen und die Aufbereitung von Ergebnisdarstellungen ermöglichen.

Die Einzeltätigkeiten bilden die Basiselemente zur Nachbildung der vielfältigen Arbeitsabläufe bei Instandhaltungsarbeiten. Die Abbildung 6 zeigt ein Beispiel für die vorzugebenden Daten.

Welche realen Tätigkeiten und Vorgänge als Einzelarbeit abzubilden sind, ist von der Art der Planungsaufgabe und der gewünschten Detaillierung der Ergebnisse abhängig. So kann z.B. der Gleisumbau als eine Einzeltätigkeit mit entsprechenden Leistungskennwerten abgebildet werden. Als Ergebnis der Bauzeitberechnung erhält man dann lediglich Beginn und Ende der Gasamtarbeit. Daher werden i.a. solche komplexen Abläufe in mehrere Einzelarbeiten (z.B. Vorarbeiten, Gleisumbau, Verdichten, usw.) untergliedert. Das Rechenergebnis enthält dann auch die Durchführungszeiten der jeweiligen Teilarbeiten.

Entsprechend der Bautechnologie müssen häufig bestimmte Einzeltätigkeiten stets nacheinander ausgeführt werden, damit nach Arbeitsende das Gleis wieder von Zügen befahren werden kann. Derartige Standardabläufe aufeinanderfolgender Einzeltätigkeiten werden daher zur Vereinfachung und Beschleunigung der Dateneingabe in Arbeitsverfahren zusammengefaßt, vgl. Abb.7. Die Arbeitsreihenfolge kann bei der Bauplanung falls erforderlich an die baustellenspezifischen Besonderheiten angepaßt werden.

Beschreibung eines Arbeitsablaufs											
Kennziffer:	11										
	Beschreibung: UH-Br voraus										
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
Tätigkeiten in Arbeitsreihenfolge:	100	90	50	110	201	91	301	411	450	412	[-]
Abstand zur vorher- gehenden Tätigkeit:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[min]
	0	430	50	870	10	380	100	500	180	500	[m]
	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	
Tätigkeiten in Arbeitsreihenfolge:	801	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[-]
Abstand zur vorher- gehenden Tätigkeit:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[min]
	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[m]

F 1: zurück                      F 2: Tätigkeitskatalog  
 FlG: Abbruch

Abb. 7. Beschreibung von Arbeitsverfahren

Rys. 7. Ustalenie sposobu pracy

Fig. 7. Establishing the course of work

Damit neben den Durchführungszeiten einer Instandhaltungsbaumaßnahme auch die dabei entstehenden Baukosten berechnet werden können, sind für die einzusetzenden Baumaschinen und Personale die jeweiligen Kostensätze pro Arbeitseinheit vorzugeben. Es ist möglich, diesen Programmteil so zu erweitern, daß später das Bauablaufplanungsmodell auch für die Personal- und Maschineneinsatzplanung anwendbar ist. In der Abbildung 8 werden die Vorgaben für die Maschinenkosten gezeigt.

**Bearbeiten des Maschinenkataloges**

Insgesamt enthält der Katalog 6 Maschinen

Kennziffer	Bezeichnung	Verhaltekosten [DM/Tag]	Arbeitskosten [DM/h]
91	Schienenladezug	910	70
100	BRM 80	5320	708
110	UH	18295	1150
301	HL-16	315	37
410	GSM 08-32	1840	250
411	SSP 90	635	91
0	** Ende der Liste **	0	0
0		0	0
0		0	0
0		0	0
0		0	0

F1: Zurück                                  Kennziffer:                                  Blättern: PgUp  
 F10: Abbruch                                  F5: Neueingabe    F6: Löschen        F8: Suchen                                  PgDn

Abb. 8. Maschinendaten

Rys. 8. Zadana wielkość kosztów maszynowych

Fig. 8. Machine costs data

4.4. Eingabe von Baustellen

Eine größere Baumaßnahme erfordert i.a. eine Arbeitsdurchführung in mehreren Teilabschnitten. Da Gleise für Zugfahren (u.U. mit Langsamfahrstellen) zwischen einzelnen Arbeitsabschnitten wieder freizugeben sind, können im Planungsmodell entsprechende Einzelbaustellen vorgegeben werden. Es ist grundsätzlich folgender Bearbeitungsablauf durchzuführen:

- Nach Auswahl der Funktion "Baustellendaten bearbeiten" wird auf dem Bildschirm eine Übersicht aller Einzelbaustellen mit Informationen zu Durchführungszeit und Baustellenbeginn und -ende angezeigt (vgl. Abb. 9). Die Einzelbaustellen werden vom Program fortlaufend numeriert. Der Zugriff auf weitere Daten einer Einzelbaustelle erfolgt über die Eingabe der entsprechenden Nummer.

Bearbeiten der Baustellendaten					
Übersicht der Einzelbaustellen					
Nr.	Beginn		Ende		Bemerkungen
	-km	Zeit	-km	Zeit	
1	110.741	1/07:30	109.841	1/15:30	WEB
2	109.841	2/07:30	108.941	2/17:00	WEB 2. Tag
3	108.941	3/07:30	108.041	3/18:00	3. Tag-----
0	.000	0/00:00	.000	0/00:00	-----
0	.000	0/00:00	.000	0/00:00	-----
0	.000	0/00:00	.000	0/00:00	-----
0	.000	0/00:00	.000	0/00:00	-----
0	.000	0/00:00	.000	0/00:00	-----
0	.000	0/00:00	.000	0/00:00	-----
0	.000	0/00:00	.000	0/00:00	-----
0	.000	0/00:00	.000	0/00:00	-----

F 1: Zurück      F5: Edit/Eingabe      zu bearbeitende Einzelbaust. :  
 F10: Abbruch    F6: Löschen      F2: ArbeitsablaufeEDITOR    F9: Drucken

Abb. 9. Eingabe vo Baustellen

Rys. 9. Wydruk(wskazanie)poszczególnych odcinków budowy

Fig. 9. Highlighting of particular building sections

Einzelstätigkeiten einer Baustelle						
Nummer der Baustelle: 1						
lfd Nr.	Kenn-ziffer	Bezeichnung	Beginn		Ende	
			[km]	[d/hh:mm]	[km]	[d/hh:mm]
1	50	Kleineisen lösenK110	110.741	1/07:30	109.841	/ :
2	110	Gleisumbau UR	110.741	/ :	109.841	/ :
3	201	Gleismontage v Hd	110.741	/ :	109.841	/ :
4	91	Alt-Si aufladen	110.741	/ :	109.961	/ :
5	91	Alt-Si aufladen	109.961	/ :	109.841	/ :
6	301	Einschottern vorh Sc	110.741	/ :	109.841	/ :
7	411	I. Stabilisierung	110.741	/ :	109.841	/ :
8	901	Nm + Bw	110.741	/ :	109.841	/ :
				/ :		/ :
				/ :		/ :
				/ :		/ :

Gesamtzahl der Tätigkeiten: 8  
 F1: Zurück      lfd. Nr. 0      F2: ET einfügen/löschen      F8: Verknüpfungen  
 F10: Abbruch    bearbeiten    F5: Daten der ET ändern      anzeigen

Abb. 10. Tätigkeitenliste einer Baustelle

Rys. 10. Czynność dla pojedynczego odcinka budowy

Fig. 10. Building sections operations

- Die Unterfunktion "Edit/Eingabe" ermöglicht die Festlegung des Baustelenanfangs und -endes durch Vorgabe der jeweiligen Kilometrierung. Außerdem können hier Anfang und Ende des Durchführungszeitraumes sämtlicher Tätigkeiten bestimmt werden.

- Die Unterfunktion "Arbeitsabläufe vorgeben" dient zur baustellenspezifischen Festlegung der auszuführenden Arbeiten. Zunächst wird eine Übersicht über die fortlaufenden Einzeltätigkeiten der Baustelle angezeigt (vol. Abb. 10). Der Zugriff zu den Daten der Einzeltätigkeiten erfolgt über die laufende Numerierung. Die Arbeitsreihenfolge und die zeitliche und räumliche Koordination können durch die Eingabe von Abhängigkeiten zwischen Einzelarbeiten beeinflusst werden.
- Die Funktion "Editiere Einzeltätigkeit" ermöglicht die baustellenspezifische Modifikation der Daten einer Einzeltätigkeit, z.B. Veränderung der Arbeitsgeschwindigkeit oder von Abhängigkeiten zwischen Einzeltätigkeiten.

#### 4.5. Ergebnisdarstellungen

Nach Festlegung einer Teilbaustelle können die Ergebnisdarstellungen zum Bauablauf aufgerufen werden. Wenn eine Ergebnisausgabe vom Planer Angewählt wird, so prüft das Programm zunächst, ob für die gewählte Teilbaustelle Daten vorhanden sind und führt ggf. die notwendigen Zeitberechnungen durch. Falls dabei eine Überschreitung der vorgegebenen maximalen Arbeitszeit (Sperrpause) auftritt, wird dies dem Planer angezeigt und er kann in den Rechengang durch Änderung von Vorgaben eingreifen. Die Durchführungzeiten und die erreichten Leistungen werden in tabellarischer Form in der Reihenfolge der laufenden Numerierung der Tätigkeiten ausgegeben (vgl. Abb. 11). Es wird jeweils der Beginn- und Endzeitpunkt der Teilschritte Anfahren, Afrüsten, Arbeiten, Abrüsten und Abfahren ausgegeben.

Bauschritt		Arbeitsdurchführung		Baustelle 1	
Anfahrt	Aufrüsten	Soll:	Ist:	Abrüsten	Abfahrt
.759 km		899 m	899 m		7.341 km
A: 1/ 7:30 E: 1/ 7:30	A: 1/ 7:30 E: 1/ 7:32	50 Kleinsisen lösen	Kllo	A: 1/ 9:20 E: 1/ 9:40	A: 1/ 9:40 E: 1/ 9:40
A: 1/ 8:04 E: 1/ 8:07	A: 1/ 8:07 E: 1/ 8:52	110 Gleisumbau	UH verknüpf mit: 1	A: 1/11:51 E: 1/12:41	A: 1/12:41 E: 1/13:04
A: 1/ 9:04 E: 1/ 9:04	A: 1/ 9:04 E: 1/ 9:09	201 Gleismontage v Hd	verknüpf mit: 2	A: 1/12:44 E: 1/12:49	A: 1/12:49 E: 1/12:49
A: 1/ 9:33 E: 1/ 9:35	A: 1/ 9:35 E: 1/ 9:40	91 Alt-SI aufladen	verknüpf mit: 3	A: 1/12:47 E: 1/12:47	A: 1/12:47 E: 1/12:47

Pl: Zurück      F2: Leistungswerte      Blättern:      PgUp/PgDn  
 F3: Personalbedarf/Baukosten      F8: Ausgabe ab Nr.:

Abb. 11. Berechnete Bauzeiten  
 Rys. 11. Wydruk obliczonych czasów budowy  
 Fig. 11. Printout of calculated building times

Die berechneten Bauzeiten können in graphischer Form als Bauablaufplan, wie in Abb. 12 dargestellt, ausgegeben werden. Dabei sind auch Ausschnittvergrößerungen möglich. Als Ausgabegerät kann sowohl ein Graphikbildschirm als auch ein Plotter verwendet werden. Im Rahmen eines Projektes für den Oberbaudienst der Deutschen Bundesbahn wird die zeichnerische Darstellung des Bauablaufplans an die Form der heute verwendeten Planunterlagen angeglichen.

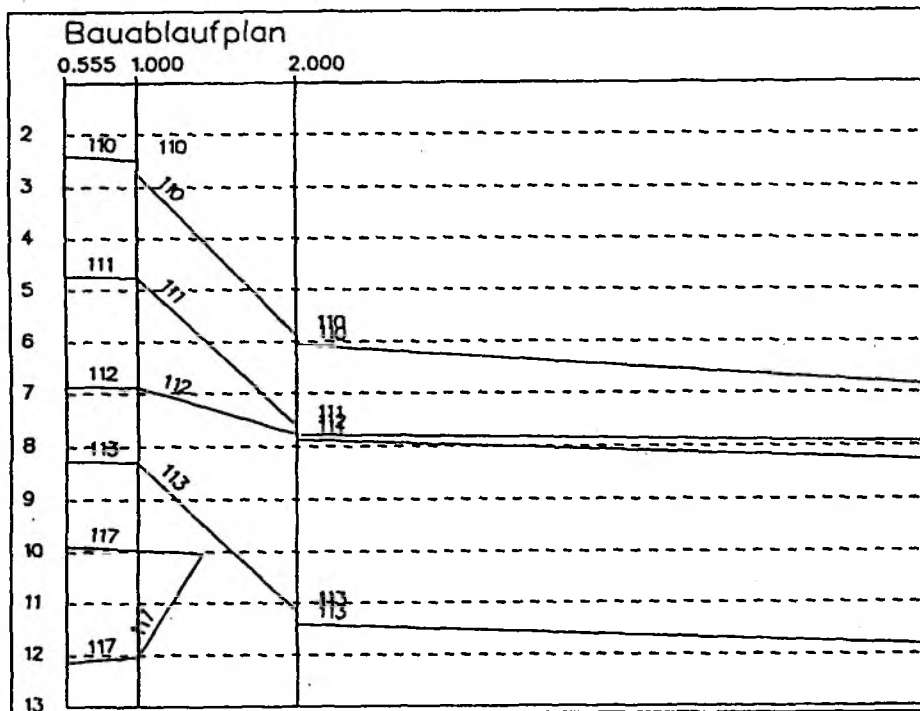


Abb. 12. Bauablaufplan

Rys. 12. Wydruk planu przebiegu budowy

Fig. 12. Printout of a building course plan

#### 4.6. Berechnung der Baukosten

Für die Entscheidung zwischen unterschiedlichen Ausführungsvarianten von Bauarbeiten sind neben den entstehenden Betriebsbehinderungen die Baukosten von entscheidender Bedeutung. Daher besteht die Möglichkeit, Personal-, Maschinen- und Stoffkosten durch das Programm berechnen zu lassen. Die Stoffkosten sind



i.a. von unterschiedlichen Arbeitsverfahren unabhängig, sie wurden aber mit berücksichtigt, um eine Vergleichbarkeit mit Kosten zu gewährleisten, die mit Hilfe anderer Verfahren ermittelt wurden.

Basis der Berechnung bilden die bei den baulichen Grunddaten festgelegten Kostensätze und die bei der Bauablaufplanung berechneten Durchführungszeiten der Arbeiten. Es sind jedoch zusätzliche Randbedingungen z.B. Lohnzuschläge an Feiertagen oder bei Überstunden zu berücksichtigen. Außerdem kann es notwendig sein, nicht produktive Zeiten von Personal oder Maschinen in der Rechnung mit zu erfassen, wenn ein anderweitiger Einsatz des Personals nicht möglich ist.

Es werden die Kosten jeder Einzeltätigkeit ermittelt und in der in Abbildung 13 gezeigten Bildschirmmaske dargestellt. Die Berechnung der Personal- und Maschinenkosten erfolgt durch Multiplikation der jeweiligen Stundensätze mit der maßgebenden Arbeitszeit. Falls keine anderen Vorgaben gemacht werden, ist das die Zeit von Beginn der Anfahrt bis zum Ende der Abfahrt der jeweiligen Einzeltätigkeit.

Kosten einer Teilbaustelle									
Einzelbaustelle 5				Beginn: 2/01:30 Ende: 3/05:33					
lfd. Nr.	Einz.-tät.	Einsatzzeit d/h:min	Arbeitszeit d/h:min	Personalkosten maßg. Zeit d/h:min	Kosten [RE]	Maschinenkosten maßg. Zeit d/h:min	Kosten [RE]	Stoffkosten [RE]	Gesamtkosten [RE]
1	110	0/05:11	0/03:34	0/05:11	600	0/05:11	16000	50000	66600
2	111	0/03:56	0/03:07	0/03:56	400	0/03:56	14010	22000	36410
3	112	0/01:15	0/00:54	0/01:15	160	0/01:15	34	0	194
4	113	0/03:56	0/03:07	0/03:56	400	0/03:56	14000	0	14400
		/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /
		/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /
		/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /
		/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /	/ : /
Gesamtkosten:					1560		44044	72000	117604

F 1: Zurück                      lfd. Nummer: 1                      Blättern: PgUp  
 F5: Edit

Abb. 13. Kostenberechnung

Rys. 13. Przykład na obliczone koszty odcinka budowy

Fig. 13. An example of calculated building costs

## 4.7. Modellierung der Gleisanlagen und des Betriebsablaufs

### 4.7.1. Abbildung des Gleisplanes

Basis für die Modellierung von Strecke und Betrieb sind Komponenten aus dem am IVE entwickelten Programmsystem SIMU V für Eisenbahnbetriebsabläufe. Die Gleisanlagen werden als gerichteter Graph mit Knoten und Kanten dargestellt. Die Knoten entsprechen denjenigen Punkten im Gleis, die für die zeitliche, räumliche und sicherungstechnische Abwicklung des Betriebsablaufes von Bedeutung sind (Signalstandorte, Geschwindigkeitswechsel usw.). In Abbildung 14 ist ein Ausschnitt aus einem Graphen dargestellt.

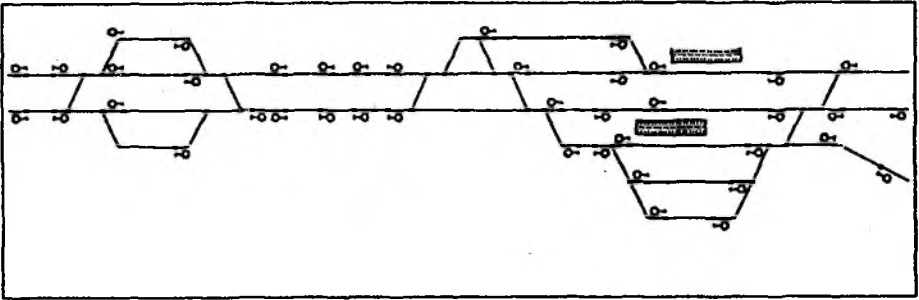


Abb. 14. Ausschnitt aus einem Graphen  
 Rys. 14. Wycinek planu sieci kolejowej  
 Fig. 14. Section of a railway net plan

Die Verbindungen zwischen den Knoten, in der Graphentheorie als Kanten bezeichnet, stellen im Prinzip die Gleisabschnitte dar. Jeder Kante im Graphen werden Attribute wie z.B.

- zulässige Geschwindigkeit,
- Länge oder
- Belegungszustand durch Züge

zugeordnet. Weiterhin können die Fahrmöglichkeiten der Züge durch die Vorgabe entsprechender Folgen von Kanten festgelegt werden.

### 4.7.2. Modellzuggattungen

Die im Fahrplan enthaltenen Züge werden in Zuggattungen unterteilt. Für die in einer solchen Gattung enthaltenen Züge wird eine einheitliche Länge, Anfahrbeschleunigung und Bremsverzögerung angenommen, die dann bei der Fahrzeitberechnung zugrundegelegt wird. Auf diese Weise läßt sich zwar keine exakte Berechnung durchführen, die damit erzielbare Genauigkeit ist jedoch hinreichend, da andere Einflüsse, die nicht genau nachgebildet werden können, wesentlich größere Abweichungen bewirken. Hierzu gehören z.B.:

- Witterungsverhältnisse, die Sichtweiten und Haftreibungsverhältnisse beeinflussen,
- das individuelle Fahrverhalten des Triebfahrzeugführers,
- das tatsächliche Wagenzuggewicht,
- die Abschätzung von Reaktions- und Bedienungszeiten.

Abb. 15 zeigt Beispiele für solche Modellzuggattungen.

Bearbeiten der Zuggattungen						
Zuggattungen			Einträge: 10		Maximal: 10	
lfd Nr.	Nr. der Gattung	Bezeichnung [-]	Vmax [km/h]	Länge [m]	Anfahrt [m/s]	Bremsen [m/s]
1	1	IC/EC	180	350	.40	.90
2	2	D	140	400	.40	.80
3	3	E/N	120	250	.50	.60
4	4	Expr (GEP)	160	400	.20	.60
5	5	KLV	160	700	.20	.50
6	6	KLV/Sqp/Dqs/TEEM/ICG	120	700	.20	.60
7	7	Dg/Gag/Gdg/Sgk	100	700	.20	.60
8	8	Ne/Ng	80	500	.20	.60
9	9	Üg	80	250	.20	.50
10	10	Lz	120	25	.50	.60

F 1: Zurück  
F10: Abbruch

Nummer der Gatt.:  
F5: Edit/Eingabe F6: Löschen

Blättern: PgUp  
PgDn

Abb. 15. Beispiele für Modellzuggattungen

Rys. 15. Dane dotyczące poszczególnych rodzajów pociągów

Fig. 15. Particulars of different train types

### 4.7.3. Fahrplan

Für die Durchführung von Simulationen wird ein Fahrplan benötigt. Die Eingabe einzelner Zugfahrten erfolgt durch die Vorgabe von Mindesthaltezeit und Planabfahrtszeit für jeden durchfahrenen Querschnitt (so werden im Modell

Bahnhöfe oder Bahnhofesteile bezeichnet). Weiterhin muß jeweils das anzusteuernde Gleis dem Rechner durch einen oder mehrere Zielknoten mitgeteilt werden. Abb. 16 zeigt ein Beispiel für die Daten eines Zuges. Durch die Wahl geeigneter Zugdaten kann jede gewünschte Fahrt realistisch abgebildet werden.

Bearbeiten eines Zuges des Fahrplanes						
Zugdaten		Taktkennung: 0		Eintrag Zug-Nr.: 1/47208		
Einbruch: 1/23:35:58		Richtung: 3		Gattung: 7 Dg/Gag/Gdg/Sgk		
Querschnittsdaten			Einträge: 4		Maximal: 10	
lfd. Nr.	Querschnitt Nr.	Name	Abfahrt [d/h:m:s]	Halten [h:m:s]	Ziel-Knoten	Anzahl Ausweichknoten
1	0	Einbruch	1/23:35:58	0: 0: 0	27	0
2	2	Bf Diepholz	1/23:38: 0	0: 0: 0	18	0
3	1	Bf Lombruch	1/23:45: 0	0: 0: 0	4	0
4	99999	Ausbruch	0/ 0: 0: 0	0: 0: 0	28	0
5	0	---	0/ 0: 0: 0	0: 0: 0	0	0
F 1: Zurück		Querschnittsnummer:		Blättern: PgUp		
F10: Abbruch		F5: Edit/Eingabe F6: Löschen		PgDn		

Abb. 16. Daten eines Zuges

Rys. 16. Przykład opracowywania rozkładu jazdy pociągów

Fig. 16. An example of elaborating a train time table

#### 4.8. Bauablaufplanung

Die Durchführung von Instandhaltungsarbeiten erfordert häufig Eingriffe in den planmäßigen Betriebsablauf. Die zweckmäßigste zeitliche Anordnung von Gleissperrungen und Langsamfahrstellen und die zur Baustellenversorgung notwendigen Zug- und Rangierfahrten können optimiert werden.

Zur bestimmung der Auswirkungen von Baumaßnahmen werden die Fahrzeiten aller Züge unter Berücksichtigung der Betriebseinschränkungen (Gleissperrungen oder Langsamfahrstellen) berechnet. Dabei werden statistische Grunddaten mitgeführt, die folgende Auswertungen ermöglichen:

- Erkennen von Behinderungen, sowohl aufgrund der Bauarbeiten als auch zwischen Zügen des Regelfahrplans;
- Anzeige, ob Züge eine Langsamfahrstelle oder einen alternativen Fahrweg befahren haben;
- Verspätungsstatistiken, unterteilbar nach Zuggattungen oder bestimmten Einzelzügen.

Treten bei der Fahrzeitberechnung Behinderungen auf, so werden sie nicht vom Programm selbsttätig gelöst, sondern es werden dem Planer Entscheidungsalternativen für die Lösung angeboten (vgl. Abb. 17).

**Konfliktbehandlung**

Konflikt beim Berechnen von Zug 1/ 162 !  
 Behinderung durch Zug 1/ 161 !

Zug- Nummer	Kante	Anfangs- Knoten	End- Knoten	Block- Abschnitt	Beginn der Belegung	Ende der Belegung
1/ 161	24	20	104	8	1/ 1: 2: 3	1/ 2:14:15
1/ 162	24	20	104		1/ 2: 2: 3	1/ 3:14:15

Bitte eine der folgenden Aktionen durchführen:

- > Maximalgeschwindigkeiten der Blöcke für den behinderten Zug herabsetzen
- > Blockabschnitt für behinderten Zug sperren und Fahrweg neu berechnen
- > am Signal xxx das Ende der Behinderung abwarten

F2 : Fahrzeitberechnung durchführen und weitere Konflikte suchen  
 F3 : Ignorieren; weiter zum nächsten Zug  
 F10: Abbruch

Abb. 17. Möglichkeiten der Konfliktbearbeitung  
 Rys. 17. Wskazanie miejsc konfliktów  
 Fig. 17. Indications of areas of conflicts

Der zu planende Betriebsablauf kann folgendermaßen beeinflusst werden:

- Änderung der Fahrwegvorgaben von Zügen (Umfahren des Sperrabschnittes),
- Änderung der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten,
- Zurückhalten von Zügen.

**Verspätungen einzelner Züge**

Zug	Fahrtrichtung	Gattung	Verspätung
2/ 635	1	1	0: 2:32
2/ 815	3	1	0:13:26
2/ 3376	3	3	0:37:25
2/14544	3	10	0:45:40
2/43403	1	6	0: 5:10
2/51505	1	6	2: 0:34
2/53203	1	7	0:37:11
2/54244	3	7	3:43:19
0/ 0	0	0	0: 0: 0
0/ 0	0	0	0: 0: 0
0/ 0	0	0	0: 0: 0
0/ 0	0	0	0: 0: 0
0/ 0	0	0	0: 0: 0
0/ 0	0	0	0: 0: 0

F1 : zurück  
 F10: Abbruch  
 PgUp, PgDn: Blättern

Abb. 18. Verspätungsstatistik  
 Rys. 18. Przykład wyznaczenia opóźnień  
 Fig. 18. An example for determining of delays

Es is auch möglich, auf die Lösung von Konflikten zu verzichten, z.B. wenn die Lösung eines Konfliktes mit einem häufig verspäteten Zug nicht in die weitere Planung einbezogen werden soll. Als weitere Möglichkeiten stehen zur Verfügung;

- Umleitung von Zügen außerhalb des Untersuchungsbereiches,
- Ausfall von Zügen.

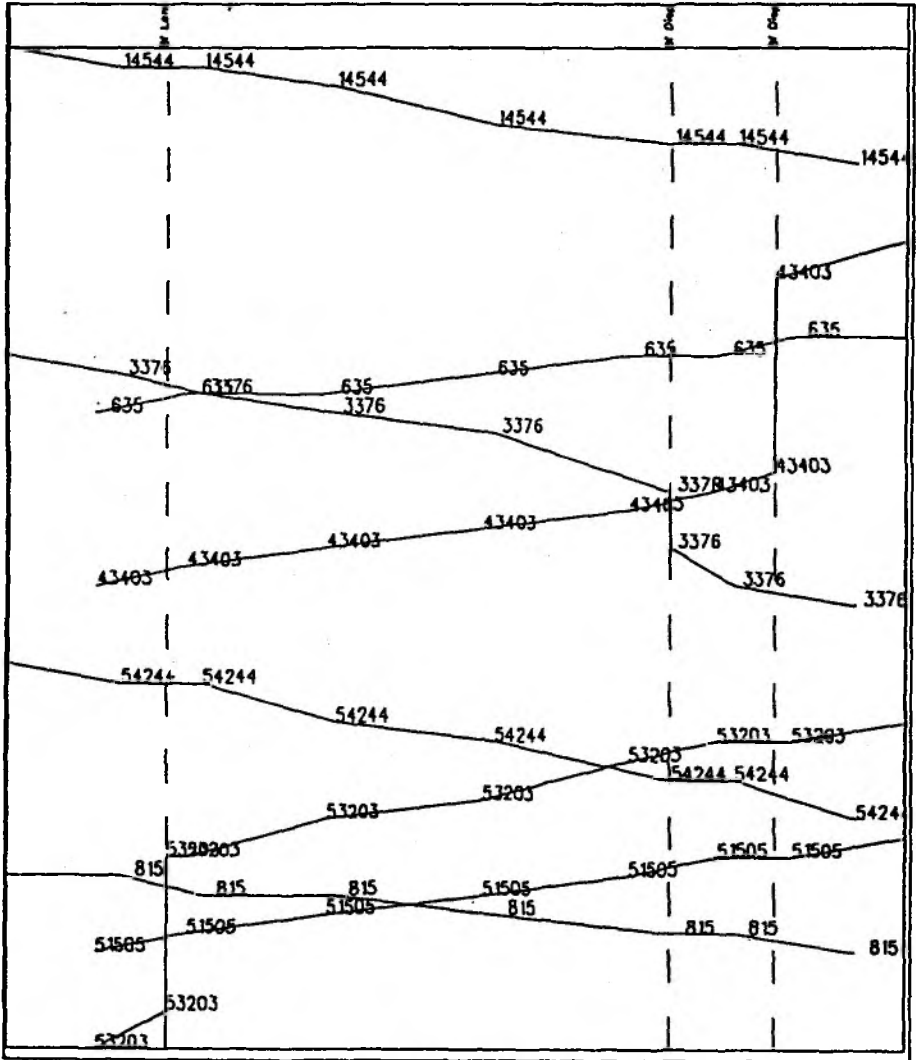


Abb. 19. Bildfahrplan

Rys. 19. Przykładowy wykres ruchu pociągów

Fig. 19. An exemplary train diagram

Während der Betriebsplanung kann jederzeit eine Verspätungsauswertung veranlaßt werden, so daß stets eine Orientierung über die Qualität der Betriebsabwicklung möglich ist (vgl. Abb. 18). Je nach den dabei erreichten Ergebnissen können einzelne Arbeitszeiten oder das gesamte Bauverfahren abgeändert und die Betriebsplanung wiederholt werden, bis eine Optimalvariante gefunden ist. Als Hilfsmittel für Planer stehen tabellarische Darstellungen der Fahrzeiten sowie Bildfahrpläne (vgl. Abb. 19) zur Verfügung.

Recenzent: Doc.dr inż. Zbigniew Ginalski

Wpłynęło do Redakcji 22.03.1993

#### ABSTRACT

The growth of transport in the last three decades is denoted by substantial increase of individual transport. At the same time the share of public railways in global traffic steadily falls. It is necessary to undertake measures to reverse this process.

The task of transport maintenance services is to diminish the frequency of traffic disturbances. To attain this it is indispensable to employ computer aided planning and controlling of transport systems.

An interactive information system was presented which helps the designer to optimize plans for maintenance works in transport. The system comprises algorithms for determining travel times and delays caused by maintenance works and also for calculating the duration and costs of completing building tasks.

The program works on PC microcomputers with DOS and also with UNIX and X-WINDOWS.

The model for planning of building tasks and traffic (BBI) is the basis for computer evaluation of necessary work posts in maintenance works in transport. Better planning and controlling leads to savings. Higher quality planning gives in effect the minimalization of traffic disturbances. All this can be achieved with the use of an appropriate information system exemplified in the presented paper.