

Oskar Stalder, Schweizerische Bundesbahnen, Infrastruktur

## Bahn 2000 der SBB: Prozessveränderung als Wettbewerbsvorteil

### Abstract

Das Angebot von Transportmöglichkeiten und deren Qualität spielen eine wichtige Rolle für einen Erfolg des öffentlichen Verkehrs im Wettbewerb. Der Definitionsprozess für das Angebot, für die dazu notwendige Infrastruktur sowie für die eigentliche Produktion der Trassen sind Schlüsselemente für den Erfolg am Markt. Das Konzept Bahn 2000 in der Schweiz ist ein erfolgreiches Beispiel für den Definitionsprozess. Der künftige Prozess zu Produktion von Trassen für dieses Angebot und darüber hinaus wird neu gestaltet. Der neue Ansatz der SBB wird eine höhere Qualität des Angebotes bringen sowie zusätzlich Netzkapazitäten bei minimalen Investitionen schaffen. Diese beiden Prozesse werden in diesem Papier zusammen mit den zu erwartenden Effekte beschrieben.

### 1. AUSGANGSLAGE

Die Schweiz weist einige Besonderheiten auf. Die Eine ist ihre begrenzte Dimensionen (350 km von Ost nach West und 250 km von Norden nach Süden) und die Andere ist der öffentliche Verkehr, der mit einem Marktanteil von 24 % für den Passagierverkehr eine markante Rolle im Land spielt. Der durchschnittliche Bewohner benutzte 2004 die Bahn 37 mal. Was ist der Grund für diese Ausnahmesituation innerhalb der europäischen Länder?

Seit 1982 bietet ein landesweiter Taktfahrplan mindestens eine Verbindung pro Stunde von jedem Haltepunkt in jede Richtung an. Die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) mit ihren 3000 km Streckenlänge bilden das Rückgrat dieses Transportsystems. Dieses bedient einen (sub)urbanen Markt und es basiert auf einem dichten Netzwerk mit radialen Verbindungen und abgestimmten Anschlüssen. Im Jahre 2005 erreichten über 95 % der SBB-Züge mit weniger als fünf Minuten Verspätung ihre Ziele und über 75 % verkehrten maximal eine Minute zu spät.

Der hauptsächliche Konkurrent für den öffentlichen Verkehrs in der Schweiz ist der Individualverkehr – das private Auto – mit seiner Möglichkeit, den ununterbrochenen Transport vom Start zum Endziel zu bieten. Die hauptsächliche Herausforderung für das Angebot des öffentlichen Verkehrs liegt deshalb in der Gestaltung der Transporte vom Start zum Endziel derart, dass die Zeitverluste für das Abwarten von Anschlüssen an Umsteigestellen minimiert werden. Bahn 2000 verfolgt dieses Ziel mit systematischen Anschlussknoten innerhalb eines dicht vermaschten Netzwerkes.

## 2. BAHN 2000

### 2.1 Das Konzept

Im Dezember 2004 wurde Bahn 2000 – ein neuer landesweiter Fahrplan basierend auf dem Taktfahrplan – in Betrieb genommen. Der hauptsächliche Fortschritt bestand im Bilden von Zuggruppen, die in wichtigen grösseren Bahnhöfen gegenseitige Anschlüsse bieten – die Anschlussgruppen. Diese nutzen das Faktum, dass die Reisezeit zwischen den wichtigsten Knoten für den Bahn-Passagierverkehr in der Schweiz eine gute Stunde beträgt. Durch entsprechende Massnahmen wurden die Reisezeiten zwischen diesen Knoten entsprechend den Notwendigkeiten des Fahrplans angepasst. Diese betragen neu netzwerkweit weniger als eine Stunde und lassen genügend Zeit zum Umsteigen für alle Richtungen in den Anschlussknoten.

Bahn 2000 antwortet mit einem häufigeren systematischen Angebot auf die praktisch unbegrenzte Verfügbarkeit des Privatwagens. Ein Halbstundentakt im Ost-Westkorridor des schweizerischen Mittellandes ist das Resultat. Der dichtere Fahrplan erlaubte die häufigsten Umsteigeverbindungen durch neue Direktverbindungen zu ersetzen. In den Zufahrten zu und den Wegfahrten von den Anschlussknoten folgen sich die Züge mit Folgezeiten von zwei Minuten. Bahn 2000 ist seit dem Dezember 2004 erfolgreich im Betrieb.

### 2.2 Der Definitionsprozess

Das neue Konzept wurde auf der Basis einer klaren Strategie entworfen, die sich an der Wertschöpfungskette für Trassen orientiert (Bild 1). Die folgenden Kapitel beschreiben modellmässig die Methode durch den gesamten Prozess ohne auf die verschiedenen Rückkopplungen einzugehen.

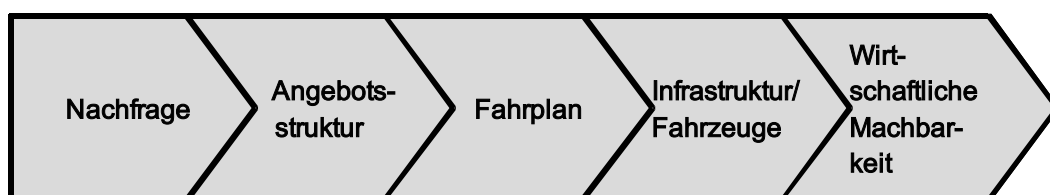


Bild 1: Wertschöpfungskette "Bahn 2000 "

### 2.3 Die Nachfrage

Die vorhandene und die erwartete Nachfrage waren Ausgangspunkte des Entwurfsprozesses. Der Hauptkonkurrent ist wie erwähnt der Privatwagen, da der Individualverkehr die Schlüsselrolle für die Mobilität spielt, wie in den meisten entwickelten Ländern. Der öffentliche Verkehr versuchte ein Maximum der Vorteile des privaten Verkehrs aufzunehmen, damit er konkurrenzfähig wurde. Hauptgründe für die Wahl des Transportmittels sind bekanntlich die Reisezeit von Tür zu Tür einschliesslich der Umstände des Reisens sowie die Verfügbarkeit des Transports.

Die speziellen Eigenschaften des öffentlichen Verkehrs als Massentransportmittel wurden berücksichtigt: Eine maximale Ausnutzung der Züge und Busse wurde durch die Zuordnung von hauptsächlichlichen Nachfrageflüssen zu Haupttransportkorridoren herbeigeführt. Dies wurde erreicht einerseits durch eine Linienwahl entlang grosser Nachfragedichten und andererseits durch eine gute Anbindung des Hinterlandes an das System der Hauptstrecken.

Die Reisezeit mit dem öffentlichen Verkehr spielt eine entscheidende Rolle und sie enthält verschiedene Elemente: Den Zugang zu den Haltestellen, das Warten, die Fahrt selbst, allfälliges Umsteigen und den Transfer von der Endstation zum wirklichen Zielort. Dazu wurde das Zubringersystem (Bus und Bahn) mit den Hauptstrecken abgestimmt und pünktliche und zuverlässige Dienste zusammen mit nachgefragten und kurzen Anschlüssen aufgebaut.

## 2.4 Angebotsstruktur

Das Angebot hat eine Auswahl von Transportmöglichkeiten zu bieten, welche ein Maximum der Bedürfnisse von bisherigen und künftigen Kunden abdeckt. Dazu werden in geschickter Art und Weise verschiedene Dienstleistungstypen in verschiedenen Kombinationen angeboten (z.B. Regionalzüge mit Halt an allen Stationen, Intercityzüge, Regioexpresszüge etc). Einfachheit für den Kunden ist dabei der Schlüssel für ein erfolgreiches Dienstleistungskonzept. Dazu wurden regelmässige, gleichbleibende Haltemuster, Abfahrtszeiten und Anschlüsse in den Knoten und auch möglichst viele Direktverbindungen für die Kunden geschaffen.

## 2.5 Der Fahrplan

Der Fahrplan legt die Fahrzeiten und die Halte für jeden Angebotstypen fest. Als Grundprinzip für die Definition der Fahrzeiten gilt, „so rasch wie nötig“, um im nächsten Knoten gute Anschlüsse zu ermöglichen. Regelmässige Abfahrts- und Ankunftszeiten durch den ganzen Tag erleichtern die Benutzung des öffentlichen Verkehrs, vor allem für nicht regelmässige Kunden..

Der Bahn 2000 Fahrplan basiert auf einem Taktfahrplan, der wie folgt charakterisiert ist:

- Parallele Zeit-/Wegelinien
- Symmetrie der Ankunfts- und Abfahrtszeiten zur Minute 00 (zum Beispiel: Die Züge aus Genf kommen in Bern jede Stunde zur Minute 56 und 26 an und fahren um 04 und 34 ab, die kombinierten Ankunfts- und Abfahrtszeiten zeigen die Symmetrie:  $56+04=60$ ;  $26+34=60$ )

Ein solcher systematischer Fahrplan hat einige besondere Effekte;:

- Die Bildung von systematischen Anschlussgruppen in Knotenbahnhöfen
- Gleiche Zugarten kreuzen sich immer am gleichen Ort und zu den gleichen Minuten netzweit
- Die Marktnachfrage steigt dank der Regelmässigkeit des Angebotes
- Der systematische Produktionsprozess führt zu einer erhöhten Produktivität

- Der Fahrzeugeinsatz wird optimiert dank systematisch minimierten Wendezeiten an Endbahnhöfen

Der Fahrplan nimmt Rücksicht auf den gemischten Verkehr (Personen und Güter). Er stellt auf dem gleichen Netz systematisch Trassen zur Verfügung für den internationalen, nationalen und regionalen Passagierverkehr sowie für den nationalen und internationalen (Transit-)Güterverkehr. Investitionen (Kap 2.6) werden primär durch den Personenverkehrsfahrplan definiert und der Güterverkehr nutzt systematisch die Taktlücken auf dem gesamten Netz.

## 2.6 Infrastruktur

Bahn 2000 baut hauptsächlich auf der bestehenden Infrastruktur auf. Anpassungen oder Ergänzungen des Netzes werden entsprechend den Fahrplanbedürfnissen vorgenommen – und nicht in der üblichen umgekehrten Weise. Eine umfassende Abstimmung mit dem einzusetzenden Rollmaterial wird vor der Definition der zweckmässigen Massnahmen vorgenommen. Die vorgeschlagenen Massnahmen beschränken sich auf die reinen Bedürfnisse des Konzeptes und berücksichtigen Kapazitäten und Eigenschaften der Strecken, Energieversorgung, sowie die Fahrzeugkapazitäten. Zum Reduzieren der Fahrzeiten zwischen Anschlussknoten wurden verschiedenen Arten von Massnahmen eingesetzt: Einerseits Neu- und Ausbau von Infrastrukturen (Strecken und Knoten) und andererseits schnellere Fahrzeuge (z.B. Neigezüge).

Die Infrastruktur-Investitionen für Bahn 2000 setzten sich aus einem Mix verschiedenster Projekte zusammen. Rückgrat des neuen Bahn 2000 Systems bildet die Neubaustrecke von 45 km Länge zwischen den beiden Anschlussknoten Bern und Olten. Die Maximalgeschwindigkeit beträgt dort 200 km/h und die Züge folgen sich mit zwei Minuten Abstand. Diese hohe Leistungsfähigkeit wird erreicht durch den Einsatz des European Train Control System (ETCS), dem neuen europäischen System zur Zugbeeinflussung.

## 2.7 Wirtschaftliche Machbarkeit

Die gesamten Aufwendungen für Infrastruktur-Investitionen der Bahn 2000 betragen vier Milliarden €. Davon flossen 50% in neue Strecken, 35% in Kapazitätserhöhungen bestehender Strecken und Knoten sowie 15% in die Anpassung des Netzes an die Anforderungen der neuen Züge. Die Abstimmung der Kosten und des zu erwartenden Nutzens stellte die grösste Herausforderung dar. Die Beschränkung der neuen Strecken auf 2% der Netzwerklänge hielten die Investitions- sowie die resultierenden Kapital- und Unterhaltskosten auf einem erträglichen Niveau. Das Projekt wurde durch den Bund finanziert; ursprünglich zu 75% à fond perdu und zu 25% als verzinsliches und rückzahlbares Darlehen der SBB. Später wurde beschlossen, dass Vorhaben vollständig aus einem nationalen Fonds zu Förderung des öffentlichen Verkehrs mit variablem Zinssatz, ohne Rückzahlungspflicht aber mit Abschreibungspflicht zu finanzieren

## 2.8 Auswirkungen auf die Benutzung

Innerhalb des ersten Jahres nach der Inbetriebnahme von Bahn 2000 im Dezember 2004 stiegen die Zugleistungen um 12%, die Nachfrage im Netzmittel um 8% und im Kernnetz um 15%. Für die kommenden drei Jahre ist eine weitere Erhöhung der Nachfrage zu erwarten, wie die Erfahrungen mit vergleichbaren schweizerischen Vorhaben zeigen.

Die Konzeption der Zürcher S-Bahn und ihr laufender Ausbau basiert auf einem vergleichbaren Entwurfsprozess. Dort werden die Ergebnisse laufend im Detail verfolgt. Die Nachfrage erhöhte sich dort um 95% seit der Einführung des systematischen Angebotes im Jahre 1990. Dies sind jährlich rund 7%, was mehr ist als das Marktwachstum im innerstädtischen Gebiet.

Die Erfolge von Bahn 2000 sowie der Zürcher S-Bahn wurden erreicht durch den beschriebenen strukturieren marktgetriebenen Prozess. Die täglichen Leistungen dazu werden mit traditionellen Produktionsprozessen in einem SBB-Netz, das zwischenzeitlich stellenweise gesättigt ist, erbracht.

## 3. NEUE HERAUSFORDERUNGEN

Parallel zur Realisierung von Bahn 2000 hat sich das Verkehrs-Umfeld merklich gewandelt. Die erste Welle der europäischen Reform des Schienenverkehrs hat neue Handlungsfelder für die Bahninfrastruktur geöffnet. Infrastruktur Körperschaften agieren heute als unabhängige Firmen, welche teilweise sich konkurrenzierende Nachfragen nach Trassen von verschiedenen Eisenbahnverkehrsunternehmen zu befriedigen haben. In der Schweiz führt dies zu einer laufenden Steigerung der Nachfrage nach Trassen [7]. Die Infrastruktur-Manager müssen sich so positionieren, dass sie diese Nachfrage in einem Netz mit gemischtem Verkehr flexibel und zu so geringen Kosten wie möglich erfüllen können.

Beispiele für die Nachfrage:

- Der kurzfristige Bedarf des internationalen Güterverkehrs bedingt eine rasche Konstruktion und Zusicherung von Trassen
- Das nachhaltige Wachstum des nationalen Personenverkehrs führt sowohl zu einer kontinuierlichen Expansion des Fernverkehrs wie auch zu Führen von weiteren regelmässigen Vorortszügen. Zusammen setzen diese Angebote die Hauptknoten von Bahn 2000 unter hohen Druck.

Beim Suchen nach Lösungen für diese Herausforderung wurde die traditionelle Produktionsprozess eingehend analysiert. Der gegenwärtige Prozess ist gekennzeichnet durch zentralisierte Planung und durch eine unabhängige, dezentralisierte Produktion. Dieser Prozess wurde über lange Zeit entwickelt, ganz wie es die beiden Urväter des Reengineerings Hammer and Champy [3] sagten: "Eisenbahnen erfanden formalisierte Methoden der Produktion sowie die Organisationsstrukturen, um ihr eingleisiges Strecken-System durchschaubar, arbeitsfähig und sicher zu machen".

Die Wertschöpfungskette zur Trasseproduktion von Bahnen umfasst die folgenden Hauptfunktionen:

- Angebotsentwurf
- Infrastrukturdesign
- Fahrplannerstellung
- Produktion der Transportleistung (in Co-Operation zwischen der Infrastruktur und dem Eisenbahnverkehrsunternehmen)

Jede dieser Funktionen ist gegenwärtig unabhängig, hat ihr eigenes Wertesystem und ist intern optimiert. Eine gesamtheitliche Optimierung über den gesamten Prozess der Trassenproduktion wurde bisher nicht vorgenommen. Im folgenden Kapitel werden die gegenwärtigen Funktionen beschrieben und mögliche Ansätze skizziert, wie diese Hauptfunktionen die neuen Herausforderungen über Bahn 2000 hinaus aufnehmen könnten.

Ziel dieses Reengineering des Trassenproduktionsprozesses ist es, Handlungsfreiheit zu gewinnen, um rascher Angebote zu erstellen und diese mit hoher Qualität und zu minimalen Kosten zu produzieren

## **4. BEDÜRFNISSE UND LÖSUNGEN**

Für die Umsetzung der Absicht, rasch Angebote zu erstellen, hohen Produktionsqualität zu sichern und die Kosten zu minimieren verfügen die heutigen Hauptfunktionen der Wertschöpfungskette über suboptimale Eigenschaften. Aus deren Feststellungen werden neue Bedürfnisse abgeleitet und beabsichtigte Lösungen skizziert.

### **4.1 Co-Produktion**

Feststellung: Das Fahrverhalten der Züge ist dispers. Die Lokomotivführer handeln unabhängig und verfügen nicht über genügend Informationen, was von ihnen in der aktuellen Situation erwartet wird.

Johnson [5] formulierte das Bedürfnis als diagnostische Frage: "Kann diese Person als Teil dieses Prozesses mit ihrer Ausbildung diesen Auftrag mit ihrer Ausrüstung ausführen?" Die japanischen Bahnen liefern ihren Lokführern die notwendigen Informationen entsprechend diesem Prinzip und sie erreichen damit eine sehr kleine Streuung der Ankunftszeiten.

Der Weg der SBB zu einer Lösung war eine Machbarkeitsstudie mit Regelzügen und regulären Lokführern, die mit den relevanten Daten versorgt wurden („on the wave“). Der praktische Feldtest ergab eine mittlere Genauigkeit von besser als 15 Sekunden an Prüfpunkten bei einer Fahrzeit von 45 Minuten [2]. Im Rahmen eines Pilotversuches zum Nachweis der Praxistauglichkeit wird das Verfahren ab 2007 für ausgewählte Züge im Kernnetz eingesetzt.

### **4.2 Steuerung von Knoten**

Feststellung: Die Ankunfts- und Abfahrtszeiten in Knoten werden als unbeeinflussbare stochastische Ereignisse – auch im Bahn 2000 Fahrplan – betrachtet. Die unabhängige lokale Steuerung von Zügen und Rangierbewe-

gungen führt zu einem ineffizienten Bewegungsmuster in kritischen und teuren Teilen der Infrastruktur.

Es besteht das Bedürfnis, das gegenwärtige Planungsverfahren, das eher einer Machbarkeitsstudie entspricht, durch ein wirksames Steuerelement zu ersetzen.

Der Weg der SBB zu einer Lösung führt über die Quantisierung der Bewegungen in Zeitscheiben („Verpulsung“ genannt). Dies garantiert ein Maximum an möglichen Bewegungen. Durch die Verwendung von Petri Netzen wird die Beweglichkeit der Verkehrssteuerung maximiert. Eine rasche, proaktive und automatische Generierung von Trassen wird gegenwärtig am Institut für Operations Research der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich entwickelt [1; 4]. Konventionelle Ansätze zum Lösen dieser Aufgabe scheiterten bisher, da sie das Problem formal nicht zu strukturieren vermochten [6].

### 4.3 Fahrplanerstellung

Feststellung: Die Planung von Fahrplantrassen für Strecken ist ein zeitaufwändiger, langsamer Prozess (unabhängig von der Unterstützung durch CAD) und er hat für die eigentliche Trassenproduktion genügend viel Spielraum offen zu lassen. Dazu werden für die Trassen signifikante Fahrzeitreserven eingeplant ohne diese für alle Beteiligten transparent auszuweisen.

Es besteht das Bedürfnis für einen schnellen Prozess zum Planen von realitätsnahen Fahrplantrassen auf Strecken mit einer Optimierung der Reihenfolge von Zügen verschiedener dynamischer Eigenschaften und mit je eigenen kommerziellen Randbedingungen.

Der Weg der SBB zu einer Lösung führt über eine formalisierte Beschreibung der Fahrplantrassen als Graphen. Dies zusammen mit dem Einsatz von Suchalgorithmen ermöglicht eine rasche automatisierte Fahrplanerstellung (der so genannte „Flexfahrplan“) [10]. In einer ersten Anwendung wurde eine definierte Güterzugstrasse rasch erstellt und dabei eine Fahrzeitverkürzung von 8 % erreicht.

### 4.4 Strategischer Infrastruktur-Planungsprozess (SIPP)

Feststellung: Der künftige Bedarf an Trassen für Strecken und Knoten ist heute nur schwer in genaue Anforderungen an die Infrastruktur umsetzbar. Als Folge davon besteht je das Risiko für Überinvestition oder die Verhinderung von nachgefragten Trassen.

Es besteht das Bedürfnis nach einer Methode in der Netzplanung, welche aus den Marktbedürfnissen laufende den Bedarf zur Netzentwicklung ableitet.

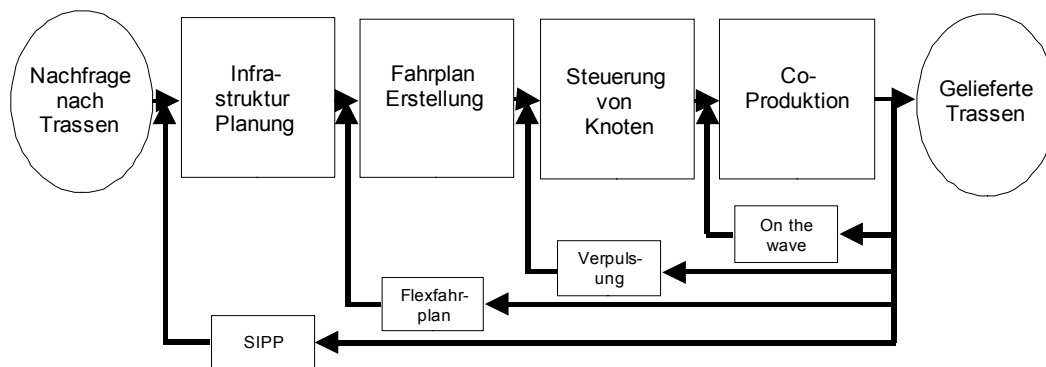
Der Weg der SBB zu einer Lösung ist eine funktionale Beschreibung der Trassennachfrage zusammen mit dem Einsatz von Instrumenten zur schnellen Fahrplanerstellung. Damit werden vollständige Fahrpläne für verschiedene Szenarien künftiger Netzzustände generiert [9]. Die Methode wird gegenwärtig entwickelt und laufend für Herausforderungen im SBB-Netz eingesetzt.

Für den Falle eines formulierten künftigen Angebotes wurden damit die notwendigen Investitionsbedürfnisse auf rund einen Drittel des bisher Verlangten geschätzt.

Zum Erreichen solcher Effekte ist ein gesamtheitliches Prozessdenken durch alle Schritte und Teilprozesse der gesamten Wertschöpfungskette zur Planung und Produktion von Trassen zwingend. In diesem Sinne stellen die skizzierten Methoden eine Optimierung der Wertschöpfungskette zu Trassenerstellung sicher.

## 5. DAS NEUE SYSTEM

Die vier beschriebenen Elemente – Infrastrukturplanung, Fahrplanerstellung, Steuerung von Knoten und Co-Produktion – bilden zusammen ein neues System, das schrittweise eingeführt wird. Der neue gesamtheitliche Ansatz erlaubt es, die gegenwärtige Art der Einzelsteuerung durch eine neue Art der Prozessführung mit geschlossenen Regelkreisen abzulösen [8, 11] (Figur 2).



Figur 2: Das neue System mit Regelkreisen zur Prozessführung

Für alle Elemente müssen drei Schritte durchlaufen werden:

- Die Entwicklung der Methode
- Die Anpassung der betroffenen Werkzeuge
- Die Änderung der Denkweise des betroffenen Personals

Ein wurde ein schrittweises Vorgehen gewählt, das mit der händischen Anwendung der neuen Methoden beginnt, die dann anschliessend in neue Instrumente integriert werden, welche veraltete Systeme ablösen. Dadurch werden Risiken, die im Einsatz der neuen Ansätze liegen, minimiert.

Das angepasste, erneuerte System ermöglicht eine bessere Dienstleistungsqualität der Infrastruktur für die Eisenbahnverkehrsunternehmen und dadurch für den Endkunden – den Reisenden.

## 6. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Der Fall von Bahn 2000 zeigt, wie der öffentliche Verkehr seinen Marktanteil im Wettbewerb erweitern kann. Ein strukturierter Prozess für den Angebotsentwurf mit echter Marktorientierung, moderatem Infrastrukturausbau in Funktion des Fahrplans, einer klaren wirtschaftlichen Zielsetzung zusammen



mit einer dauernden hohen Dienstleistungsqualität unterstützt durch entsprechende Marketingmassnahmen bilden die Basis für den Erfolg. Dieser wurde erreicht als integrierte Eisenbahnunternehmung mit gemischtem Verkehr und einem herkömmlichen Prozess zur Planung und Produktion von Trassen..

Die SBB wird herausgefordert durch zusätzlichen Kapazitätsbedarf und höhere Qualitätsansprüche an die Trassenproduktion. Der gegenwärtige eher handwerklich geprägte Ansatz wird zu einer systematischen, genau definierten Methodologie entwickelt, die in einem rückgekoppelten System eingebettet ist. Das neue System wird zu Gunsten neuer Angebote höhere Kapazitäten durch erhöhte Qualität freisetzen. Die Weiterentwicklung von Prozessen ist ein Schlüsselement zum Erzielen von Wettbewerbsvorteilen und sie ist anspruchsvoll für alle Beteiligten.

## Referenzen

- [1] Burkholter D (2005) "Capacity of Railways in Station Areas using Petri Nets", *PhD thesis*, Institute for Operations Research, Swiss Federal Institute of Technology Zurich
- [2] Fénix J. Graffagnino T., Sagot J.-C., Valot C., (2005), "User centred design applied to increase timetable stability", *ZEVrail Glasers Annalen, Sonderheft Tagungsband 2005*
- [3] Hammer M, Champy J (1993) "Reengineering the Corporation"; *Harper Business*
- [4] Herrmann T (2005) "Stability of Timetables and Train Routings through Station Regions", *PhD thesis*, Institute for Operations Research, Swiss Federal Institute of Technology Zurich
- [5] Johnson E (1987) "The role of man in the system design process: The unresolved dilemma". *System Design*, edited by Rouse W & Boff K, Edition North-Holland
- [6] Roos S (2006) "Bewertung von Knotenmanagement-Methoden für Eisenbahnen", *Masters thesis* at the Institute for Transport Planning and Systems, Swiss Federal Institute of Technology Zurich
- [7] Stalder O, Laube F, Graffagnino T (2003) "Increasing performance of the rail network in the heart of Europe: A program for the Swiss federal railways", *International symposium on speed-up and service technology for railways and maglev systems*, Tokyo, The Japan society of mechanical engineers.
- [8] Stalder O, Laube F, (2004) "The efficient Railway – a Field of Action for Formal Methods", *Forms 04 proceedings*, Technical University of Braunschweig, Germany
- [9] Smith Ash (2005) "Strategic network planning method", *Conference on Railway Systems Engineering and Integration, Derby*
- [10] Wüst Raimond (2006) "Dynamic rescheduling based on predefined track slots", *Proceedings World Congress on Railway Research 2006, Montreal Canada.*
- [11] Stalder Oskar (2006) "Competitive advantages gained by redesigned processes: The case of RAIL 2000 and beyond", *Proceedings World Congress on Railway Research 2006, Montreal Canada.*