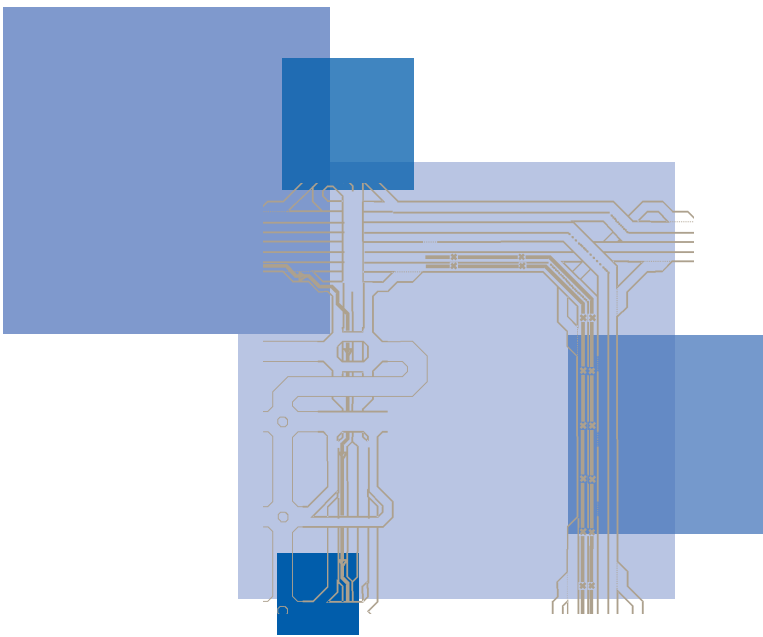


Benchmarking

Themenheft
Herbst 2012



Herausgeberin

R+R Burger und Partner AG

Haselstrasse 1

CH - 5401 Baden

Telefon 056 203 72 11

Fax 056 203 72 99

Langmauerweg 12

CH - 3011 Bern

Telefon 031 378 68 68

Fax 031 378 68 69

info@rrag.ch

www.rrag.ch

Autoren

Dr. Thomas Herrmann

Renato Käppeli

Klaus-Peter Liedtke

Dr. Jost Lüking

Christoph Marti

Redaktion und Gestaltung

R+R Burger und Partner AG

Druck

Peter Gaffuri AG

Nachbestellung und weitere Auskünfte

R+R Burger und Partner AG

Baden, Oktober 2012

Inhalt

Vorwort

Kostenbenchmarking von Infrastrukturprojekten

Unterhaltsstrategien im Fokus

Schwerpunkt Unterhaltskosten

IPA – Infrastructure Performance Analysis

Effizienz eingesetzter Mittel

Know-how bei R+R

Liebe Leserin Lieber Leser

Im Alltag vergleichen wir häufig: Produkte, Dienstleistungen, uns oder andere. Dabei stossen wir immer wieder auf die gleiche Frage: was kann oder darf denn überhaupt miteinander verglichen werden?

„Fast alles“, sagen Benchmarking-profis. Wichtig ist die Fragestellung. Diese muss zielorientiert und möglichst präzise sein, dann kann das Benchmarking Entscheidungsgrundlagen liefern. Je nach Datenlage und -aufbereitung variiert dabei der Feinheitgrad der Analyse. Das stellt grosse Anforderungen an die Klarheit der Definitionen, an die Wahl des Bezugsmaßes und an die Datenharmonisierung.

Effizienzsteigerung ist nicht das alleinige Ziel eines Benchmarkings. Aber ein wichtiges. Beim Kostenbenchmarking gibt es zwangsläufig Projekte, die teurer sind. Vielleicht gibt es gu-

te Gründe dafür, vielleicht aber sind diese Projekte ineffizient und müssen überdacht werden. Dabei helfen wiederum die effizienten Projekte: sie zeigen Best-Practice-Methoden auf. Interessant wird es, wenn das eigene Unternehmen im Wettbewerbsumfeld platziert wird. So hat beispielsweise der internationale Eisenbahnverband 14 westeuropäische Eisenbahnen untersucht. Daraus resultierten Kostenstatus und Kostenentwicklung je Teilnehmer sowie Hinweise auf Kostentreiber. Ein weiteres wichtiges Ziel sind Kostenkennzahlen, mit denen schon für Projektstudien einigermaßen treffsichere Kostenschätzungen möglich werden.

Benchmarking von Infrastrukturen hat dabei nicht nur Neu- und Ausbauprojekte, sondern auch Betrieb und Unterhalt im Fokus. Welche Unterhaltstrategie bewährt sich? Welcher prognostizierte Zustandsverlauf setzt die

Mittel am effizientesten um? Wie wirken sich Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit bzw. Betriebsunterbrüche und Verspätungen aus? Die Ergebnisse regen zum Nachdenken an und fordern Antworten.

R+R Burger und Partner führt seit Jahren Benchmarkings mit Schwerpunkt Strasse und Eisenbahn durch. Das vorliegende Heft legt das Augenmerk auf Studien aus dem Schienenverkehr. Diese bieten sich an, um ein breites Spektrum an Aufgabenstellungen und Lösungswegen aufzuzeigen. Wir freuen uns, wenn wir Ihnen damit ein paar interessante Einsichten geben.

Dr. Jost Lüking
Geschäftsführer
R+R Burger und Partner AG

Kostenbenchmarking von Infrastrukturprojekten

Infrastrukturprojekte sind oftmals einzigartig. Planer und Ausführende stehen vor speziellen Herausforderungen und setzen die neueste Technik ein. Gleichwohl ist ein Kostenbenchmarking möglich – es schafft Grundlagen für wirklichkeitsbezogene Kostenbeurteilungen, hilft bei Vertragsverhandlungen und liefert interessante Aufschlüsse über Verbesserungspotenziale.

Anhand von mehreren Beispielen aus dem In- und Ausland soll aufgezeigt werden, in welchem Rahmen Kostenbenchmarkings von Infrastrukturanlagen möglich sind und was daraus gelernt werden kann.

Projektbenchmarking SBB – Kennzahlen für Richtkostenschätzungen

Die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) waren anfangs der 90er Jahre mit grossen Herausforderungen be-

züglich der Kosten der Bahn-2000-Projekte konfrontiert. Frühe Kostangaben waren mit grossen Unsicherheiten verbunden, für die politische Diskussion und Entscheidungsfindung jedoch notwendig. Gesucht wurde ein einfaches Kennzahlensystem, mit dem schon für Projektstudien einigermaßen treffsichere Kostenschätzungen möglich sein sollten. Deshalb entschieden sich die SBB, die Kosten von 46 aktuellen Projekten für Strecken- und Bahnhofsausbauten auszuwerten. Die Auswertung sollte auch zeigen, ob zwischen den drei damaligen Kreisverwaltungen systematische Kostenunterschiede bestanden.

Die untersuchten Referenzprojekte sollten im Idealfall kürzlich abgeschlossen oder wenigstens im Bau sein; allenfalls reichten auch genaue Kostenvoranschläge. Die Referenzmasse und Mengenangaben stammten aus den Abrechnungen, Plänen

und technischen Berichten. Erleichtert wurde das Kostenbenchmarking durch die einheitliche SBB-Kosten-systematik und die klare Projektdefinition. Zur Verbesserung der Vergleichbarkeit waren dennoch Kostenbereinigungen nötig; z.B. fanden Kosten für Land und Rechte sowie für Gebäudeaus- und -umbau keine Berücksichtigung, weil sie zu stark vom Projekt-ablauf und von speziellen Voraussetzungen abhängig waren. Die Kosten wurden mit den damals gängigen Verfahren auf ein gemeinsames Basis-jahr umgerechnet.

Das Benchmarkingprojekt lieferte einen systematischen Katalog von 64 Kostenkennzahlen für 28 Projektelemente (Bahnkörper, Gleis- und Sicherungsanlagen, verschiedene Arten von Kunstbauten, Fahrleitungen usw.), mit dem nun präzisere Kostenschätzungen zu einem frühen Zeitpunkt möglich sind. Für sieben Typen

von Streckenprojekten – klassifiziert nach Neubau- oder Erweiterungsprojekten und unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen Umfeldparameter von „einfache Verhältnisse“ bis zu „Durchfahrten im Siedlungsgebiet“ oder „hoher Tunnelanteil“ – wurden auch gesamthafte Projektkostenkennzahlen (Projektkosten je Gleiskilometer) angegeben. Zu jeder Kennzahl gehörte die beobachtete Bandbreite der Werte dazu. Zugleich wurden Kostentreiber identifiziert.

Die vermuteten Kostenunterschiede zwischen den Kreisverwaltungen konnten nicht nachgewiesen werden. Kostendifferenzen zwischen ähnlichen Projekten waren durch abweichende funktionale Anforderungen und Unterschiede in Projektumgebung und -ausführung begründet.

Benchmarking SBB-Projekttypen

Ein weiteres SBB-Projekt sollte 1997 einen internen Benchmarkingprozess für einfache, aktuelle Projekttypen einführen. Auf längere Sicht sollten die SBB-Mitarbeiter selbst die Projekt- und Kostendaten erheben, bereinigen und harmonisieren sowie schliesslich auswerten und darstellen können.

Untersucht wurden fünf Stellwerkersatzprojekte, acht Bahnhofsumbauten, sechs Perronerhöhungen, sechs neue Haltestellen und fünf Doppelspurausbauten. Für jeden Projekttyp wurde ein einfaches Kostenmodell aus Fixkosten und einem variablen Kostenparameter entwickelt, das in einem

zweidimensionalen Diagramm abgebildet werden konnte. Der anspruchsvollste Teil der Aufgabe bestand darin, für jeden Projekttyp eine geeignete Referenzgrösse für die variablen Kosten zu finden. Jedes Projekt wurde in einem Steckbrief mit den wesentlichen Projekt- und Kosteninformationen beschrieben, insbesondere auch mit Angaben zu den Kostentreibern. Für jeden Projekttyp gab es ein weiteres Kennblatt mit dem Kostenmodell und den Kostenkennzahlen sowie mit einer Übersicht über die Projekte und ihre Kostenstruktur.

Die Kosten der Stellwerkersatzprojekte, Bahnhofsumbauten und Perronerhöhungen lagen ziemlich genau auf der Benchmark-Linie. Die Kosten für Doppelspurausbauten wichen stärker davon ab, lagen aber immer noch in einer genügend engen Bandbreite ($\pm 30\%$). Die Projekte für neue Haltestellen waren so unterschiedlich, dass gar kein Kostenmodell entwickelt werden konnte.

Projektbenchmarking im InfraCost-Programm der UIC

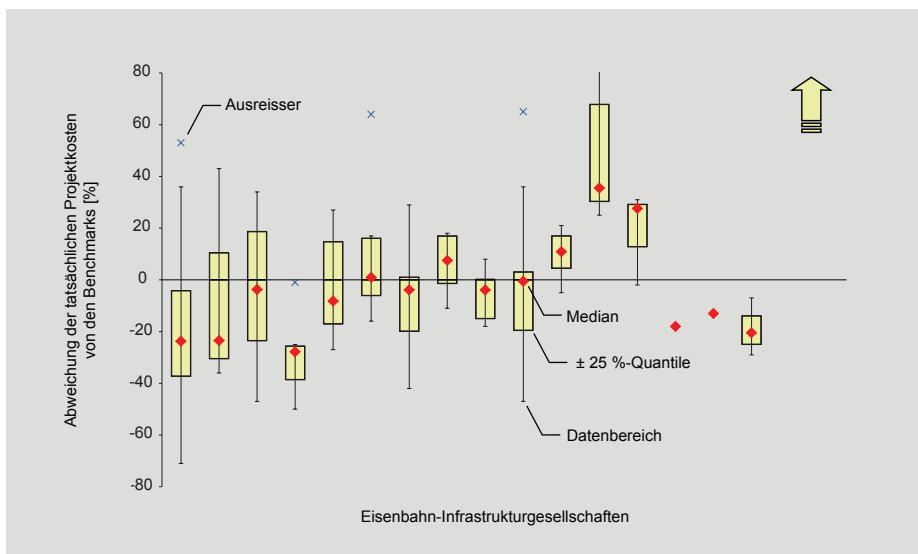
Von 1995 bis 2002 führte der internationale Eisenbahnverband UIC das Programm „InfraCost“ durch. InfraCost untersuchte und verglich die Infrastruktur-Lebenszykluskosten (Neu- und Ausbauten, Betrieb und Instandhaltung, Erneuerung) von 14 westeuropäischen Eisenbahnen und der US-amerikanischen AMTRAK. Diese aktiven Teilnehmer konnten ihren Kostenstatus und ihre Kostenentwick-

lung mit den anderen vergleichen und erhielten Hinweise auf Kostentreiber und Good Practice. Als passive Vergleichspartner stellten sich auch die grossen US-Class-I-Güterbahnen, die Shinkansen-Linien Japans sowie eines der beiden grossen Regionalbahnsysteme aus Hongkong zur Verfügung.

Im Investitionsbenchmarking wurden 122 Neu- und Ausbauprojekte sowie 227 Erneuerungsprojekte untersucht. Aus den Projektdaten für 791 Projektelemente wurden ausserdem Teilmodelle generiert, z.B. für Fahrbahn, Stromversorgung, Tunnels, Eisenbahnbrücken oder Sicherungssysteme. Die Internationalität und die grosse Bandbreite der Projekttypen – von nicht elektrifizierten Kleinbahnen bis zu Hochgeschwindigkeitslinien – stellte grosse Anforderungen an die Datenharmonisierung sowie an die Entwicklung von Benchmarkingmodellen. Zum Benchmarking von Betrieb und Instandhaltung vgl. die beiden folgenden Beiträge in diesem Heft.

Wie schon in den SBB-Benchmarkingprojekten beschränkte sich die Analyse auf ausgeführte oder in Ausführung befindliche Projekte. Zunächst musste eine allgemeingültige Projekt- und Kostenstruktur entwickelt werden, die das Projekt insgesamt sowie die einzelnen Projektelemente genau definierte und die Inhalte des Kosten- und Mengengerüsts präzise festlegte. Dann wurden die gelieferten Kostendaten bereinigt – Kosten für Publikums- und Umschlagsanlagen, Gebäude und Landerwerb waren aus der Analyse ausgeschlossen. Eine spezielle Herausforderung war die Umrechnung auf eine gemeinsame Währung und Preisbasis anhand von Kaufkraftparitäten und nationalen Preisindizes.

Um den Unterschieden zwischen den Projekten gerecht zu werden, wurden Kostenmodelle für die Gesamtkosten sowie für die Teilsysteme entwickelt. Diese Kostenmodelle arbeiten mit den funktionalen Anforderungen an das Projekt (z.B. Ausbaugeschwindigkeit und Zugfolgezeit) sowie mit den Umgebungsfaktoren wie z.B. hügeliges Terrain, dichte Besiedlung oder schwierige Untergrundverhältnisse. Sie erzeugen für jedes Projekt einen spezifischen Gesamtkostenbenchmark sowie projektspezifische Kos-



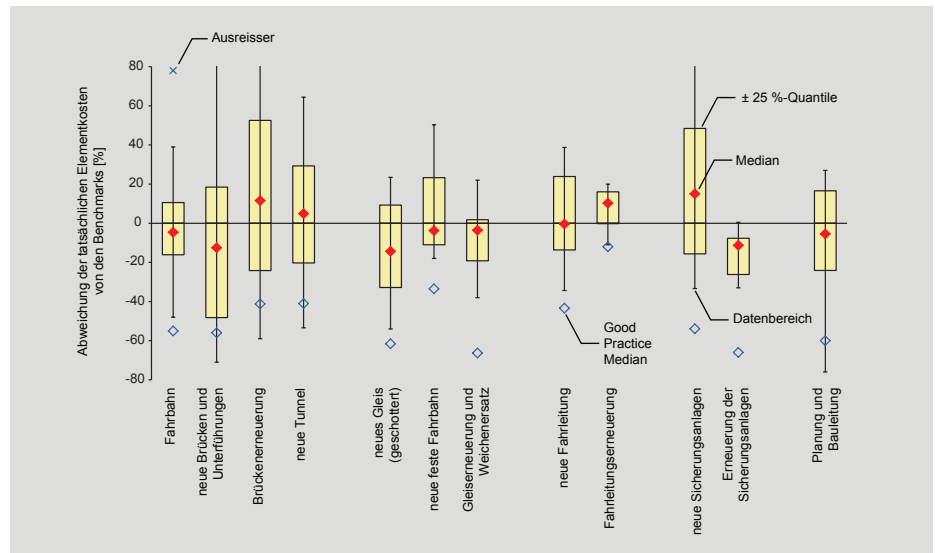
InfraCost-Programm der UIC: Vergleich der Projektkosten mit den Benchmarks je Teilnehmer der Studie.

tenbenchmarks für seine Teilsysteme. So lassen sich Kostenprofile erstellen, die zeigen, um wieviel Prozent die tatsächlichen Kosten eines bestimmten Projektes von den projektspezifischen Benchmarks abweichen. Mit genügend vielen Vergleichsprojekten lassen sich für jeden Benchmarkingpartner die wichtigsten Tendenzen erkennen. Eine Eisenbahngesellschaft mag vielleicht mehrheitlich über Projekte verfügen, deren Gesamtkosten unter ihren Benchmarks liegen, andererseits aber auch Problembereiche aufweisen, bei denen die beobachteten Kosten überwiegend höher sind als ihre Benchmarks.

Der nächste Schritt der Analyse bestand aus der Ursachenforschung. Die Good-Practice-Analyse fragt, warum die beobachteten Kosten bei einem Projekt, einem Benchmarkingpartner oder einem Teilsystem tiefer sind als ihr Benchmark und ob andere daraus etwas lernen können. Andererseits kann es auch gute Gründe geben, warum Projektkosten höher sind als ihre Benchmarks. Hier waren insbesondere die Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Infrastruktur, ihre Qualität, Lebensdauer und ihre Lebenszykluskosten zu beachten – Größen, die nicht explizit in die Bestimmung der Benchmarks eingegangen waren.

Anhand der Good-Practice-Analyse wurden Toolboxes mit Empfehlungen entwickelt, mit denen man das Preis-Leistungs-Verhältnis von Projekten nachhaltig verbessern kann. Beispielsweise zeigten sich im internationalen Vergleich einmal mehr die Vorteile einer guten Zusammenarbeit der verschiedenen beteiligten Bauherren, die Notwendigkeit der Marktbearbeitung im Hinblick auf die vielen kostentreibenden Standardelemente, die Bedeutung eines guten Baugrunds für niedrige Lebenszykluskosten oder die Economies of Scale konzentrierter Erneuerungsarbeiten über lange Abschnitte. Nicht zuletzt wurde auch deutlich, wie wichtig es ist, die Projekte und damit das Netz funktional auf die Markterfordernisse auszurichten und nicht zu "vergolden".

Schliesslich wurde das UIC-Benchmarking in eine „Lasting Benchmarking Function“ überführt. Seit 2002 schreibt die UIC die Benchmarking-



InfraCost-Programm der UIC: Vergleich der Elementkosten mit den Benchmarks je Teilsystem am Beispiel eines Teilnehmers der Studie.

ergebnisse selbst fort. Dabei werden Trends in der Entwicklung insbesondere von Unterhalts- und Erneuerungskosten deutlich. In einem speziellen Benchmarkingprojekt wurde zusätzlich untersucht, wie sich parallel dazu der Zustand der Netze entwickelt. Abnehmende Unterhalts- und Erneuerungsausgaben dürfen ja nicht dazu führen, dass die Infrastruktur immer schlechter und unzuverlässiger wird. Zu diesem Projekt vgl. den Beitrag „IPA – Infrastructure Performance Analysis“.

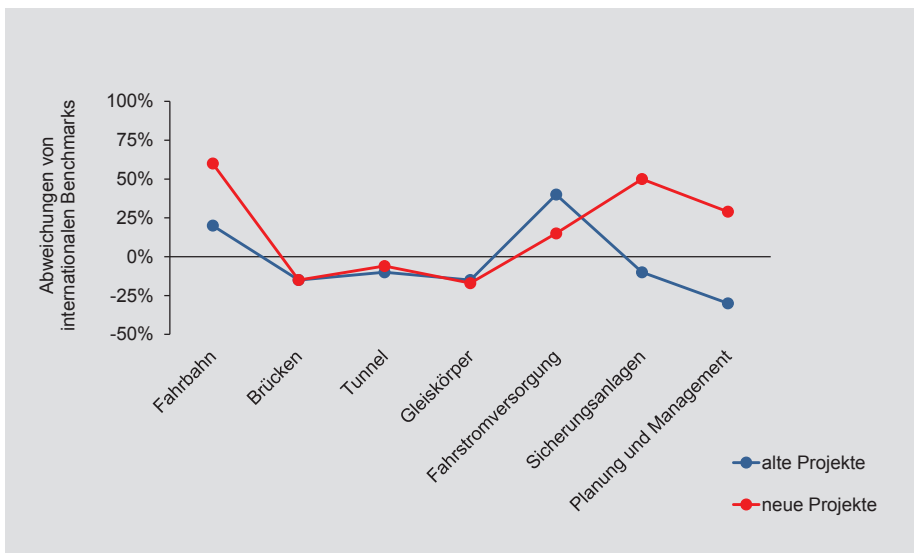
Vertieftes Projektbenchmarking mit den UIC-Modellen

Verschiedene Eisenbahngesellschaften haben daraufhin die UIC-Methode angewandt, um vertiefte Aufschlüsse über Kostenentwicklungen und Problembereiche zu bekommen. So wurden für die irischen Eisenbahnen verschiedene Ausbauprojekte in der Region um Dublin genauer untersucht. Für den norwegischen Eisenbahn-Infrastrukturbetreiber Jernbaneverket wurde die laufende Kostenentwicklung von Projekten im Vergleich mit nationalen und internationalen Kostentrends, im Vergleich von Kostenvoranschlägen und Abrechnungen und durch den Einbezug weiterer Projekte analysiert. Zugleich wurde untersucht, inwieweit neue Projekte den in der UIC-Studie erkannten Problemen begegnen konnten und ob sich womöglich neue Probleme zeigten. Dafür wurden die Elementkostenmodelle weiterentwickelt und neue Kostenprofile erzeugt.

Lessons learnt

Kostenbenchmarks sollen ein möglichst genaues und faires Abbild der Wirklichkeit sein. Das stellt grosse Anforderungen an die Klarheit der Definitionen, an die Wahl des Bezugsmaßes und an die Datenharmonisierung. Zum Beispiel muss klar sein, für welche Preisbasis der Benchmark gilt, ob Steuern enthalten sind, welche internen Leistungen des Bauasträgers abgebildet werden und zu welchen Preisen. Was gehört zum Preis der Fahrbahn, einer Brücke, der Sicherungsanlagen, und was gehört jeweils nicht dazu? Dann gibt es Economies of Scale und Scope: Eine eingleisige Eisenbahnlinie ist sicher billiger als eine mehrgleisige von gleicher Länge und in gleicher Umgebung, aber die Kosten pro Gleiskilometer sind oft höher. Eine Eisenbahnlinie in dichtgenutztem Gebiet ist teurer als eine auf der grünen Wiese. Der Gleisanschluss eines Industriegebiets ist billiger als eine Hochgeschwindigkeitslinie mit starkem Personenverkehrsaufkommen. Und so weiter.

Zugleich muss klar sein: Benchmarks sind Modellresultate. Sie liefern einen Anhaltspunkt dafür, wie die Wirklichkeit aussehen könnte, aber sie erfordern ein gewisses Mass an Vereinfachung und Abstraktion. Das ist ja auch beabsichtigt, wenn Benchmarks Aufschlüsse über Verbesserungsmöglichkeiten liefern sollen; es muss zwangsläufig Fälle geben, deren Kosten höher sind als die Benchmarks. In diesem Sinne sind Benchmarks pro-



Vertieftes Projektbenchmarking: Wie hat sich das Kostenprofil einer Eisenbahn-Infrastrukturorganisation verändert?

voskant. Sie sind Augenöffner und sollen den Adressaten zum Nachdenken anregen. Der Adressat darf durchaus zum Schluss kommen, dass seine hohe Kostenposition gerechtfertigt ist und dass es für ihn kein Verbesserungspotenzial mehr gibt. Das muss jedoch gut begründet sein.

Benchmarking muss alle wesentlichen Aspekte einbeziehen. Es ist schön, wenn jemand beständig Kosten senken kann – es ist aber gar nicht gut, wenn das auf Kosten von Substanz und Qualität geht und technische Störungen, Unterhalts- und Erneuerungsaufwand langfristig ins Unermessliche steigen. Die Qualität gehört zur Kostenbeurteilung selbstverständlich da-

zu. Aber auch hier gilt: Nicht „vergolten“ – Qualität schaffen, die verlangt wird.

Die Bezugsgrösse und der Datenhintergrund für die Benchmarks sollen die wesentlichen, allgemeingültigen Kostenfaktoren abbilden. Leider findet man oft Benchmarks, deren Bezugsgrösse nur wenig Erklärungswert für die Kosten hat. Es kommt zum Beispiel immer wieder vor, dass die Kosten von Eisenbahnsicherungsanlagen auf die Projekt- oder Gleislänge bezogen werden, obwohl sie damit nicht viel zu tun haben. Ein besseres Indiz für den Gesamtaufwand ist in diesem Fall die Anzahl von Blockabschnitten oder Kontrolleinheiten.

Zugleich ist es wenig sinnvoll, in ein allgemeingültiges Modell spezielle Kostenfaktoren einzubauen, die nur für einzelne Sonderfälle zum Tragen kommen. Solche Sonderfälle sind selten interessant und verbauen die Sicht auf Tatbestände, die für den Grossteil der analysierten Projekte gelten. Die Projektunterschiede sollen aber nicht bis zur Unkenntlichkeit „wegharmonisiert“ werden. Good Practice muss erkennbar bleiben.

Benchmarking setzt eine gute Zusammenarbeit und ein gutes Vertrauensverhältnis zwischen dem Analysierenden und dem Benchmarkingpartner voraus, der Daten liefert und nachher mit anderen verglichen wird. Es sollte von vornherein klar sein, dass es nicht darum geht, jemanden in ein schlechtes Licht zu rücken. Die Benchmarks sollten nicht wertend präsentiert werden, vor allem nicht negativ. Im Einzelfall kann es ja, wie gesagt, gute Gründe für eine hohe Kostenposition geben. Es ist von Vorteil, einem Benchmarkingpartner Vergleichszahlen anonymisiert zu präsentieren, um die Beurteilung von Vorurteilen zu befreien und die Akzeptanz der Ergebnisse zu steigern.

Zu guter Letzt ein Wort der Vorsicht: Benchmarks sind rückwärts gerichtet und bilden Geschichte ab. Good Practice war zum Zeitpunkt, als der Datenhintergrund entstanden ist, möglicherweise noch gar nicht sichtbar. Benchmarks sind kein Ersatz für Kreativität und Innovation.

Unterhaltsstrategien im Fokus

Bei jeder Infrastrukturanlage stellt sich die Frage nach der Unterhaltsstrategie. Gewährleistet die Erhaltungsstrategie eine nachhaltige Servicequalität? Soll der Unterhalt dazu dienen, die maximale Lebensdauer der einzelnen Komponenten zu erreichen oder sollen Erneuerungen vor Ablauf der Lebensdauer durchgeführt und dafür die Unterhaltskosten gesenkt werden?

R+R Burger und Partner ging in zwei Studien für das nationale Netz der französischen Eisenbahn sowie für die Region um Toulouse der Frage nach, wie das richtige Mass zwischen Unterhalt und Erneuerung im Lebenszyklus der Infrastrukturen gefunden werden kann.

Wo steht das französische Eisenbahnnetz?

Die französische Eisenbahn-Infrastrukturbehörde Réseau Ferré Natio-

nal Français (RFF) ist verantwortlich für ein mehr als 45'000 Streckenkilometer umfassendes Schienennetz, das grösste in Westeuropa. Dabei zeigen sich bezüglich des Ausbaustandards und des Zustandes der Infrastruktur erhebliche Unterschiede zwischen den Paradestrecken des durch den TGV befahrenen Hochgeschwindigkeitsnetzes und den regionalen Nebenlinien.

Die bisherige Investitionsstrategie im Stammnetz der RFF konzentrierte sich auf den Unterhalt der bestehenden Anlagen mit dem Ziel einer möglichst langen Lebensdauer der einzelnen Komponenten. Dagegen wurden Erneuerungen der Anlagenbestandteile relativ selten vorgenommen.

Um diese Strategie zu überprüfen, gab RFF 2005 eine Studie in Auftrag, die den aktuellen Zustand des Netzes erheben und die für Unterhalt und Er-

neuerung aufzuwendenden Kosten überprüfen sollte.

Die Studie wurde unter der Leitung der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne (EPFL) durchgeführt. Dabei wurden die Bereiche Gleis, Signalanlagen, Fahrleitung und Kunstbauten durch verschiedene Fachleute bezüglich ihres Zustandes überprüft. R+R Burger und Partner hatte die Aufgabe, die so erhobenen Zustandsdaten den Aufwendungen für Unterhalt und Erneuerung gegenüberzustellen und im Rahmen einer internationalen Benchmarkingstudie mit den entsprechenden Daten anderer europäischer Bahnen zu vergleichen.

Welche Methode wurde angewandt?

Der Zustand eines Bahnnetzes ergibt sich aus dem komplexen Zusammenspiel von Faktoren wie Alter der Anla-

ge, Verkehrsbelastung, bisherige Unterhaltsmassnahmen und getätigte Erneuerungen. Hoher Unterhalts- und Erneuerungsaufwand führt in der Tendenz zu einem besseren Anlagenzustand. Gleichzeitig kann ein guter Zustand des Netzes zukünftig zu geringeren Unterhalts- und Erneuerungskosten führen. Hier liegt also eine Wechselwirkung vor.

Für die Benchmarkingstudie wurden Vergleichswerte von vier anderen europäischen Bahnen beigezogen: den spanischen Eisenbahnen RENFE, dem italienischen Netzbetreiber RFI, den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) und der britischen Infrastruktur-Organisation Network Rail (NR).

Die Daten wurden mittels eines eigens für diese Studie entwickelten Fragebogens erhoben und im Rahmen von Interviews mit den jeweiligen Infrastrukturverantwortlichen überprüft und vervollständigt.

Um der unterschiedlichen Netzstruktur sowie den verschiedenen Rahmenbedingungen der beteiligten Bahnen gerecht zu werden, wurden die Daten zunächst harmonisiert. Die Harmonisierung erfolgte in drei Schritten: zuerst wurden die in nationalen Währungen erhobenen Finanzdaten mit Hilfe eines Kaufkraft-Paritäts-Indexes auf einen einheitlichen Stand gebracht, dann wurden unterschiedliche Netzcharakteristika (z.B. Anteil Doppel-

spur oder Anteil Elektrifizierung) abgebildet und zuletzt wurde auch den unterschiedlichen Streckenbelastungen und Zugfrequenzen Rechnung getragen.

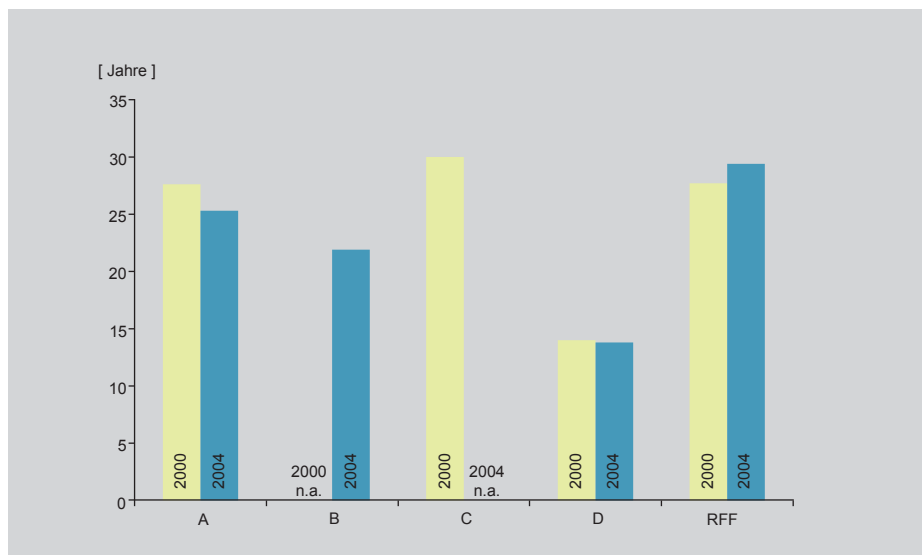
Ergebnisse des Benchmarkings

Die Benchmarkingstudie kam zu dem Ergebnis, dass die einzelnen Komponenten des französischen Eisenbahnnetzes im Schnitt deutlich älter, je nach Streckenkategorie teilweise aber auch weniger abgenutzt sind als die der Vergleichsbahnen. Es zeigte sich, dass die Aufwendungen für den Unterhalt rund doppelt so hoch sind wie für Erneuerungen, während dieses Verhältnis bei den übrigen Bahnen umgekehrt ist. Die Erneuerungsrate ist damit deutlich niedriger als für den Substanzerhalt des Netzes notwendig wäre, das Risiko von Störungen und Ausfällen nimmt immer mehr zu.

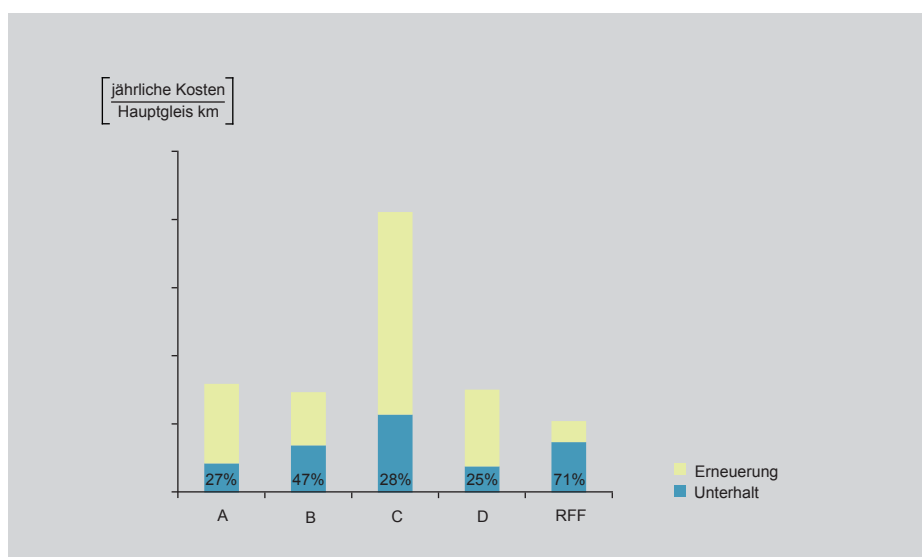
Die Studie empfahl, einerseits eine Anpassung des Netzes an die gegenwärtigen Erfordernisse zu prüfen (Reduktion der Assets auf die für den Betrieb notwendigen Teile) und andererseits verstärkt Erneuerungen durchzuführen, um zukünftig mit geringeren Unterhaltskosten auszukommen. Insbesondere wurde vorgeschlagen, den bereits erkennbaren fortgeschrittenen Zerfall einzelner Streckenabschnitte mit einer initialen Erneuerungskampagne zu stoppen und so ein Zustandsniveau zu erreichen, auf dem die Aufwendungen für einen Erhalt der Anlagen deutlich geringer ausfallen. Es wurde errechnet, dass damit auf längere Sicht die Lebenszykluskosten des Netzes wesentlich gesenkt werden können.

Expertise zum Bahnnetz Midi-Pyrénées

Aufgrund des positiven Echos auf die Studie zum landesweiten Netzzustand hat die Region Midi-Pyrénées einem Expertenteam unter der Leitung der Firma SMA und Partner den Auftrag gegeben, aufbauend auf den Erkenntnissen aus dem nationalen Netzaudit das rund 1'500 Kilometer umfassende regionale Schienennetz rund um die Grossstadt Toulouse vor dem Hintergrund einer geplanten Angebotsausweitung detaillierter zu überprüfen. Dafür war zunächst der aktuelle Zustand der Fahrbahn, der Fahrleitungen und der Kunstbauten zu er-



Durchschnittsalter der Schienen der RFF im Vergleich mit anderen europäischen Bahnen (Entwicklung 2000-2004)



RFF im Vergleich mit anderen europäischen Bahnen: Anteil Unterhaltsaufwand an den jährlichen Erhaltungskosten

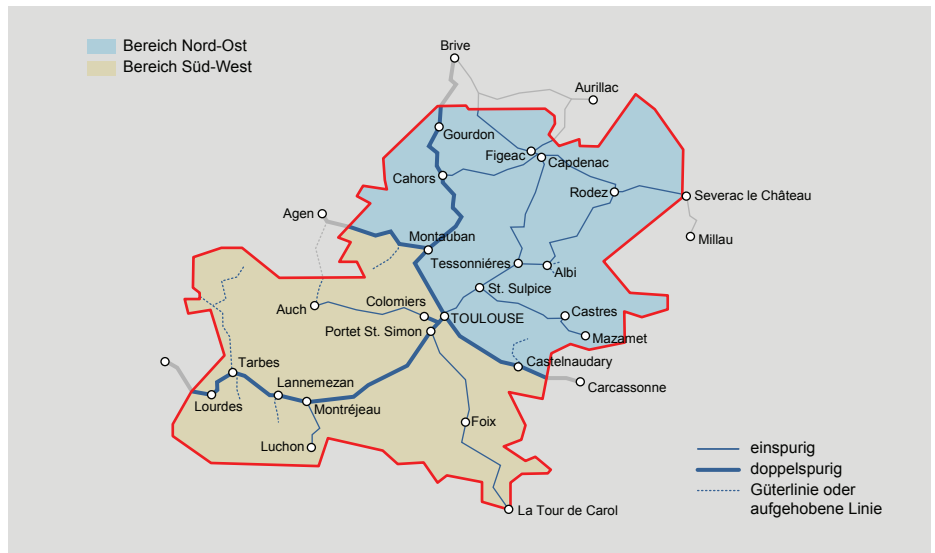
heben und zu beurteilen. Vor allem sollten aber auch Prognosen abgeleitet werden, mit denen die zukünftige Entwicklung des Zustands der Anlagenbestandteile vorhergesagt werden kann. R+R Burger und Partner war im Rahmen dieser Studie mit den Untersuchungen und Prognosen der Fahrbahn betret.

Dafür wurde zunächst eine Datenbank mit den verfügbaren Daten über Alter und Zustand von Schotterbett, Schienen und Schwellen sowie der Historie der Belastungswerte (Anzahl Züge, kumulierte Belastungen in Bruttotonnen) angelegt. Darauf baut ein Prognosemodell auf, das den zukünftigen Gleiszustand in den Jahren 2013, 2020 und 2040 in Abhängigkeit der zukünftigen Verkehrsleistung und des für Unterhalts- und Erneuerungsvorhaben verfügbaren Budgets ermittelt. Darin wird das Alterungs- und Verschleissverhalten der Gleisanlagen abgebildet und der Zustand resp. dessen Entwicklung klassifiziert.

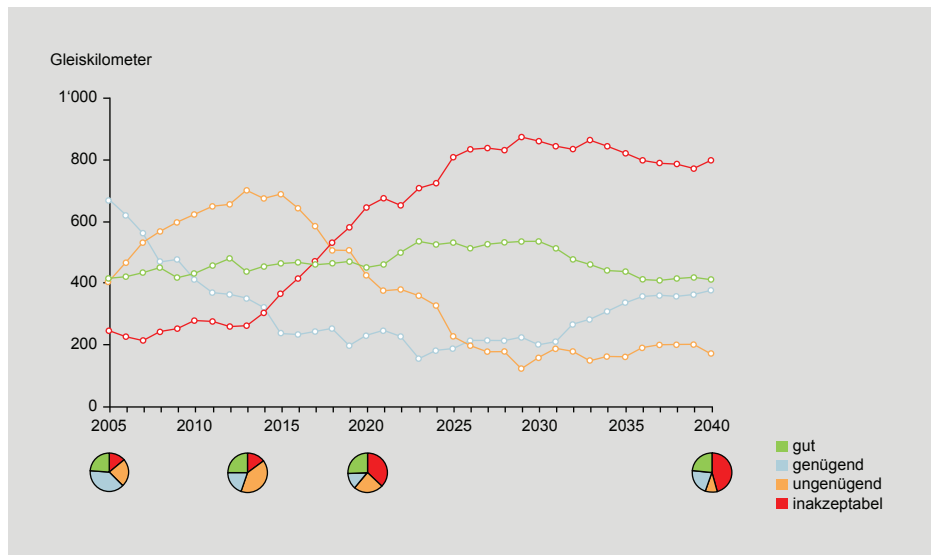
Als zweite wichtige Grundlage wurden die heute angewandten Methoden für Unterhalt und Erneuerung der Anlagen im Detail untersucht und die dafür eingesetzten finanziellen Mittel bestimmt. Zu diesem Zweck wurden die Bauabrechnungen früherer Massnahmen eingehend analysiert, verschiedene Gleisbaustellen besucht und mit den Verantwortlichen vor Ort Interviews zu den bisherigen Erfahrungen und der weiteren Zustandsentwicklung der sanierten Streckenabschnitte geführt.

Aufbauend auf den so ermittelten Grundlagen konnte eine Prognose erstellt werden, wie sich der Zustand der Anlagen bei einer Fortschreibung der heutigen Unterhaltsstrategie mit einem vergleichbaren Mitteleinsatz entwickeln wird. Als Massstab für das zukünftige Verhalten der einzelnen Assets konnten zusätzlich die Erkenntnisse aus der Benchmarkingstudie für das gesamte französische Bahnnetz herangezogen werden.

Es konnte nachgewiesen werden, dass der bisherige Ansatz (Unterhalt und fallweiser Austausch einzelner Schwellen) nicht mehr ausreicht, mittel- bis langfristig noch eine zufriedenstellende Anlagenqualität sicherzustellen.



Streckennetz der Region Midi-Pyrénées



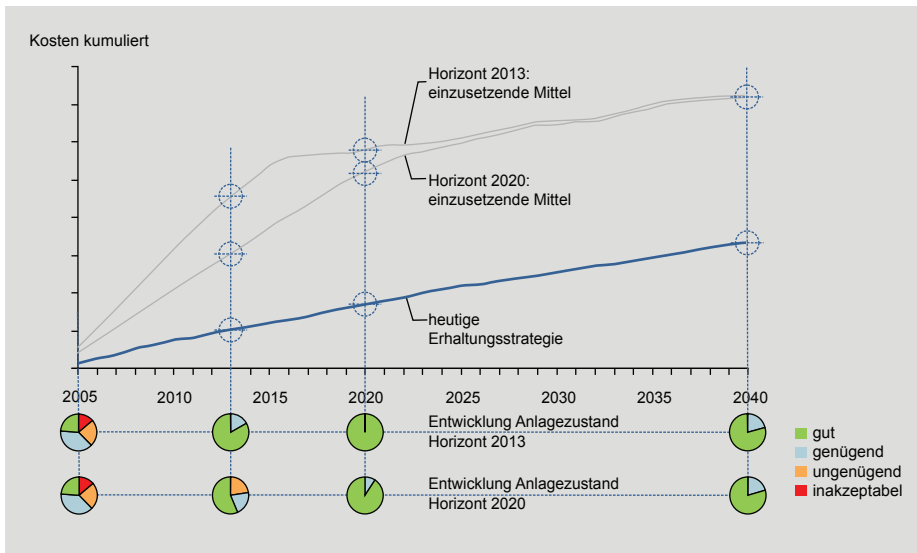
Region Midi-Pyrénées: Zustandsverlauf der Fahrbahn mit der heutigen Erhaltungsstrategie

Mit den zusätzlich vorgesehenen Angebotserweiterungen werden die Belastungswerte insbesondere auf den heute recht schwach bedienten ländlichen Strecken trotz dem geplanten Einsatz von modernem Rollmaterial markant zunehmen, die Abnutzung der Fahrbahn wird zukünftig also deutlich schneller voranschreiten. Zudem stellen der dichtere Betrieb und die angestrebte Optimierung des Fahrplans erhöhte Anforderungen an die Qualität der Fahrbahn und die Zuverlässigkeit der Anlagen.

In einem zweiten Schritt wurden daher alternative Unterhaltsstrategien entwickelt, die sicherstellen sollen, dass das Bahnnetz auch auf lange Frist den zukünftigen Anforderungen gerecht wird. Auch hier dienten die Er-

kenntnisse aus dem nationalen Audit als Grundlage. Insbesondere der Vergleich mit den Strategien der Partnerbahnen der Benchmarkingstudie zeigte auf, in welche Richtungen die Entwicklung gehen könnte und mit welchen finanziellen Folgen zu rechnen wäre.

Als zusätzliche Herausforderung stellte sich der Umstand heraus, dass sich die Infrastruktur bereits heute in einem teilweise desolaten Zustand befindet. Eine zukünftige Unterhaltsstrategie konzentriert sich in erster Linie darauf, einen aktuellen Zustand mit einem minimalen Mitteleinsatz langfristig zu erhalten, so dass im vorliegenden Fall zusätzlich aufgezeigt werden musste, wie ein befriedigender Ausgangszustand erreicht werden soll.



Region Midi-Pyrénées: Entwicklung der Investitionen und des Anlagezustandes im Vergleich der alternativen Erneuerungsstrategien

Fazit der Expertise

Die Ergebnisse der Untersuchungen führten zur Empfehlung, im Rahmen eines initialen Investitionsprogrammes durch einen umfassenden Ersatz von Schienen und Schwellen den Anlagenzustand deutlich zu verbessern und so den Grundstein für eine langfristige Erhaltung des Bahnnetzes zu legen. Ausgehend vom so erreichten befriedigenden Gesamtzustand können die Qualität und die Zuverlässigkeit der Anlagen mit einem deutlich reduzierten Unterhaltsaufwand auch auf lange Sicht aufrecht erhalten werden.

Schwerpunkt

Unterhaltskosten

Das klassische Benchmarking untersucht Herstellungsprozesse, Managementpraktiken sowie Produkte oder Dienstleistungen zur Ermittlung von Good Practice. Dabei geht es am Ende immer ums Geld. Warum also nicht lernen von den anderen und mögliche Verbesserungspotenziale ausschöpfen. Auch die Unterhalts- und Erneuerungskosten der Schieneninfrastruktur sind nicht einfach gegeben, sondern bergen Optimierungschancen.

Die Schieneninfrastruktur ist nicht nur teuer in der Erstellung, sondern auch aufwendig im Unterhalt. Die Art und Strategie des Erhaltungsmanagements beeinflusst die Lebensdauer der Bahninfrastrukturelemente wesentlich. Wurden in den vergangenen Jahren nicht genügend Unterhaltsarbeiten geleistet, werden in Zukunft früher Ersatzinvestitionen notwendig, da die Lebensdauer nicht voll ausge-

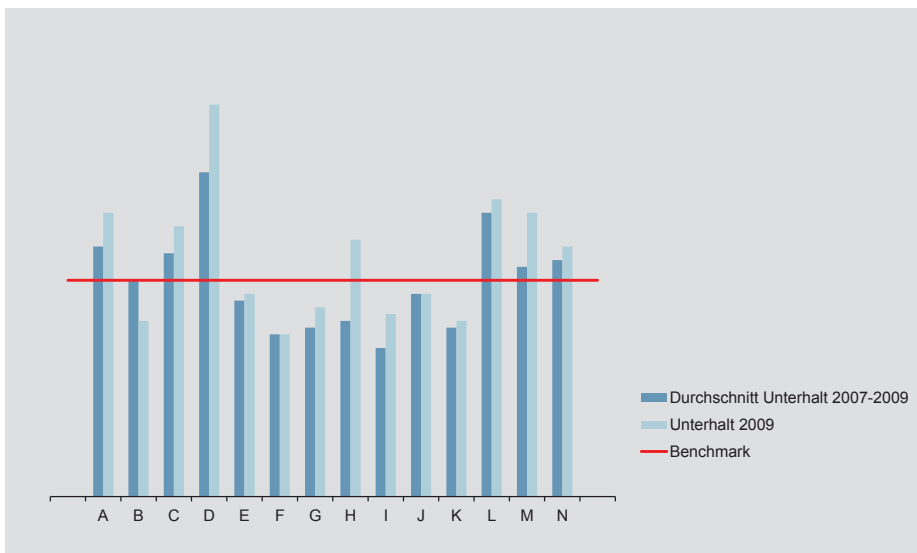
schöpft werden kann (siehe dazu vorangehenden Artikel).

In Zeiten knapper Unterhalts- und Erneuerungsbudgets müssen die Mittel effizient eingesetzt werden. Für die Infrastrukturverantwortlichen bilden deshalb Kostenkennzahlen und vergleichende Analysen zwischen ihren Infrastrukturabschnitten sowie die Identifikation von Kostentreibern und Vergleiche mit anderen Bahnunternehmen eine wichtige Entscheidungsgrundlage für den effizienten Mitteleinsatz. R+R Burger und Partner hat in der Vergangenheit zahlreiche nationale und internationale Benchmarkings zu Unterhaltskosten der Schieneninfrastruktur durchgeführt – teilweise zusammen mit anderen Beratungsunternehmen. Wie unterschiedlich dabei die Kosten beleuchtet werden, zeigen die drei Fallbeispiele in diesem Artikel: unterschiedliche Bereiche der Bahn (wie Fahrbahn, Zug-

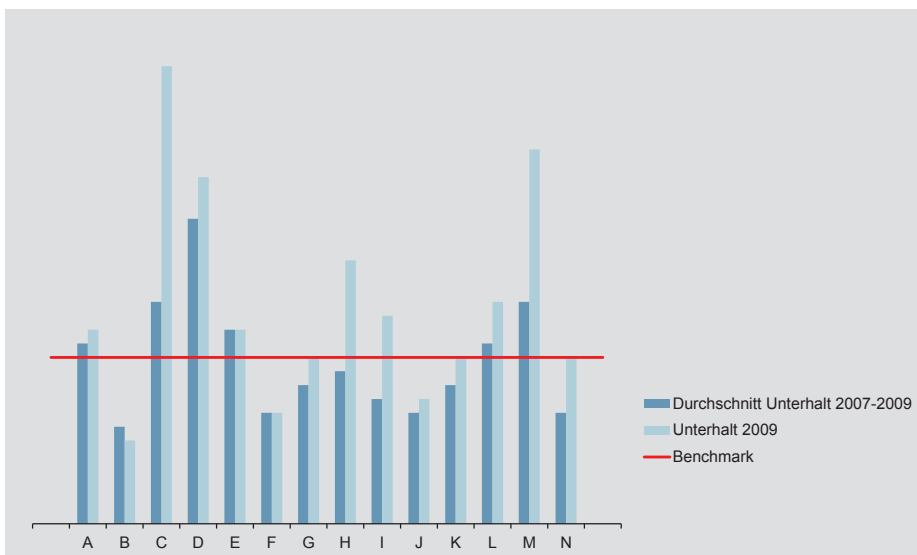
sicherung oder Betrieb), unterschiedliche Detaillierungsgrade (von Streckenabschnitten innerhalb eines Unternehmens bis hin zu Netzen in länderübergreifenden Analysen) sowie unterschiedliche Ziele (Kostenkennzahlen, Standortbestimmung, Erkennen von Verbesserungspotenzialen) haben in den jeweiligen Benchmarkinganalysen zu verschiedenen Modellen und Interpretationen der Ergebnisse geführt.

Benchmarkingmethode

Eine Möglichkeit, Infrastrukturkosten auf unterschiedlichen Streckenabschnitten zu vergleichen und die Unterschiede sichtbar zu machen, ist die Harmonisierung der Daten und die anschließende Darstellung der Differenzen zum errechneten Benchmark. Der Benchmark ist in diesem Fall eine Kenngrösse, die sich auf einen Referenzwert bezieht und keinen realen Messpunkt darstellt. Eine häufig ein-



Fallbeispiel 1: Vergleich der Unterhaltskosten der Fahrbahn



Fallbeispiel 2: Vergleich der Unterhaltskosten Zugsicherung und Signalisation

gesetzte mathematische Analysetechnik ist die lineare Regressionsanalyse. Dabei werden eine oder mehrere unabhängige Variablen mit einer abhängigen Variablen in Verbindung gebracht. Diese Analysetechnik erlaubt nicht nur, Zusammenhänge zu erkennen, sondern auch das Ausmass des Zusammenhangs zwischen den Variablen zu berechnen.

Welche Werte verglichen werden sollen und welche Einflussfaktoren dabei eine Rolle spielen, hängt stark vom Kontext ab. Bei den nachfolgenden Beispielen aus dem Bereich der Eisenbahninfrastruktur werden jeweils Kosten miteinander verglichen. Dabei werden Unterhalts- und Investitionskosten sowie Kosten der Fahrbahn, des Betriebs und der Sicherungsan-

lagen jeweils in Abhängigkeit der lokalen Gegebenheiten der Infrastruktur analysiert. Beispielsweise werden für die Zugsicherung mehr Elemente und aufwendigere Installationen benötigt, je mehr Zugfahrten auf dem betroffenen Streckenabschnitt geplant sind, je länger die Tunnel sind oder/ und je mehr Bahnübergänge vorhanden sind. Unterhaltskosten bei den Gleisanlagen werden beispielsweise umso höher eingeschätzt, je mehr enge Kurven eine Strecke aufweist (höherer Verschleiss). Hohe Ausfallraten bei der Signalisation führen ebenfalls zu höheren Unterhaltsaufwendungen, die nur dann reduziert werden können, wenn die Zuverlässigkeit der Elemente erhöht wird. Dies kann durch gezielte Unterhaltsarbeiten positiv beeinflusst werden.

Dem Benchmark der Unterhalts- und Investitionskosten muss deshalb ein Zustands- oder Zuverlässigkeitskennwert gegenübergestellt werden. Ansonsten werden dürrtig unterhaltene Anlagen im Benchmarking als „gute Unterhaltspraxis“ eingestuft, obwohl die Anlagen im täglichen Betrieb den Anforderungen nicht gerecht werden. Beispiel 3 zeigt solche Unterschiede; in den Beispielen 1 und 2 wird implizit davon ausgegangen, dass der Zustand und die Zuverlässigkeit der Anlagen für alle betrachteten Abschnitte die betrieblichen Anforderungen erfüllen und als gleichwertig angesehen werden können.

Hohe Unterhaltskosten per se deuten nicht auf „schlechte Unterhaltspraxis“ hin. Sie können vielmehr aufzeigen, dass entweder in der Vergangenheit zu wenige Erneuerungen stattgefunden haben oder dass in Zukunft mit weniger Erneuerungen auf diesem Abschnitt gerechnet werden kann. Erst eine Analyse der Kosten über mehrere Jahre hinweg kann Aufschluss über Lebenszykluskosten geben.

Fallbeispiel 1

Zwei Ziele wurden verfolgt: Erstens waren die Kostentreiber des Fahr- bahnunterhalts im firmeninternen Benchmarking zu identifizieren und zweitens Kostenkennwerte zu ermitteln, die als Zielgrösse für zukünftige Unterhaltsausgaben verwendet werden können. In diesem Fallbeispiel wurden somit die Unterhaltskosten in Abhängigkeit von Eigenschaften der Fahrbahn ermittelt.

Es zeigte sich während der Analyse, dass ein wesentlicher Teil der Unterhaltskosten durch eine Unterteilung der Infrastruktur in „Abschnitte mit engen Kurven“ und „übrige Abschnitte“ erklärt werden kann. Die sich durch unterschiedliche Zugzahlen und -lasten ergebenden Differenzen in den Streckenbelastungen wurden als nicht signifikant eingestuft, da mit den „engen Kurvenabschnitten“ bereits ein hinreichendes kostentreibendes Element gefunden wurde, das statistisch signifikant war. Viele und/oder schwere Züge erhöhen vor allem den Verschleiss in den Kurven. Auf den geraden Abschnitten auf solidem, gut unterhaltenem Untergrund ist der Unterschied im Verschleiss wesentlich geringer. Weiter sind Unterführungen

ebenfalls statistisch signifikant, da durch sie ein „Bruch“ im Fahrbahnaufbau entsteht und somit Unterhaltsarbeiten im Bereich von Unterführungen aufwendiger werden. Erstaunlich war, dass diese Abhängigkeit als statistisch signifikant eingestuft werden konnte.

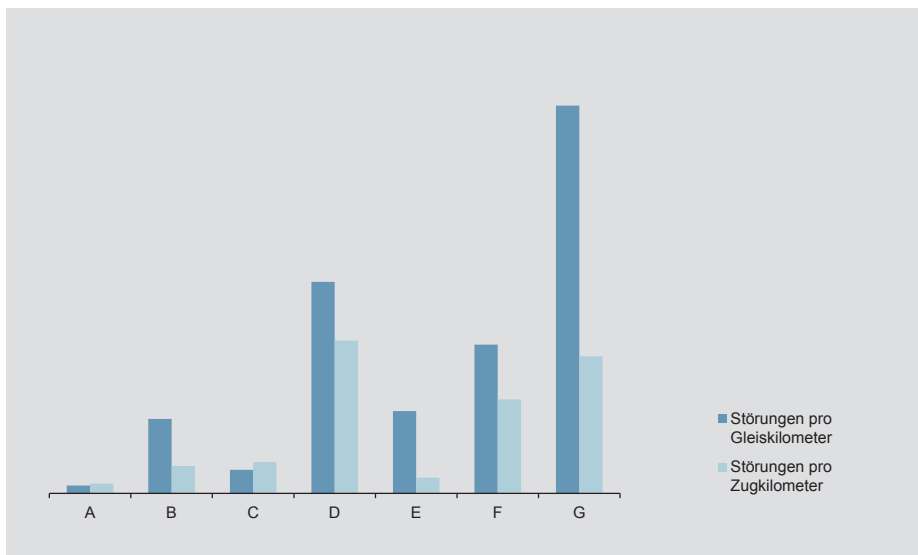
Für die Harmonisierung und Darstellung wurden gerundete Mittelwerte der einzelnen Ausprägungen verwendet. Die Abbildung auf Seite 16 oben zeigt, wie sich die Unterhaltskosten der Fahrbahn in den einzelnen Unterhaltsregionen gemäss dem berechneten Benchmark verhalten. Der Benchmark ist das Resultat der errechneten theoretischen Kosten für die gewählte Harmonisierungsgrösse bezüglich der Streckenlänge, des Streckenanteils mit engen Kurvenradien und der Anzahl Unterführungen.

Fallbeispiel 2

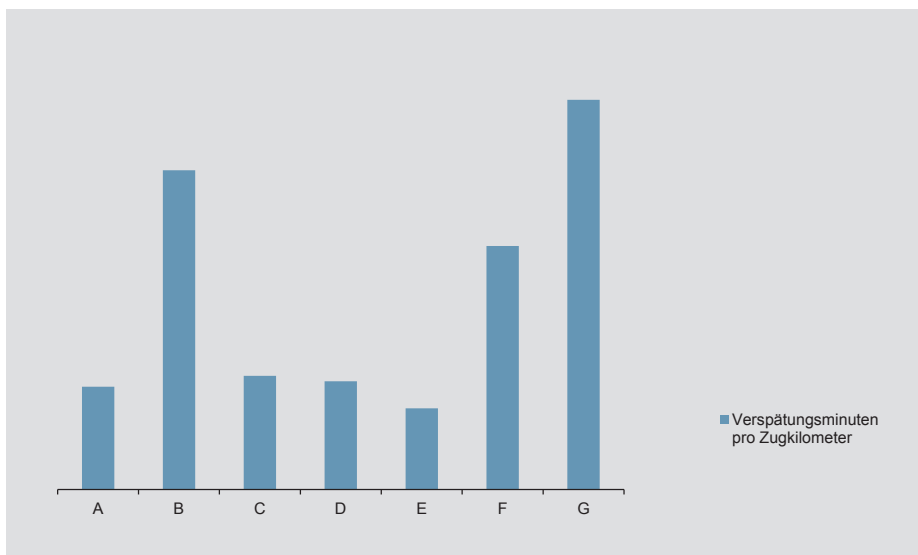
Die Ziele sind ähnlich wie in Beispiel 1, nur dass diesmal nicht die Fahrbahn, sondern die Zugsicherung und Signalisation bezüglich ihrer Unterhaltskosten analysiert wurden. Dabei wurden signifikante Abhängigkeiten zur Anzahl Züge pro Streckenabschnitt (gemessen in Trassenkilometern), zu Tunnellängen und zur Anzahl Bahnübergänge festgestellt. Diese Kostentreiber sind intuitiv naheliegend: Je mehr Züge einen Streckenabschnitt passieren, desto aufwendigere Installationen zur Zugsicherung sind notwendig. Tunnelabschnitte sind immer mit besonders viel Technik ausgerüstet, da zusätzlich zur Zugsicherung auch noch diverse Installationen zur Detektion und Bewältigung von Ereignissen hinzukommen. Schliesslich bedürfen auch Bahnübergänge zusätzlicher Installationen, weshalb es nicht weiter erstaunlich ist, dass deren Anzahl die Kosten eines Abschnittes ebenfalls signifikant beeinflusst. Hier wurden ebenfalls Vergleiche auf Basis harmonisierter Kosten durchgeführt, so dass neben der Identifikation der Kostentreiber auch Kostenkennzahlen abgeleitet werden konnten.

Fallbeispiel 3

Hier wurden nicht einzelne Abschnitte miteinander verglichen, sondern die Unterhaltsarbeiten an den Zugsicherungs- und Signalisationselementen in verschiedenen Bahnnetzen. Bei dieser Analyse erschwerten mehrere Faktoren die Vergleichbarkeit: Kos-



Fallbeispiel 3: Anzahl Störungen pro Gleis- und Zugkilometer



Fallbeispiel 3: Verspätungsminuten pro Zugkilometer aufgrund von Störungen der Zugsicherungsanlagen

ten können nicht ohne weiteres länderübergreifend verglichen werden, da insbesondere die Personalkosten von Land zu Land sehr unterschiedlich sein können. Weiter müssen die speziellen Begebenheiten und innerbetrieblichen Prozesse in den Bahnunternehmen betrachtet werden. Einzelne Unternehmen haben bestimmte Arbeiten ausgelagert, andere nicht. Die Zugsicherungssysteme in den verschiedenen Ländern basieren teilweise auf völlig unterschiedlichen technischen Lösungen und auch die Gesetzgebungen und Bestimmungen weichen voneinander ab. Diese Einflussfaktoren erschweren einen fairen Vergleich und müssen bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Die Kostenangaben können mit Hilfe der Kaufkraftparität vereinheitlicht und vergleichbar gemacht werden. Die Infrastruktur selbst wurde nicht nur hinsichtlich ihres Unterhaltsaufwandes verglichen, sondern auch bezüglich ihrer Zuverlässigkeit (Häufigkeit von Ausfällen von Zugsicherungs- oder Signalisationselementen) und den Folgen von Ereignissen. Diese Folgen wurden an Hand von Verspätungsminuten gemessen – verursacht durch einen Fehler oder Ausfall eines der Zugsicherungs- oder Signalisationselemente.

Datengrundlagen und Aussagekraft

Die Resultate der Analysen und Vergleiche zwischen einzelnen Struktu-

ren, Regionen, Unternehmen oder Ländern hängen von den verfügbaren Datengrundlagen ab. Nur ausführliche und unverfälschte Datengrundlagen ermöglichen zutreffende Analysen und Aussagen im Hinblick auf die definierten Zielsetzungen. Dabei ist es von Vorteil, möglichst mit Rohdaten zu arbeiten, die dann im Laufe der Analysen weiter verdichtet werden können. Es liegt in der Natur des Benchmarkings, dass gewisse Daten zwar abgefragt, während der Bearbeitung aber als nicht relevant identifiziert werden und somit in den Schlussresultaten nicht auftauchen.

Wichtig sind klar formulierte Zielsetzungen wie in den gezeigten Beispielen; erst danach können Daten erhoben werden. Je grösser und komplexer die zu vergleichenden Objekte und Organisationen sind, desto mehr muss darauf geachtet werden, dass der Interpretationsspielraum bei der Datenerhebung möglichst klein ist. Besonders wichtig ist dies bei den Kosten, welche sich beispielsweise in

Personalkosten, Materialkosten und Fremdleistungskosten aufteilen lassen. Versteht zum Beispiel eine Unternehmung unter dem Begriff „Unterhaltskosten“ nur Material- und Fremdleistungskosten, während ein anderes Unternehmen den Begriff umfassender verwendet, so werden die Vergleiche verzerrt.

Bei physikalischen Einheiten ist die Gefahr geringer, es ist aber nicht ausgeschlossen, dass auch hier Begriffe mit unterschiedlichen Inhalten gefüllt werden. Vor allem bei internationalen Studien muss darauf geachtet werden, dass Begriffe wie „Verspätung“, „Ausfall“ oder „Fehler“ gleich definiert und gemessen werden.

Verkehrsdaten (Anzahl Fahrplanzüge, Trassenkilometer und Bruttotonnenkilometer) sind in der Regel immer erhältlich und werden überall gleich gemessen. Im Zusammenhang mit den Fahrleistungen sollten diesbezüglich die geringsten Erhebungsprobleme auftreten.

Fazit

Die beschriebenen Benchmarkings zeigen in der Regel Momentaufnahmen; in gewissen Fällen enthalten sie bereits einen Vergleich über wenige Jahre hinweg. Im Zuge von Erfolgskontrollen sollten Benchmarkings deshalb regelmässig durchgeführt werden, damit auch zeitliche Entwicklungen verfolgt werden können. Die Studien haben aufgezeigt, wo und teilweise auch weshalb Unterschiede in den Kosten entstehen. Diese Unterschiede sind Anhaltspunkte für zukünftige Verbesserungen, die sich die beteiligten Unternehmen als Ziele setzen können. Die Benchmarks können zudem eingesetzt werden, um in frühen Projekt- und Budgetphasen erste Vorstellungen über den Umfang der zu erwartenden Kosten zu entwickeln. Ebenfalls können so Grössenordnungen für den zukünftigen mittelfristigen Unterhaltsmittelbedarf sehr einfach abgeschätzt werden und bereits frühzeitig entsprechende Eingaben in die Planung der Unterhalts- und Erneuerungsarbeiten einfließen.

IPA – Infrastructure Performance Analysis

Ungefähr ein Drittel der gesamten Eisenbahntransportkosten ist durch die Infrastruktur bedingt. Gleichzeitig ist eine funktionsfähige und verfügbare Infrastruktur für den kommerziellen Erfolg eines Eisenbahntransportunternehmens bestimmend.

Infrastructure Performance Analysis oder IPA war eine im Auftrag von sechs westeuropäischen Eisenbahninfrastrukturbetreibern im Jahr 2003 durchgeführte Benchmarkingstudie. R+R Burger und Partner hat zusammen mit BSL Management Consultants untersucht, wie sich Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Infrastrukturanlage auf den Betrieb auswirken und mit welchen Kostenfolgen Betriebsunterbrüche und Verspätungen im Eisenbahnverkehr verbunden sind. Gesucht waren insbesondere Best-Practice-Methoden, die den Teilnehmern bei der Optimierung der

Leistungsfähigkeit ihrer Eisenbahninfrastruktur helfen sollten. Regelmässiger Unterhalt der Anlagekomponenten sollte sich in einer hohen Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit niederschlagen. Bei ausschliesslichem Fokus auf die Optimierung der Lebenszykluskosten wird allenfalls übersehen, dass die Leistungsfähigkeit mit fortschreitendem Qualitätsverlust der Anlage abnimmt.

Leistungsmerkmale der Eisenbahninfrastruktur

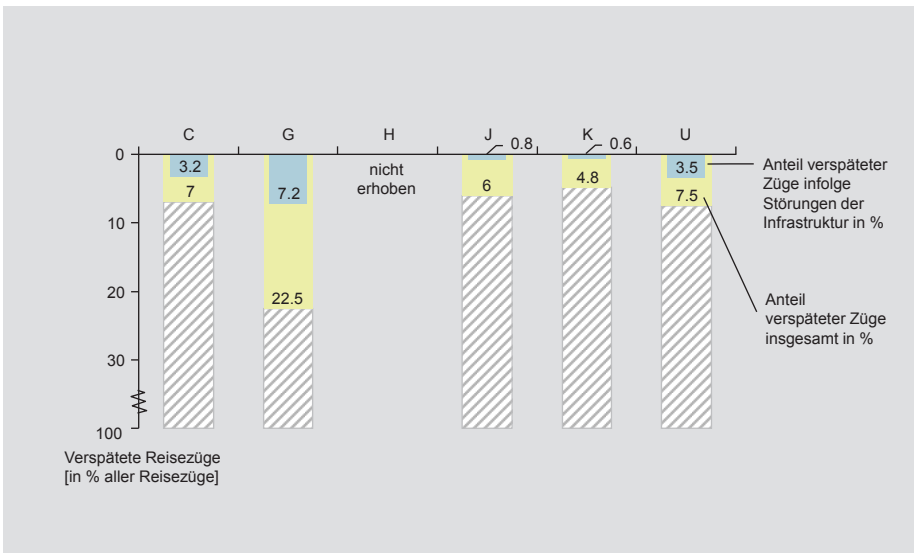
Die Eisenbahninfrastruktur soll den Bahnbetreibern die ungestörte Umsetzung der Fahrpläne ermöglichen. Der Bahnbetrieb erleidet Störungen, wenn Komponenten der Infrastruktur ihre Funktion nicht mehr erfüllen können: eine Weiche friert fest, weil die Weichenheizung ausgefallen ist; eine Einfahrt in den Bahnhof kann nicht freigegeben werden, weil die Energieversorgung zu einem Signal unter-

brochen ist. Mit Unterhalt und periodischem Ersatz von Infrastrukturkomponenten wird eine tiefere Ausfallwahrscheinlichkeit angestrebt.

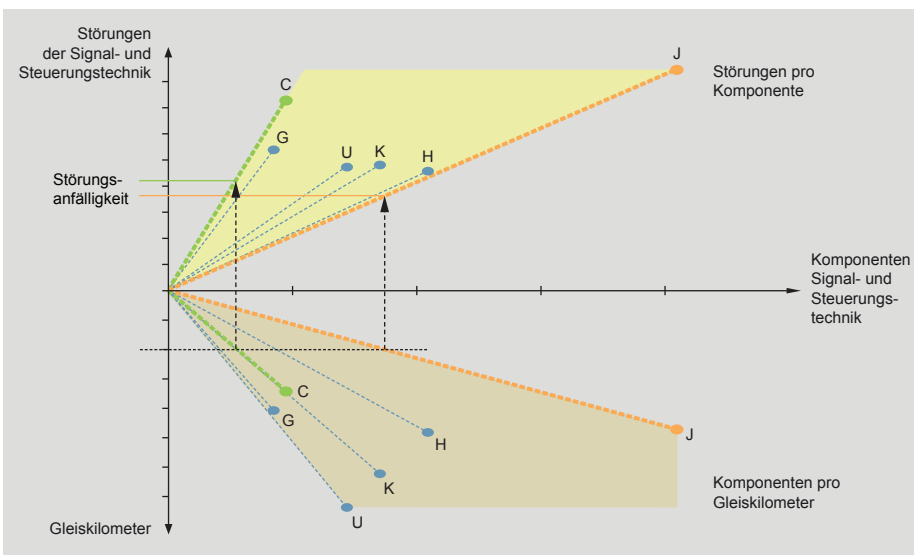
Für die Beschreibung der Leistungsfähigkeit der Infrastrukturanlagen wurden in der Studie die Ausfall- und Pünktlichkeitsstatistiken ausgewertet. Aus der Kombination von Informationen zu den Funktionsausfällen und Angaben zu effektiv entstandenen Verspätungen wurden die benötigten Daten abgeleitet.

Datenharmonisierung für Vergleichswerte

Aussagekräftige Vergleiche setzen harmonisierte Daten voraus. Internationale Kostenbenchmarkings erfordern die Berücksichtigung der Wechselkurse sowie der Kaufkraft der Volkswirtschaften, um Preisverzerrungen zwischen den Ländern zu eliminieren. Kosten von Funktionsaus-



Zugverspätungen: Die Studienteilnehmer zeigen unterschiedliche Anteile an Zugverspätungen aufgrund von Störungen der Eisenbahninfrastruktur auf.



Ein Beispiel für die Störungsanfälligkeit des Eisenbahnnetzes: Anzahl Störungen der Signal- und Steuerungstechnik pro Komponente und die Anzahl verbauter Komponenten pro Gleiskilometer sind bestimmend.

fällen wurden in der IPA-Studie alle in Euro umgerechnet. Eine weitere Herausforderung bei der Harmonisierung der verwendeten Statistiken waren die unterschiedlichen Definitionen von Fehler, Ausfall und insbesondere Pünktlichkeit. „Cut-off Time“ bezeichnet die Verspätung in Minuten, ab der ein unpünktlich verkehrender Zug in die Statistik aufgenommen wird. Das Spektrum reichte bei den sechs Teilnehmern der Studie von 2 bis 10 Minuten. Daraus ergaben sich erhebliche Unterschiede in der Erfassung von Verspätungen. Differenzen wiesen die Statistiken zudem bei der Klassierung der Verspätungen nach Ursache auf. Verzerrungen entstehen vor allem,

wie bei Cut-off Time, wenn Verspätungen aufgrund bestimmter Ursachen in der Statistik des einen Studienteilnehmers aufgenommen werden, bei einem andern nicht. Zwei konkrete Beispiele: Ein Eisenbahnunternehmen erfasst separat Folgeverspätungen, die aus dem Abwarten eines verspäteten Zuges resultieren, damit der Anschluss gewährleistet werden kann; ein anderes berücksichtigt nur Primärverspätungen. Oder ein Eisenbahnunternehmen erfasst Verspätungsminuten nicht, wenn die Ursache dafür eine geplante grosse Gleisbaustelle ist. Für den Vergleich zwischen den sechs Studienteilnehmern wurden die Daten aus den Pünktlichkeitsstatisti-

ken nach einheitlichen Cut-off Times und Ursachenklassen gefiltert.

Benchmarks der Funktionsausfälle – Resultate und Erkenntnisse

Ein Resultat fällt auf: Ungefähr ein Drittel aller Zugverspätungen ist auf Fehler und Funktionsausfälle der Eisenbahninfrastruktur zurückzuführen. In Bezug auf die Anzahl der verkehrenden Züge bedeutet dies: zirka 3% der Züge verkehren mit einer durch die Infrastruktur bedingten Verspätung. Die Unterschiede zwischen den Studienteilnehmern sind allerdings beachtlich. Die Anteile variieren zwischen 0.6% und 7.2%.

Die meisten infrastrukturbedingten Verspätungen sind durch Ausfälle und Störungen der Signal- und Steuerungstechnik verursacht. Aus der Analyse geht hervor, dass Störungen vor allem in den Stellwerken und bei der Gleisfreimeldung auftreten. An zweiter Stelle stehen Weichenstörungen und an dritter Stelle verspätete Streckenfreigabe nach Bauarbeiten sowie die Energieversorgung.

„Size matters“: Das Verspätungsrisiko nimmt zu, je mehr Komponenten verbaut sind, deren Ausfall zu Behinderungen des Bahnbetriebes führen. Infrastrukturkomponenten zeichnen sich durch typische mittlere Ausfallraten in Abhängigkeit des Typs und des Zustands aus. Die Ausfallraten lassen sich lediglich durch den Einsatz neuer Produkte beeinflussen. Eine andere Möglichkeit zur Reduktion von infrastrukturbedingten Zugverspätungen ist die Schaffung einer schlanken Infrastruktur, also eine möglichst geringe Komponentenzahl bei gleichbleibender Betriebs- und Servicequalität.

Ein Vergleich zwischen den beiden Studienteilnehmern C und J zeigt diesen Zusammenhang auf: Infrastrukturbetreiber J zeichnet sich durch die tiefste Ausfallrate von Signal- und Steuerungstechnik aus. Gleichzeitig weist J jedoch auch die höchste Dichte an Komponenten in der Signal- und Steuerungstechnik auf. Bei gleicher Anzahl Gleiskilometer treten bei J ähnlich viele Störungen auf wie bei C. Fazit: Eisenbahn J hat zwar viel zuverlässigere Komponenten im Einsatz als Infrastrukturbetreiber C, ist wegen der grossen Systemdichte aber fast genauso störungsanfällig.

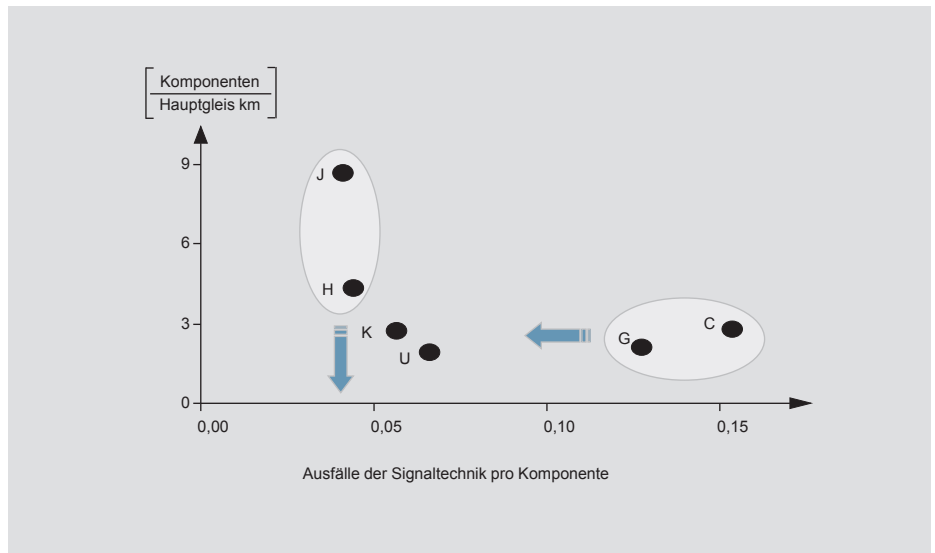
Die Performance der Infrastruktur lässt sich in diesem Bereich nur noch durch eine schlankere Infrastruktur verbessern, soweit unter Einbezug der Sicherheits- und betrieblichen Anforderungen überhaupt Handlungsspielraum besteht.

Diese Überlegungen zu grundsätzlichen Handlungsalternativen zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit lassen sich im Vergleich von Komponentendichte und Ausfallrate zwischen den Studienteilnehmern sehr plakativ zeigen (siehe nebenstehende Abbildung): Studienteilnehmer C und G sind gut beraten, wenn sie die Ausfallraten ihrer Komponenten senken können, Studienteilnehmer J und H können andererseits die Leistungsfähigkeit nur noch durch eine Reduktion der Komponentendichte verbessern.

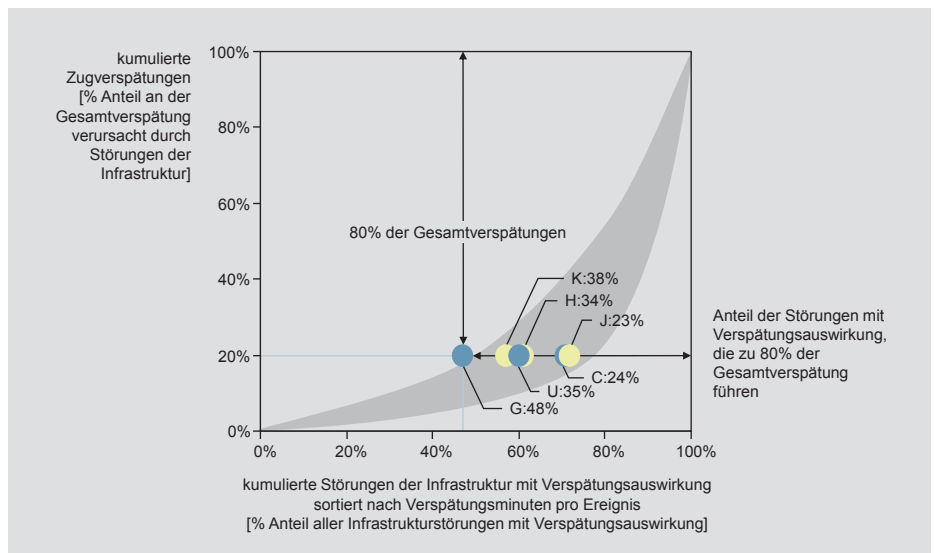
Drei der sechs Studienteilnehmer setzen eine temporäre Reduktion der signalisierten Geschwindigkeit ein, wenn der Zustand von Infrastrukturkomponenten unter festgelegte kritische Werte fällt. Die Belastung mechanisch beanspruchter Anlageteile und das Schadenausmass im Versagensfall können damit reduziert werden. Temporär reduzierte Geschwindigkeiten erlauben das Einhalten von Sicherheitsanforderungen, produzieren jedoch jede Menge Verspätungsminuten.

Aus Managementsicht interessiert neben der technischen Verfügbarkeit der Infrastrukturkomponenten die Art der Ereignisse, die zur Summe der Verspätungsminuten führen. Sind es viele kleine Ausfälle mit nur wenigen betroffenen Zügen oder bestimmen wenige Grossanlässe mit vielen verspäteten Zügen die Pünktlichkeitsstatistik? Im ersten Fall dürfte eine systematische Verbesserung der Infrastrukturqualität angezeigt sein. Im zweiten Fall sind Lösungen für gesamte Infrastrukturuntergruppen zu suchen und zum Beispiel Ausfälle durch den Aufbau von Redundanzen abzufangen.

Die vorhandenen Daten wurden anhand von Lorenzkurven analysiert: 23% der Funktionsausfälle mit Auswirkungen auf die Züge sind bei Studienteilnehmer J für 80% der kumulierten Verspätungszeit verantwortlich, bei G sind es fast die Hälfte (48%). J war im Untersuchungszeitraum von einigen



Handlungsmöglichkeiten: Studienteilnehmer C und G benötigen zuverlässiger arbeitende Komponenten, J und H können die Leistungsfähigkeit vor allem durch eine Reduktion der Komponentendichte steigern.



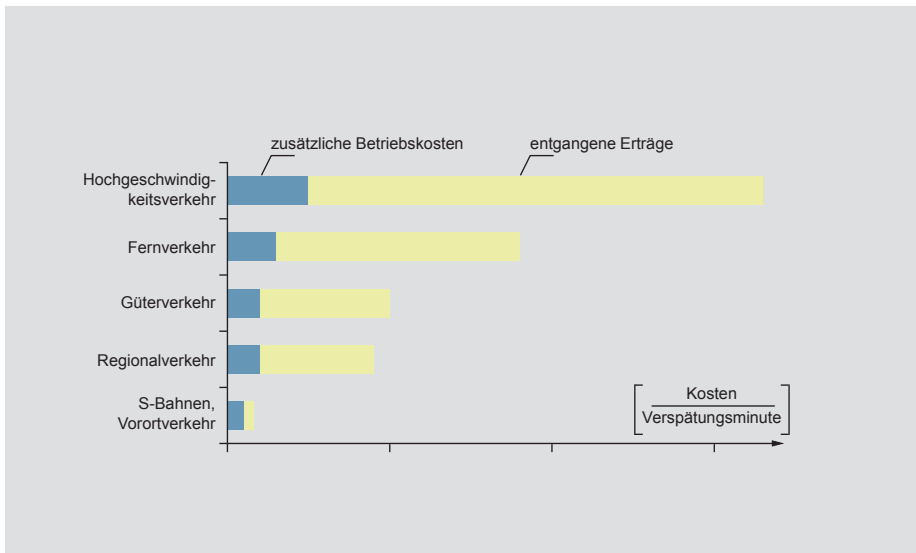
Der Anteil der Funktionsausfälle mit Auswirkungen auf die Züge, welche für 80% der kumulierten Verspätungen verantwortlich sind, variiert von 23% bis 48%.

wenigen grossflächigen Ausfällen in der Energieversorgung und einigen Stellwerkstörungen in grossen Bahnhöfen betroffen. Ausfälle von Subsystemen der Infrastruktur mit grosser Wirkung in der Fläche zeichnen sich häufig durch die Verkettung von mehreren Ereignissen aus und erfordern als Massnahme weniger den Ersatz von einzelnen Infrastrukturkomponenten als vielmehr Prozessanpassungen oder – wie bereits weiter oben ausgeführt – die Schaffung zusätzlicher Redundanzen. J zeichnet sich durch eine dicht genutzte Infrastruktur aus, mit einem komplexen Fahrplan. Mit zunehmender Nutzung der Infrastruktur in Form von häufiger und allenfalls auch

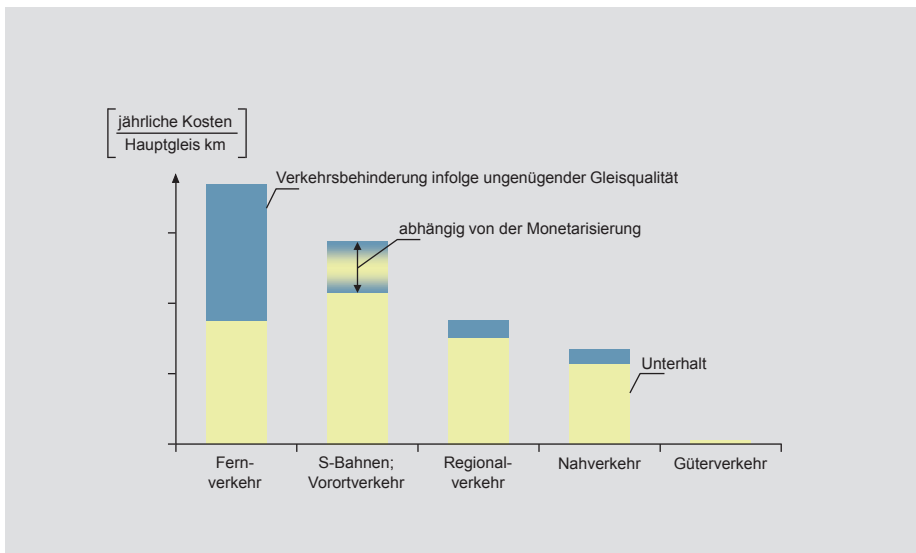
schneller verkehrenden Zügen nimmt die Summe der Verspätungsminuten nach allgemeinem Verständnis überdurchschnittlich stark zu. G sollte sich dagegen um zuverlässiger arbeitende Infrastrukturkomponenten bemühen.

Ökonomie

Funktionsstörungen und -ausfälle von Infrastrukturkomponenten führen zu Kosten beim Käufer von Transportleistungen sowie bei den Eisenbahntransportunternehmen und beim Infrastrukturbetreiber. Käufer von Transportleistungen verfügen nicht zur rechten Zeit über bestellte Transportgüter und können damit ihre Produktionsanlagen nicht auslasten. Mitarbeiter tref-



Geschätzte Kosten für Verkehrsbehinderung am Beispiel einer europäischen Eisenbahn.



Kosten für Unterhalt und Verkehrsbehinderung aufgrund temporärer Reduktion der Geschwindigkeit am Beispiel einer europäischen Eisenbahn.

fen verspätet am Arbeitsplatz ein und können nur eine reduzierte Tagesleistung erbringen. Eisenbahntransportunternehmen müssen zusätzliches Kapital in Rollmaterialreserven binden, da die geplanten Wagenumläufe nicht eingehalten werden. Disponenten müssen zusätzliche Arbeit leisten, um die Rückführung von verspätetem Material zu planen und Infrastrukturbetreiber können Fahrtrassen nicht verkaufen, weil diese durch verspätete Züge belegt sind oder Fahrplanreserven erforderlich sind, damit die Fahrplanstabilität gewährleistet werden kann.

Diese Aufzählung zeigt, dass die Leistungsfähigkeit der Infrastruktur die Transportkosten stark mitbestimmt.

Kommt hinzu, dass die Kundenzufriedenheit vor allem von der Pünktlichkeit abhängt. Mit einem Anteil von einem Drittel an den Zugverspätungen ist der Eisenbahn-Infrastrukturbetreiber massgeblich an einer positiven Kundenwahrnehmung beteiligt.

Die meisten Infrastrukturbetreiber setzen aus diesem Grund ein monetäres Penalty-System bei Zugverspätungen ein. Grundlage für die Festlegung der Penalties sind bei allen sechs Studienteilnehmern die Pünktlichkeitsstatistiken. Die konkreten Berechnungsmethoden zur Festsetzung der Penalties unterscheiden sich allerdings erheblich. So kommen sowohl Festpreise pro Zug zum Einsatz wie auch Preise in Abhängigkeit der Verspä-

tungsminuten, abgestuft in Zugkategorien des Personen- und Güterverkehrs oder spezielle Penalties für ausserplanmässiges Halten.

Ansätze für eine Monetarisierung der Infrastrukturleistungsfähigkeit sind gemäss nebenstehenden Beispielen vorhanden.

Die Notwendigkeit von mehr Kostentransparenz wird augenfällig, wenn wir uns vergegenwärtigen, dass die Kostenfolge von eingeschränkter Leistungsfähigkeit in der gleichen Gröszenordnung ausfallen kann wie die jährlichen Unterhaltskosten der Infrastruktur.

Ausblick

Weitere Untersuchungen zur Monetarisierung von Leistungsausfällen respektive der Leistungsfähigkeit der Infrastruktur sind angezeigt. Die IPA-Studie war eine Momentaufnahme. Mit der Berücksichtigung von Zeitreihen sind weitere Aussagen möglich, die insbesondere für das Management der Eisenbahnbetreiber von Interesse sind: Welche ökonomischen Vorteile lassen sich mit dem Einsatz von schlanker Infrastruktur erzielen, wie weit lohnt sich der Einsatz von vergleichsweise teuren Komponenten mit einer hohen Qualität oder wie weit lässt sich die Leistungsfähigkeit über die Jahre durch eine proaktive Instandhaltungsstrategie unter Berücksichtigung der Kosten verbessern?

Effizienz eingesetzter Mittel

Könnte ich für die gleiche Leistung weniger bezahlen oder für das gleiche Budget mehr Leistung erzielen? Diese Frage lässt sich insbesondere für Eisenbahninfrastrukturbetreiber nicht abschließend beantworten. Sie kennen Sachzwänge wie beispielsweise Fahrpläne, die – theoretisch mögliche – Effizienzsteigerungen nicht zulassen. Trotzdem lohnt es sich immer, Kosten und Leistungen genau unter die Lupe zu nehmen.

Der Leistungs- und Kostenvergleich zwischen einzelnen Gruppen kann mitunter sehr komplex sein, wenn es um die Frage geht, welche Gruppe ihre Mittel am effizientesten einsetzt. Es müssen – um keine Gruppe zu bevorzugen – von mehreren Kriterien abhängige Parameter gleichzeitig untersucht und miteinander verglichen werden. Eine objektive Beurteilung und Ermittlung von Good Practice erfor-

dert den Einsatz von Benchmarkingmethoden, die diesen Umständen Rechnung tragen und Hinweise zur Effizienzsteigerung geben können.

Nachdem im ersten Schritt durch die Analyse effiziente und weniger effiziente Gruppen ermittelt und verglichen worden sind, werden in einem zweiten Schritt Potenziale zur Effizienzsteigerung gesucht. Dabei können sich weniger effiziente Gruppen an effizienten orientieren und realistische Ziele zur Effizienzsteigerung formulieren. Deshalb ist es wichtig, nicht nur die effizienten Gruppen zu ermitteln, sondern auch Gründe dafür, weshalb sie besser als andere Gruppen abschneiden.

Benchmarkingmethode

Data Envelopment Analysis (DEA) ist eine Benchmarkingmethode, die für die untersuchten Gruppen (Firmen, Regionen, Arbeitsschichten etc.) gleichzeitig mehrere In- und Outputs

miteinander vergleicht. DEA ist eine Analysemethode, mit deren Hilfe sich Best Practice ermitteln lässt und Underperformern ihre Verbesserungspotenziale aufgezeigt werden. Dabei werden verschiedene Inputs bzw. Ressourcen mit unterschiedlichen Outputs bzw. Produkten oder Leistungen in Verbindung gesetzt und eine (möglicherweise mehrdimensionale) „Best Practice Frontier“ ermittelt. Diese Effizienzgrenze wird aus der untersuchten Gesamtheit der Gruppen berechnet; werden neue Gruppen in die Untersuchung integriert, so kann sich diese „Frontier“ entsprechend verändern. Die Berechnung basiert auf dem Lösen mehrerer linearer Programme und kann mittels Excel-Anwendungen oder speziellen DEA-Tools erfolgen. Nebst dem primären Ergebnis eines Effizienzmasses werden für jede Gruppierung als sekundäre Ergebnisse aus den Berechnungen Ineffizienzangaben ermittelt. Aus diesen Anga-

ben lässt sich dann das Verbesserungspotenzial der einzelnen Gruppen ableiten.

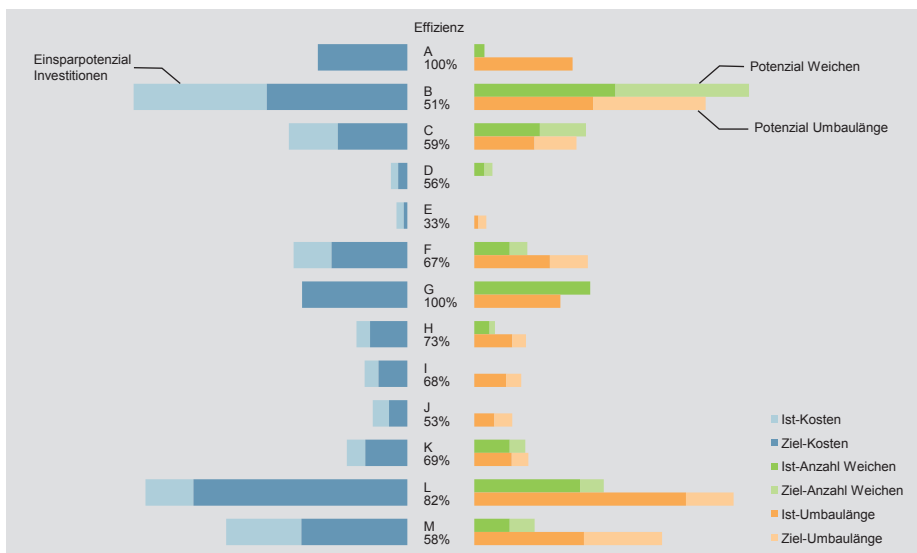
Wo mehrere In- und Outputs gleichzeitig analysiert werden, sind auch die Resultate entsprechend zu differenzieren: Schneidet eine Gruppe bezüglich eines Outputs schlecht ab, heisst das noch nicht, dass sie insgesamt schlecht ist, denn sie kann bezüglich eines anderen Outputs sehr gut abschneiden. Mit der DEA-Methode können die einzelnen Verbesserungspotenziale angegeben werden. DEA bietet zudem die Möglichkeit, auch nicht-monetäre Aspekte miteinander in Beziehung zu bringen.

Das zentrale Element bei einer DEA-Untersuchung ist denn auch die Wahl

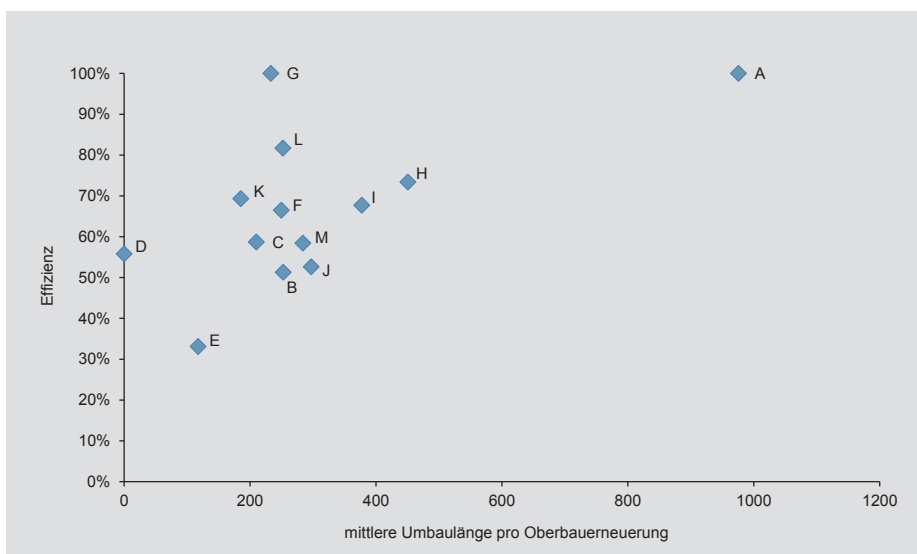
der Inputs und Outputs. Um treffende Aussagen machen zu können, muss aus statistischen Gründen die Anzahl untersuchter Inputs und Outputs auf die Anzahl untersuchter Gruppen abgestimmt sein: es dürfen bei wenigen Gruppen nicht zu viele Faktoren verwendet werden. Inputs sind dabei oft Ressourcen wie zum Beispiel Geld, das für Unterhalt von Infrastrukturen eingesetzt wird oder Material- bzw. Zeitaufwand, um eine bestimmte Arbeit zu erledigen. Outputs sind Leistungen oder Produkte, die in der Regel als quantitative Messgrössen vorliegen. Beispielsweise können umgebaute Gleiskilometer als Output für Unterhaltsarbeiten angesehen werden oder die Anzahl abgefertigter Züge als Output der Stellwerksmitarbeitenden. Die zugrundeliegende Frage-

stellung ist besonders wichtig und bei der Wahl der In- und Outputs zu berücksichtigen.

Infrastrukturunterhalt bei der Bahn
R+R Burger und Partner untersuchte zusammen mit Stalder Consulting die Effizienz eingesetzter Mittel in verschiedenen Unterhaltsabschnitten von Bahninfrastrukturanlagen. Rund ein Dutzend Abschnitte wurden betrachtet, wobei als Outputgrössen die Länge aller Oberbauerneuerungen und die Anzahl ersetzter Weichen gewählt wurden. Die einzige Inputgrösse war das dafür notwendige Geld. Folgende zwei Fragen standen im Vordergrund: Auf welchen Unterhaltsabschnitten wurde das Geld effizient eingesetzt, d.h. die meisten Weichen ersetzt und die meisten Gleiskilometer umgebaut? Wie setzen die Unterhaltsabschnitte mit hohen Effizienzkennzahlen, verglichen mit den weniger effizienten Abschnitten, ihr zur Verfügung stehendes Geld ein? Mittels einer DEA konnten diese Fragen beantwortet werden.



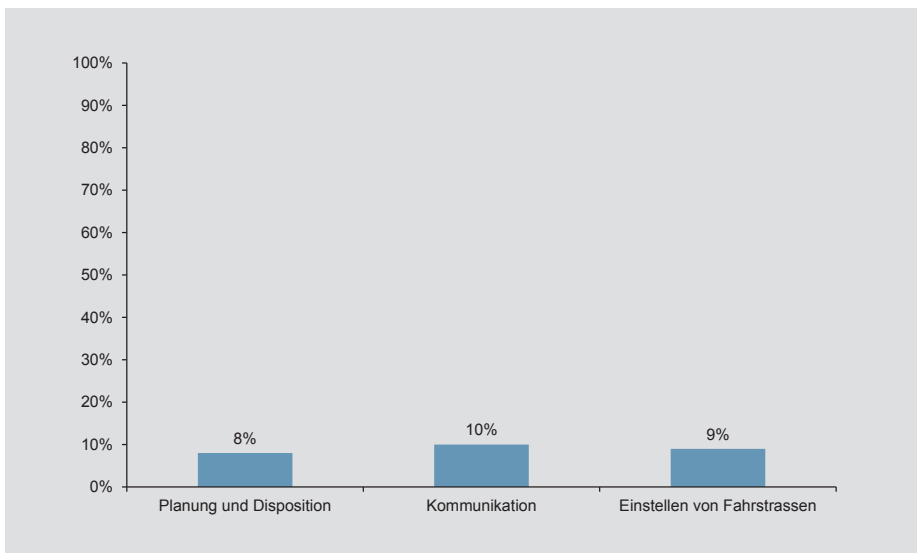
Effizienz eingesetzter Mittel



Zusammenhang Oberbauerneuerung und Effizienz

In der ersten Abbildung sind die Abschnitte und ihre Effizienz aufgeführt. Zusätzlich zeigt der hellblaue Balken an, um wie viel die Kosten hätten reduziert werden können, wenn die Oberbauerneuerungen und Weichenumbauten auf dem betreffenden Abschnitt ähnlich effizient durchgeführt worden wären wie bei den effizientesten. Alternativ hätte man mit den zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln auch mehr Oberbauerneuerungen oder/und Weichenumbauten realisieren können. Die hellbraunen bzw. hellgrünen Balken zeigen für jeden Abschnitt dieses Potenzial auf. Diese Betrachtungsweise ist zwar hypothetisch, da im Infrastrukturunterhalt davon ausgegangen wird, dass nur notwendige Erhaltungsmassnahmen durchgeführt werden. Allerdings könnte – bei festem Budget – das Geld verwendet werden, um allfällige Rückstände im Unterhalt aufzuholen.

Mit Hilfe der Resultate ist es möglich, jeden Abschnitt einzeln zu analysieren und schliesslich individuelle Zielvorgaben zu formulieren. Was sind die Gründe dafür, dass die effizienten Abschnitte A und G so gut abschneiden? Betrachtet man zusätzlich zur reinen Längenangabe der Oberbauerneuerungen auch, in wie vielen Projekten



Potenzial zur Arbeitszeitreduktion pro Arbeitskategorie

terlast beispielsweise administrative Aufgaben ihrer Kollegen übernehmen. Neben solchen Arbeitsumverteilungen sind auch andere Prozessanpassungen wie Anpassung der Schichtdauer, Verteilung der Zuständigkeiten oder auch Outsourcing der Disposition möglich. Oft ist es nicht eine Massnahme allein, sondern mehrere miteinander, die insgesamt zu einer Steigerung der Produktivität und Effizienz führen. Dies lässt sich durch weitere Benchmarking-Untersuchungen nachweisen, die anstatt einer Momentaufnahme eine Zeitreihe analysieren.

Fazit

DEA als Methode zur Bewertung von Effizienz ist sehr gut geeignet, um Quellen von Effizienz und Ineffizienz

aufzuzeigen. Die Analyse-Resultate ermöglichen einem Manager konkrete Ziele zur Effizienzsteigerung zu formulieren und interne Prozesse anschliessend genauer unter die Lupe zu nehmen.

Die firmeninterne Umsetzung und Stossrichtung zur Effizienzsteigerung hängt aber nicht allein von In- und Outputs ab. Diese unterliegen Sachzwängen, auf die ein Manager wenig Einfluss hat. Die Stellwerkskonfiguration bzw. Eisenbahnanlage lässt keine beliebige Fahrstrassenkonfigurationen oder Baustellenlänge zu – nicht zuletzt auf Grund von Fahrplänen. Der Fahrplan ist ein Produkt der Nachfrage und kann nicht ausgebaut oder verkleinert werden. Streckenabschnitte können für Umbauarbeiten auch

nicht beliebig gesperrt werden und Arbeitszeiten sind gewissen Regelungen unterstellt, so dass der Schichtbetrieb nicht beliebig angepasst werden kann. Weiter können Gesetze und Regeln dafür sorgen, dass z.B. Arbeitsplätze in Stellwerken besetzt sein müssen, damit im Ereignisfall sofort genügend personelle Kapazitäten zur Verfügung stehen. Läuft alles planmässig, so wird diese Unterlast ausdrücklich in Kauf genommen.

Die beschriebenen Analysen sind Momentaufnahmen, die keinen Rückschluss auf die Effizienz/Ineffizienz über eine bestimmte Zeitspanne erlauben. Und sie sind auf bestimmte Faktoren (festgelegte In- und Outputs) fokussiert. Es ist deshalb bei Benchmarkinganalysen wichtig, die Resultate in einen zeitlichen und örtlichen Kontext zu stellen und für eine definitive Beurteilung auch Faktoren zu berücksichtigen, die in der Analyse vernachlässigt worden sind. Wenn immer möglich sollten solche Analysen über längere Perioden durchgeführt werden, damit auch die Produktivitätsentwicklung beurteilt werden kann.

Know-how bei R+R

R+R steht für Rail and Road: Schiene und Strasse. R+R berät Investoren, Bauherren und Manager bei allen Arten baulicher Anlagen, vor allem im Verkehr. Benchmarking ist ein Aspekt davon.

R+R Projekte mit Schwerpunkt Benchmarking:

- Kennzahlen für Richtkostenschätzungen (SBB), 1992-1994
- Infracost – The Cost of Railway Infrastructure (Union Internationale des Chemins de Fer), 1995-2002
- Benchmarking Projekte (SBB), 1996-1997
- Project cost comparison NS-NSB-SBB (NS Railinfrabeheer), 1997-1998
- DASH/Kildare Benchmarking (Irish-rail), 2001
- OMC Operation Management Cost Benchmarking for Railway Networks (UIC), 2001-2002
- AMTRAK Infrastructure Cost Analysis (AMTRAK), 2001-2002
- LICB – Lasting Infrastructure Cost Benchmarking (UIC), 2002-2004
- CENOS – Cost Efficiency of Network Operation Systems (UIC), 2002-2003
- IPA – Infrastructure Performance Analysis (versch. europäische Eisenbahnunternehmen), 2003-2004
- Benchmarking Infrastrukturkosten der SBB und ausgewählter konzessionierter Bahnen (Bundesamt für Verkehr), 2003-2004
- IOPA – Infrastructure Operations Performance Analysis (versch. europäische Eisenbahnunternehmen), 2004-2005
- Réseau Ferré de France, Audit Infrastrukturzustand und Substanzerhaltungsbedarf, zusammen mit EPF Lausanne (RFF/SNCF), 2004-2005
- IOPA 2 – Infrastructure Operations Performance Analysis 2 – „Measuring Efficiency“ (verschiedene europäische Eisenbahnunternehmen), 2005-2006
- Benchmarking Infrastruktur (Bundesamt für Verkehr), 2006
- Trends in project costs (Jernbaneverket Norway), 2008
- Comparing the Cost for the Signaling Assets Maintenance, zusammen mit Stalder Consulting (Irish-rail), 2009
- JBV Project Cost Analysis (Jernbaneverket Norway), 2009-2011
- Benchmarking der BLS Strecken, zusammen mit Stalder Consulting (BLS AG), 2010-2011
- Follo Line Investment Cost Benchmarking (Jernbaneverket Norway), 2012