

# Dimensionierung Instandhaltungsressourcen (Gleise, Personal) im Schienenpersonenverkehr



## Herausforderung

### Ausgangssituation

Im Rahmen der Verkehrswende zugunsten der Schiene stand unser Klient, ein europäischer Anbieter von Schienenpersonenverkehren, vor großen Herausforderungen bei der Dimensionierung der Instandhaltung („IH“) seiner Flotte.

Vom Referenzjahr bis zum 5. Jahr der Mittelfristplanung wurde ein Wachstum der Verkehrsmenge um 30% erwartet. Hierzu plante der Klient ein massives Investitionsprogramm in Züge neuer Baureihen. Dieses sollte in täglich 25% mehr einsatzfähige („verfügbare“) Züge für den operativen Betrieb münden.

Parallel zum Wachstum der operativen Flotte avisierte unser Klient zudem eine Steigerung der Fahrzeugqualität durch Senkung der kundenrelevanten Schäden („Fehler“) um durchschnittlich 45% bei der täglichen Erstbereitstellung am Bahnsteig. Zur Bewältigung des Wachstums waren kleinere infrastrukturelle Ausbaumaßnahmen in der Planung vorgesehen – zusätzliche neue Werke kamen auf Grund der langen Vorlaufzeiten nicht in Betracht.

### Projektzielsetzung

OakTree wurde mit der Überprüfung der aktuellen Mittelfristplanung betraut: Konkret sollten wir ermitteln, ob mit den geplanten

Gleis- und Personalressourcen im 3. und 5. Jahr der Mittelfristplanung die jeweiligen Verfügbarkeits- und Qualitätsziele erreichbar wären. Bei einer resultierenden Gleis- oder Personallücke sollte OakTree gemeinsam mit Fachexperten Hebel identifizieren und über Analysen quantifizieren, um möglichst einen Lückenschluss zu erreichen. Diese Hebel sollten später durch die Linienorganisation in zielgerichtete Maßnahmen übersetzt und umgesetzt werden.

## Lösungsvorgehen

Um die quantitativen Zusammenhänge zwischen Verfügbarkeits- und Qualitätszielen und den benötigten Ressourcen – Gleise und Personal – zu verstehen, wurden drei Modelle entwickelt.

- **Fahrzeugqualitätsmodell („FQM“):** Ermittelte die durchschnittliche Fahrzeugqualität und leitete die Anzahl benötigter Instandhaltungsfenster („IH-Slots“) und Fehlerbearbeitung je IH-Slot zur Erreichung der Ziel-Qualität ab.
- **Gleisbedarfsmodell („GBM“):** Ermittelte den Gleisstundenbedarf auf Werkstattgleisen zur Abwicklung aller erforderlichen IH-Slots. Die Erreichung der Verfügbarkeits- und Qualitätsziele setzte eine vollständige Abdeckung des Gleisbedarfs voraus.
- **Personalbedarfsmodell („PBM“):** Berechnete den IH-Personalbedarf unter Berücksichtigung der spezifischen IH-Planung je Flotte und der Erkenntnisse aus GBM und FQM.

Mit den drei Modellen konnten Szenarienberechnungen zur Bewertung von Optimierungshebeln durchgeführt werden. Dabei wurden im Grundsatz drei Szenarien unterschieden:

- **Referenzjahr („RJ“):** Bildete das Referenzjahr mit Ist-Daten ab und war die Grundlage der Modellentwicklung. Es setzte einen Fixpunkt, der aufzeigte, welche Gleis- und Personalkapazitäten zur Erbringung von Ist-Verfügbarkeit und -Qualität benötigt wurden.
- **Basisszenario („BS“):** Prognostizierte das Ergebnis unter Annahme der Fortschreibung des aktuellen IH-Regimes und der Skalierung aller Ressourcen auf die Verkehrsmenge im 3. und 5. Jahr der Mittelfristplanung.
- **Optimiertes Szenario („OS“):** Hier wurden ausgehend vom BS schrittweise Hebeleffekte zur Schließung der Gleis- und Personallücke im 3. und 5. Jahr der Mittelfristplanung integriert.

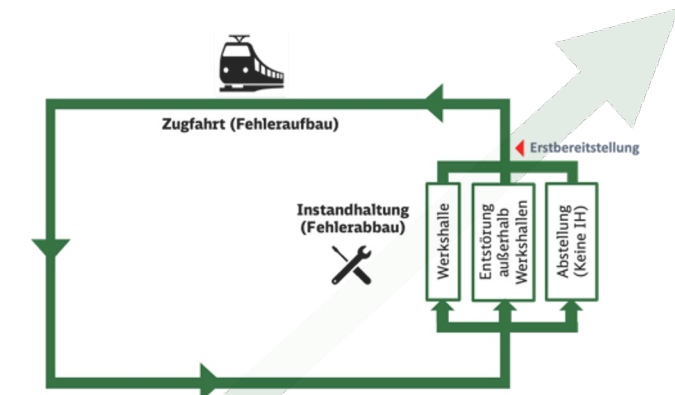
Die Gleis- und Personallücken wurden durch Abgleich des BS bzw. OS mit den jeweiligen Planungswerten aus der Mittelfristplanung ermittelt.

### FAHRZEUGQUALITÄTSMODELL („FQM“)

Das statistische FQM simulierte den täglichen Fehleraufbau jedes Zuges während der Fahrt und den Fehlerabbau während der Instandhaltung. Als Basis hierfür dienten historische, baureihenspezifische Fehlerraten und Zuführungsfrequenzen zu IH-Slots differenzierter Kategorien in den Werken mit jeweils spezifischer Fehlerbearbeitung. Für neue Baureihen wurden Analogien zu technisch ähnlichen Bestandsbaureihen gezogen. Der gemittelte Fehlerbestand über das Jahr entsprach der Fahrzeugqualität.

Mit diesem Modell konnten die Auswirkungen geänderter Parameter – z.B. höherer Fehlerbearbeitung und/oder höherer Zuführungsfrequenzen (mehr IH-Slots) – auf die Qualität in einem OS simuliert werden. Diese führten in der Regel zu höherem Gleis- und/oder Personal-

bedarf bei unveränderter Ressourcenproduktivität.



### GLEISBEDARFSMODELL („GBM“)

Das GBM prognostizierte den Bedarf an Gleisstunden auf Werkstattgleisen pro Baureihe als Produkt aus der Anzahl von IH-Slots und der dazugehörigen Standzeit je Slot-Kategorie. Der Slot-Bedarf wurde über die für das Planjahr erwartete Verkehrsmenge (in Zugkilometern, „Zkm“) aus dem RJ hochskaliert. Als Standzeit wurde die gemittelte Dauer je IH-Slot-Kategorie gewählt. Dabei wurden bereits laufende Effizienzmaßnahmen zur Bedarfssenkung berücksichtigt. Historische Daten belegten, dass im operativen Geschäft auf Werkstattebene regelmäßig deutliche Nachfragespitzen auftraten. Um 80% dieser Spitzen zu bedienen, war ein zusätzlicher Puffer von 20% erforderlich.

Im OS berücksichtigte das GBM die zusätzlich benötigten IH-Slots gemäß FQM.

Die Ermittlung der erwarteten Gleislücke erfolgte durch die Allokation des Gleisbedarfs auf das Gleisangebot unter Berücksichtigung der sogenannten Stilllagen (Ruhezeiten der Züge am Linienende zwischen zwei Zugfahrten) mittels mathematischer Optimierung.

# Dimensionierung Instandhaltungsressourcen (Gleise, Personal) im Schienenpersonenverkehr

## PERSONALBEDARFSMODELL („PBM“)

Das PBM bestimmte den Bedarf an IH- Personalen basierend auf den Mengentreibern und differenzierte dabei auf zwei Ebenen:

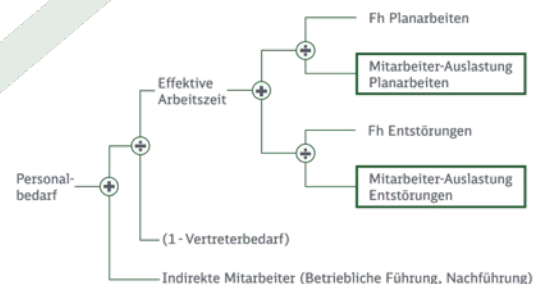
- **Funktion:** Direkte Mitarbeiter (Handwerker); indirekte Mitarbeiter (betriebliche Führungskräfte, z.B. Meister, oder Auszubildende)
- **Arbeitsbereich:** Planarbeiten (z.B. Fristen); Entstörungen (z.B. Tausch defekter Radsätze)

Der Bedarf an direkten Mitarbeitern wurde bottom-up über die Menge zu leistender Fertigungsstunden („Fh“) und Annahmen zu Mitarbeiterauslastung sowie Vertreterbedarfen ermittelt. Die Fh-Mengen der Planjahre wurden für Planarbeiten aus der IH-Leistungsplanung des Klienten übernommen und für bereits laufende Effizienzmaßnahmen modifiziert. Die IH-Leistungsplanung bestimmt die jährlich anfallenden Planarbeiten anhand des IH- Regelwerks je Baureihe und der geplanten Verkehrsleistung (in Zkm).

Für Entstörungen wurde eine Skalierungslogik über Zkm bzw. Personenkilometer („Pkm“) etabliert, die auf den Werten des RJ aufbaute. Die Prämissen zur Mitarbeiterauslastung wurden erstmalig nach Planarbeiten und Entstörungen differenziert, um der deutlich höheren Auslastung bei Planarbeiten Rechnung zu tragen.

Der Bedarf an indirekten Mitarbeitern wurde dann top-down über Annahmen zu Führungs- spannen und Nachführungsbedarf aus dem direkten Bedarf abgeleitet.

Im OS wurden zusätzlich die Personalbedarfe aus den Optimierungshebeln berücksichtigt.



## Ergebnisse

### FAHRZEUGQUALITÄT

Die Simulation des BS zeigte, dass trotz steigender Verkehrsmengen schon die Änderung des Baureihenmixes einen positiven Effekt auf die Fahrzeugqualität hätte. Bis zum 5. Jahr der Mittelfristplanung würden bereits 50% der Lücke zur Ziel-Qualität geschlossen werden. Wie in der Tabelle ersichtlich, könnten die verbleibenden 50% durch fünf Hebel (E-I, s. Tabelle) erreicht werden.

Den größten Einfluss auf die Erreichung der Ziel-Qualität hatte rechnerisch eine Steigerung der Fehlerarbeitsraten in IH-Slots innerhalb der Werkshallen, die maßgeblich über Prozessoptimierung erreicht werden sollte.

### GLEISBEDARF

Ein anderes Bild zeigte sich beim Gleisbedarf. Aufgrund des Flottenwachstums und des neuen Baureihenmixes stieg dieser über die modellierten Jahre stark an. Im 5. Jahr der Mittelfristplanung wären 19% des Gleisbedarfs im BS nicht gedeckt. Ohne Optimierungsmaßnahmen würden die Verfügbarkeits- und Qualitätsziele also deutlich verfehlt werden.

Die Gleislücke konnte durch die Hebel A bis D (s. Tabelle) geschlossen werden. Der Haupttreiber des Lückenschlusses war die Verkürzung von IH-Slots, z.B. durch Paketierung, stärkere Parallelisierung und Entschlackung der Planarbeiten. Durch Externalisierung der schweren IH (Fahrzeugrevisionen) könnten gleichzeitig der Gleis- und der Personalbedarf gesenkt werden.

### PERSONALBEDARF

Beim Personal ergab der Abgleich zwischen BS und dem 5. Jahr der Mittelfristplanung eine Lücke von 3%. Zusätzlich würden die Hebel zur Schließung der Qualitäts- und Gleislücke (mit Ausnahme von Hebel C, s. Tabelle) den Personalbedarf um weitere 15% erhöhen.

Der Schlüssel zur Personalbedarfsreduktion war die Steigerung der Produktivität der direkten Mitarbeiter. Aufgrund schwieriger Rahmenbedingungen erschien der IH-Leitung eine

Produktivitätssteigerung von mehr als 10% nicht realistisch. Im OS verblieb daher ein Personalmehrbedarf von 5% ggü. der aktuellen Mittelfristplanung.

Hebel von Basis- zu optimiertem Szenario	Qualitäts- lücke	Gleis- lücke	Personal- lücke
<b>Lücke BS zum 5. Jahr der Mittelfristplanung</b>	<b>+50%</b>	<b>+19%</b>	<b>+3%</b>
<b>A</b> Verkürzung von Standzeiten in Slots		<b>-11%</b>	<b>+1%</b>
<b>B</b> Erhöhung der Anzahl von Wochenendschichten		<b>-4%</b>	<b>+2%</b>
<b>C</b> Externalisierung von schwerer Instandhaltung an Dritte		<b>-4%</b>	<b>-1%</b>
<b>D</b> Verbesserte werkeübergreifende Kapazitätssteuerung		<b>-1%</b>	
<b>E</b> Zusätzliche Entstör-Slots	<b>-4%</b>	<b>+1%</b>	<b>+1%</b>
<b>F</b> Steigerung der Fehlerarbeitsraten in Werkshallen	<b>-29%</b>		<b>+5%</b>
<b>G</b> Steigerung der Fehlerarbeitsraten auf Gleisen außerhalb von Werkshallen	<b>-7%</b>		<b>+1%</b>
<b>H</b> Erhöhung der Zuführungsfrequenz für IH auf Gleisen außerhalb von Werkshallen	<b>-7%</b>		<b>+5%</b>
<b>I</b> Senkung der Fehlerentstehungsraten	<b>-3%</b>		
<b>J</b> Steigerung der Personalproduktivität			<b>-11%</b>
<b>K</b> Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von IH-Maßnahmen			<b>-1%</b>
<b>Lücke OS zum 5. Jahr der Mittelfristplanung</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>+5%</b>

## Impact

Die Projektergebnisse zeigten unserem Klienten den konkreten Handlungsbedarf deutlich auf. In Folge wurde zum einen die Mittelfristplanung entsprechend angepasst:

- Die Infrastrukturausbauplanung wurde in der Langfrist um ein weiteres Werk ergänzt, um die Verfügbarkeitsziele bei weiterem geplanten Wachstum robust erreichen zu können.
- Die Personalbedarfsplanung wurde an die Projektergebnisse angeglichen.

Zum anderen wurden die durch OakTree ausgearbeiteten Hebel in der Linienorganisation oder im Rahmen von Folgeprojekten in konkrete Maßnahmen überführt und umgesetzt, z.T. unter Beteiligung von OakTree.



**Wassilios Tsolakidis**  
Principal

WTsolakidis@OakTree-  
Partners.com

+49 151 544 543 83



**Dr. Oliver Martin**  
Managing Partner

OMartin@OakTree-  
Partners.com

+49 151 544 544 00