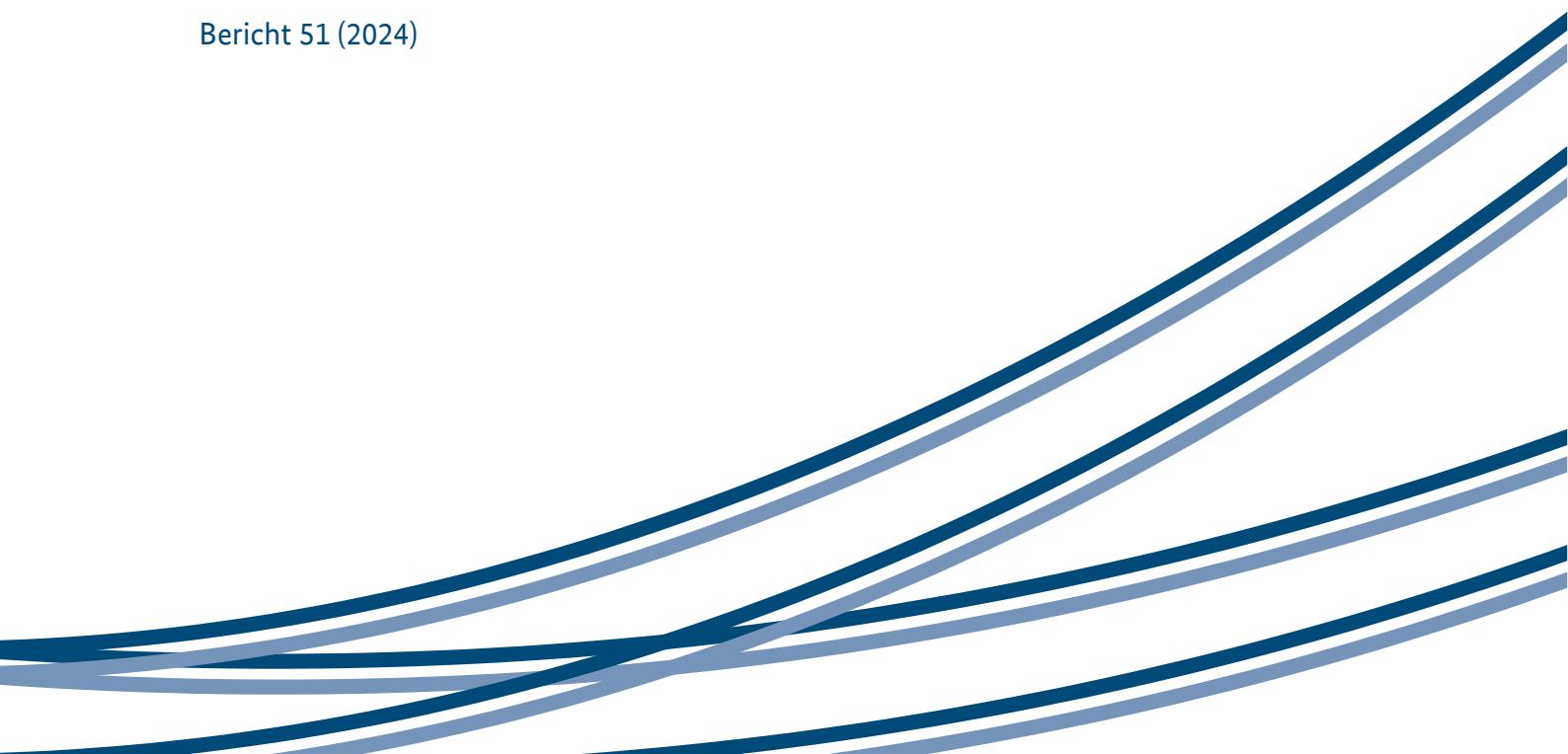




Berichte  
des Deutschen Zentrums  
für Schienenverkehrsorschung

Bericht 51 (2024)



# Kostenoptimierung Bau und Betrieb von Nebenbahnen

Infrastruktur der Nebenbahn im Spannungsfeld von Leistung, Investition und  
Erhaltung





Berichte des Deutschen Zentrums  
für Schienenverkehrsorschung, Bericht 51 (2024)  
Projektnummer 2020-15-W-1202

# Kostenoptimierung Bau und Betrieb von Nebenbahnen

Infrastruktur der Nebenbahn im Spannungsfeld von Leistung,  
Investition und Erhaltung

von

Hendrik Ammoser, Oriol Argelaguet  
IFB Institut für Bahntechnik GmbH, Berlin

Stefan Moselewski  
DB RegioNetz Infrastruktur GmbH Erzgebirgsbahn, Chemnitz

im Auftrag des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsorschung beim Eisenbahn-Bundesamt

---

# Impressum

## HERAUSGEBER

Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsorschung beim Eisenbahn-Bundesamt

August-Bebel-Straße 10  
01219 Dresden

[www.dzsf.bund.de](http://www.dzsf.bund.de)

DURCHFÜHRUNG DER STUDIE  
IFB Institut für Bahntechnik GmbH  
Carnotstraße 6  
10587 Berlin

ABSCHLUSS DER STUDIE  
Juni 2022

## REDAKTION

Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsorschung  
Christian Menzel, Fachbereich Mobilität und Gesellschaft  
Dr.-Ing. Tomás Arana Villafán, Fachbereich Digitalisierung und Technik

BILDNACHWEIS  
Hendrik Ammoser/Titelinnenseite

PUBLIKATION ALS PDF  
[www.dzsf.bund.de/DZSF/DE/Forschungsergebnisse/Forschungsberichte](http://www.dzsf.bund.de/DZSF/DE/Forschungsergebnisse/Forschungsberichte)

ISSN 2629-7973

DOI: [10.48755/dzsf.240004.01](https://doi.org/10.48755/dzsf.240004.01)

Dresden, Juni 2024



This work is openly licensed via CC BY 4.0.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

---

# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>1      Einleitung.....</b>  | <b>8</b>  |
| 1.1    Ausgangsthese und Veranlassung .....  | 8         |
| 1.2    Aufgabenstellung.....   | 8         |
| 1.3    Vorgehen.....   | 9         |
| <b>2      Erkenntnisse aus der Recherche .....</b>                                     | <b>10</b> |
| <b>3      Grundlegendes über Wirtschaftlichkeit und Kosten.....</b>                    | <b>20</b> |
| <b>4      Aufwandsbeeinflussende Faktoren bei Bau und Betrieb von Nebenbahnen.....</b> | <b>30</b> |
| <b>5      Datenanalyse Investitionsprojekte und Instandhaltung .....</b>               | <b>34</b> |
| 5.1    Ziel und Methodik .....   | 34        |
| 5.2    Auswertung investiver Projekte .....  | 36        |
| 5.3    Auswertung Instandhaltungsaufwendungen .....                                    | 42        |
| 5.4    Erkenntnisse der Datenanalyse .....   | 48        |
| <b>6      Der Einfluss des Regelwerks.....</b>   | <b>51</b> |
| <b>7      Aufwandsvermeidung, -senkung: Praxis und Probleme .....</b>                  | <b>57</b> |
| <b>8      Handlungsempfehlungen .....</b>  | <b>63</b> |
| <b>Abbildungsverzeichnis.....</b>  | <b>68</b> |
| <b>Tabellenverzeichnis .....</b>   | <b>69</b> |
| <b>Quellenverzeichnis.....</b>   | <b>70</b> |

# Abkürzungsverzeichnis

|         |   |
|---------|---|
| AEG     | Allgemeines Eisenbahngesetz   |
| BKZ     | Baukostenzuschüsse  |
| BMDV    | Bundesministerium für Digitales und Verkehr   |
| BOA     | Verordnung über den Bau und Betrieb von Anschlussbahnen   |
| BOStrab | Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung  |
| BÜ      | Bahnübergang  |
| BÜSA    | Bahnübergangs-Sicherungsanlage  |
| DB AG   | Deutsche Bahn AG  |
| DFI     | Dynamische Fahrgastinformation  |
| DZSF    | Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsorschung  |
| EBO     | Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung  |
| Edb     | Eisenbahn des Bundes  |
| EGB     | Erzgebirgsbahn  |
| EIU     | Eisenbahninfrastrukturunternehmen   |
| ERA     | Eisenbahnagentur der Europäischen Union   |
| ESBO    | Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für Schmalspurbahnen   |
| EU      | Europäische Union   |
| EVU     | Eisenbahnverkehrsunternehmen  |
| GD      | Generaldirektion  |
| GE      | Gleiserneuerung   |
| IFB     | Institut für Bahntechnik GmbH   |
| IH      | Instandhaltung  |
| KHB     | Kurhessenbahn   |
| KMU-EIU | Mittelständische Eisenbahninfrastrukturunternehmen  |
| LCC     | Life Cycle Costs  |
| LST     | Leit- und Sicherungstechnik   |
| LuFV    | Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung  |
| NE      | Nichtbundeseigene Eisenbahnen   |
| OHE     | Osthannoversche Eisenbahn   |
| ÖPNV    | Öffentlicher Personennahverkehr   |
| PSS     | Planumsschutzschicht  |
| Ril     | Richtlinie der Deutschen Bahn AG  |
| SAP     | Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung (Software der SAP SE)  |
| SGFFG   | Gesetz zur Förderung der Schienenwege der öffentlichen nicht bundeseigenen Eisenbahnen für den Schienengüterfernverkehr |
| SPNV    | Schienenpersonennahverkehr  |
| TEN     | Transeuropäisches Netz  |
| TSI     | Technische Spezifikation zur Interoperabilität  |

---

|         |   |
|---------|---|
| TSI-INF | TSI-Infrastruktur                           |
| VDV     | Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. |
| VO      | Verordnung                                  |

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangsthese und Veranlassung

Ein dominanter Grund für die Stilllegung vieler Nebenbahnen war in der Vergangenheit eine schlechte Kosten-Nutzen-Bilanz. Da die Eisenbahninfrastruktur sehr hohe Mindestanforderungen hat, setzen sich die Aufwendungen für die Bereitstellung der Infrastruktur vermutlich sehr stark aus nutzungsunabhängigen Kosten, und im Verhältnis geringeren Maße, aus nutzungsabhängigen Kosten zusammen. Die Regelwerke für die Nebenbahnen erscheinen dabei nur unwesentlich vereinfacht gegenüber Hauptbahnen. Weil Nebenbahnen aber anscheinend deutlich weniger funktional beansprucht werden, sollte sich dies auch in einfacheren Anforderungen niederschlagen – und damit in einem geringeren finanziellen Aufwand für den Bau und Betrieb dieser Bahnen. Dem gegenüber steht die derzeit weit verbreitete Wahrnehmung im Eisenbahnsektor, dass Bau- und Betriebskosten für Nebenbahnen in den vergangenen Jahren überproportional angestiegen sind. Aufgrund des inzwischen verstärkten politischen Wunsches nach Reaktivierung, Stabilisierung und Modernisierung von Nebenbahnen, rückt der Finanzbedarf und mögliches Einsparpotenzial für den Bau und den Betrieb von Nebenbahnen verstärkt in den Fokus.

Dazu hat das Deutsche Zentrum für Schienenverkehrsorschung (DZSF) im Jahr 2020 das Forschungsprojekt „Kostenoptimierung Bau und Betrieb von Nebenbahnen“ ausgeschrieben und eine Projektgruppe des Instituts für Bahntechnik GmbH (IFB) unter Mitwirkung der DB RNI Erzgebirgsbahn (EGB) mit der Projektdurchführung beauftragt. Die fachliche Arbeit war im April 2022 abgeschlossen. Im Projektverlauf wurde eine Datenanalyse der Ausgaben für Investitionsprojekte und Instandhaltungsaufgaben vorgenommen. Die dabei analysierten Datenreihen endeten im Jahr 2020. Gegen Ende des Projektes erfuhrn zunächst die Baustoff- und Materialpreise, ab dem Frühjahr 2022 praktisch alle Kostenpositionen eine Preissteigerungsdynamik, die mit den zuvor ausgewerteten Daten in keinem Bezug stehen. Diese Effekte konnten für das hier berichtete Projektergebnis nicht mehr berücksichtigt werden. Die erarbeiteten Erkenntnisse und Schlussfolgerungen sind vor diesem Hintergrund einzuordnen.

## 1.2 Aufgabenstellung

Gemäß der Leistungsbeschreibung ist es das Ziel des Projektes, zu identifizieren, wie die Kosten für die Infrastruktur der Nebenbahnen reduziert werden können, ohne dabei Probleme bezüglich der Leichtigkeit und Sicherheit des Verkehrs zu erzeugen. Dabei muss zuerst festgestellt werden, welche Kostentreiber, sowohl bei Bau, Instandhaltung als auch Rückbau, in der Infrastruktur (ohne Leit- und Sicherungstechnik) bei Nebenbahnen zu verzeichnen sind. Anschließend soll für diese Fälle untersucht werden, ob für Nebenbahnen dort reduzierte, kostenoptimierte Systeme genutzt werden könnten und was diesem Einsatz bisher im Wege steht.

Grundsätzlich sollten bei der Projektbearbeitung die gültigen CEN-Normen, DIN-Normen und Regelwerke der Bahnen, v. a. Richtlinien der Deutschen Bahn AG (DB AG) (EdB-Ril) sowie Verfahrens-

anweisungen der Nichtbundeseigenen Eisenbahnen (NE-Bahnen) (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV)-Schriften) berücksichtigt werden und ggf. Änderungsbedarf identifiziert werden. In diesem Projekt sollen die klassischen Anlagen der Infrastruktur (Oberbau, Brücken, Tunnel) untersucht werden. Elemente der Leit- und Sicherungstechnik sollen nur, soweit baulich relevant (z. B. Maste, Fundamente) berücksichtigt werden. Die Fokussierung auf Bauwerke bedeutet weiterhin, dass nur Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) und deren Aufwendungen und Kosten relevant sind; korrespondierende Aufwendungen der Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) werden nicht berücksichtigt. Die Frage, ob eine Nebenbahn alle entstehenden Kosten aus eigenen Einnahmen decken muss – also die Frage der Wirtschaftlichkeit bzw. Kostendeckung und Rentabilität, wurde im Projekt nicht behandelt. Da die Ermittlung von Kostenursachen politisch bedeutsam ist, darf keine Ungewissheit über Kostenstrukturen stehenbleiben, sondern es muss jeder Faktor zweifelsfrei nachgewiesen und auch in Relation zu anderen Kosten gesetzt werden. Unschärfen sind zu benennen und ggf. weiterer Forschungsbedarf zu zeigen.

## 1.3 Vorgehen

Aufgabe und Vorgehen im Forschungs- und Entwicklungsprojekt „Kostenoptimierung Bau und Betrieb von Nebenbahnen“ wurden durch das DZSF formuliert. Das Projekt wurde im Zeitraum von Januar 2021 bis Juni 2022 bearbeitet und war gemäß Vorgabe des DZSF in die folgenden Arbeitspakete gegliedert:

- Arbeitspaket 1: Identifikation von Kostentreibern
- Arbeitspaket 2: Analyse der Kostenentstehung bei den Objekten
- Arbeitspaket 3: Bewertung der Optimierungsansätze und Auswirkungen
- Arbeitspaket 4: Gap-Analyse und Ermittlung von Handlungsempfehlungen

Auch wesentliche Inhalte der Arbeitspakete sind mittels Leistungsbeschreibung durch das DZSF vorgegeben. Der ausführenden Projektgruppe war ein forschungsbegleitender Arbeitskreis beigestellt, der aus Vertretungen der Verkehrsverwaltung, mittelständischer Eisenbahnunternehmen und es VDV zusammengesetzt war. Die Projektbetreuung erfolgte durch das DZSF.

Als Kernaktivität innerhalb des Projekts wurden exemplarisch die bisherigen und aktuellen Infrastrukturdaten eines Eisenbahninfrastrukturunternehmens mit Spezialisierung auf den Nebenbahnbetrieb mittels Kosten- bzw. Ausgabenanalyse untersucht. Dafür konnte die DB RegioNetz Infrastruktur GmbH (in weiterer Zusammenarbeit mit weiteren DB RegioNetzen) als Projektpartner gewonnen werden. Weiterer wichtiger Input für die Analyse waren eine allgemeine Literatur- und Datenrecherche und die Befragung von Praktikerinnen und Praktikern (Infrastrukturverantwortlichen und Projektleiterinnen und -leitern) im Rahmen von Workshops, um einen Input für die Kostenanalyse aus praktischer Sicht zu ermitteln. Auf diese Weise wurde nach kostenintensiven Infrastrukturobjekten und -prozessen und weiteren Kostentreibern in den entsprechenden Netzen gesucht, zunächst entsprechend der Praxiserfahrung der Befragten und im zweiten Schritt aus den Daten der Infrastrukturbetreiber. Vorhandene Kostendaten wurden analysiert und als Kostenanteile auf die Entstehungsbereiche „Planung, Bau, Betrieb/Instandhaltung und Entsorgung“ aufgeschlüsselt untersucht. Ebenso werden die jeweiligen Ursachen der Kosten identifiziert. Weitere Methoden, die im Projektverlauf zur Anwendung kamen, waren Recherchen, Experteninterviews und -workshops, Systemanalyse, Datenanalyse und Lücken-(Gap-)Analyse.

## 2 Erkenntnisse aus der Recherche

Gemäß Leistungsbeschreibung ist der erste Schritt die Feststellung von Kostentreibern in der Infrastruktur. Eine Literaturrecherche zu Infrastrukturkosten auf Nebenbahnen und zu kritischen Kosten soll zunächst einen Überblick verschaffen, was eine Eisenbahn bzw. Bahnanlage teuer macht. Die Quellenauswertung fokussierte auf Gutachten und Stellungnahmen sowie Fachartikel in einschlägigen Fachzeitschriften. Neben den Kosten wurde auch nach Methoden zur Kostenanalyse und Kostenoptimierung gesucht. Da Objekte in unterschiedlichen Ausprägungen untersucht werden, wird eine Vergleichs- und Bezugsbasis benötigt. Es sollen hierbei mindestens 15 dominante Kostenverursacher erfasst werden. Im Ergebnis liegt eine gegliederte Übersicht über kostenintensive Objekte in der Schieneninfrastruktur für Nebenstrecken vor.

Insgesamt hat die Literatur- und Quellenrecherche ergeben, dass die Themen Kosten, Kostenanalyse und Kostenoptimierung von Eisenbahnen in den vergangenen Jahren eher schlaglichtartig wissenschaftlich erforscht wurden. Hervorzuheben sind dabei insbesondere die Projektreviews der Europäischen Kommission, die mit hohem Aufwand den Verbleib von Fördermitteln nachvollzogen hat. Eisenbahnspezifische Monographien mit spezifischem Fokus auf die Betriebswirtschaft oder Kostenrechnung in Eisenbahninfrastrukturen gibt es nicht. Das ist wohl auf den Umstand zurückzuführen, dass seit der Bahnreform der Unternehmenserfolg durch Einzelunternehmen herbeigeführt werden soll. Gleichzeitig hat in den letzten Jahren die Systematik der Verkehrsplanung zugenommen (Stichwort: Standardisierte Bewertung). In diesem Zusammenhang wurde Literatur gefunden, die allerdings auf Investitionsprojekte abzielt und dabei die Instandhaltungsaufwendungen der Infrastruktur allenfalls am Rande berücksichtigt. Dementsprechend ist ein erstes Ergebnis der Literatur- und Quellenrecherche, dass derzeit keine umfassenden Ausarbeitungen zur Betriebswirtschaft und Kostenrechnung im Eisenbahnwesen vorhanden sind. Entsprechend haben die Projektgruppe und das DZSF vereinbart, dass der nachfolgende Bericht einen Beitrag leisten soll, um diese Lücke zu schließen.

Nachfolgend werden einige Quellen und wesentliche Erkenntnisse aus der Recherche dargestellt.

### **Baukosten der Eisenbahn [1]**

Das Buch „Baukosten der Eisenbahn“ aus dem Jahr 1877 ist ein Beispiel für die Monographien zum Thema Betriebswirtschaft von Eisenbahnunternehmen aus der Ära der Privatbahnen. Sie zeigt, dass Investitionsmittelbedarf und Unternehmensstruktur bereits im frühen Eisenbahnzeitalter einen systematischen Umgang mit Aufwendungen und Ausgaben in Eisenbahnunternehmen erfordert hat. Allerdings war die treibende Kraft in jener Zeit die Gewinnmaximierung der damals weitgehend profitablen Eisenbahnen. In der Quelle ist eine Aufstellung von Kostenpositionen wie in der Tabelle 1 dargestellt ist, enthalten.

Die Übersicht spiegelt die Situation der Eisenbahnen des 19. Jahrhunderts wider, als beispielsweise Ausgaben für Bauland ein wichtiger Kostenfaktor bei der Neuanlage einer Eisenbahn waren oder Wärterhäuser benötigt wurden. Dieser kurze Rückblick zeigt aber auch, dass viele der dargestellten Kostenpositionen auch im Eisenbahnsystem des 21. Jahrhunderts relevant sind.

Tabelle 1: Aufstellung der Kostenoptionen

|       |  |        |   |
|-------|--|--------|---|
| I.    | Vorarbeiten (Trassierung und Projektierung)      | XI.    | Wärterhäuser                                    |
| II.   | Geschäftsleitung (allg. Verwaltung, Bauaufsicht) | XII.   | Hochbau (Bahnhöfe)                              |
| III.  | Grundeinlösung (Grunderwerb)                     | XIII.  | Chaussierungen und Wegbauten                    |
| IV.   | Erd- und Felsarbeiten                            | XIV.   | Werkstätten                                     |
| V.    | Kleine Brücken                                   | XV.    | Barrieren und Einfriedungen (Wegübergänge)      |
| VI.   | Große Brücken                                    | XVI.   | Signalvorrichtungen                             |
| VII.  | Fluss- und Uferschutzbauten                      | XVII.  | Distanzierung                                   |
| VIII. | Stütz- und Futtermauern                          | XVIII. | Tunnels   |
| IX.   | Beschotterung                                    | XIX.   | Fahrbetriebsmittel                              |
| X.    | Oberbau  | XX.    | Betriebseinrichtungen, Ausrüstung der Stationen |
|       |  | XXI.   | Intercalarzinsen                                |

### Verfahrensanleitung Standardisierte Bewertung [2]

Eine Übersicht zu Kostenpositionen wurde in der Verfahrensanleitung Standardisierte Bewertung 2016+ (2022) gefunden. Die Standardisierte Bewertung dient dazu, dass unterschiedliche Projekte nach einheitlichem Maßstab bezüglich Umsetzbarkeit bewertet werden können. Entsprechend ist die Systematik der Standardisierten Bewertung modellhaft vereinfacht, um komplexe Vorhaben und die Verschiedenheit der Projekte vergleichbar zu machen. Der Modellansatz enthält die zur Ermittlung der für den Nutzen-Kosten-Indikator maßgebenden Teilindikatoren, u. a. Flächenverbrauch, Energieverbrauch und Kapitaldienstkosten. Beigefügte Berechnungsblätter der Standardisierten Bewertung umfassen dabei auch eine Vorlage für ein vereinfachtes Verfahren zur Bewertung von Reaktivierungsvorhaben (Anhang 3). Das Blatt 3-1 „Investitionen und Infrastrukturkosten“ enthält folgende Positionen:

- Planungsleistungen
- Grunderwerb
- Trassen (Unterbau Bahnen und Straßen, Erdbauwerke, Dämme, Einschnitte, Entwässerung)
- Brücken inkl. Bahnsteigunter- und -überführungen
- Gleise: Schotteroerbaubau
- Weichen inkl. Heizungen und Antriebe
- Oberbau Straßen und Wege inkl. Busspuren
- Haltestellenausstattung und Zubehör
- Bahnsteige und Rampen (inkl. Überdachungen)
- Zugsicherungs- und Signalanlagen inkl. Bahnübergangs(BÜ)-Sicherungsanlagen
- Fernmeldeanlagen, Leitsysteme, Telekommunikationsanlagen, DFI
- Lichtversorgungsnetz Außenbeleuchtung
- Lärmschutzwände und -fenster

Die Standardisierte Bewertung bezeichnet Aufwendungen (Finanzmittel) für die Errichtung einer langfristig nutzbaren Anlage als Investitionen, während diese Aufwendungen im allgemeinen

Sprachgebrauch (auch in der Leistungsbeschreibung zum gegenständlichen Projekt) als Kosten bezeichnet werden. Die Unterlagen der Standardisierten Bewertung enthalten keine Kostensätze, Richtpreise o. ä., sicherlich (bzw. wie an anderer Stelle festgestellt) weil örtliche oder vorhabenspezifische Verhältnisse stark variieren können. In der Verfahrensanweisung werden die Gegebenheiten erläutert, die den Investitionsumfang bei Verkehrsbauvorhaben beeinflussen:

- geologische Verhältnisse, insb. Herstellung der Tragfähigkeit des Untergrunds
- Oberflächenform, wie Flachland, Hügelland oder Bergland
- Konflikte mit Trassen anderer Infrastrukturen, wie Elektrizitätsleitungen oder andere Verkehrssysteme, weshalb Brückenbauwerke, Bahnübergänge o. ä. erforderlich werden
- Siedlungsspezifische Einflüsse, z. B. Bedarf zu Lärmschutzmaßnahmen oder die Einordnung in die vorhandene Bebauung
- Anforderungen aus der Leistungserwartung der Produktionsanlage (z. B. Bedienungshäufigkeit oder Reisezeitminimierung) mit entsprechend geringe bis hohen Aufwendungen für eine leistungsfähige Systemausstattung wie Leit- und Sicherungstechnik (LST), Energieversorgung, Maßnahmen zur Ermöglichung einer gewünschten Geschwindigkeit, Ein-/Zweigleisigkeit, komplexe Gestaltung von Knotenanlagen, Stationsdichte

Diese Kostenfaktoren sind entscheidend für die Lebenszykluskosten einer Nebenbahn – und machen grundsätzlich jede Bahnstrecke zu einem Unikat bzw. machen es schwer, Bahnstrecken hinsichtlich der Kosten zu Gruppen zusammenzufassen. So weisen Nebenbahnen, die Flachlandstrecken in moriger/sumpfiger und dünn besiedelter Landschaft sind, andere Investitionsaufwendungen und Betriebskosten für die Infrastruktur/Bauwerke auf, als Hügellandstrecken auf tragfähigem Untergrund, aber in dicht besiedelter Landschaft.

Bei infrastrukturbezogenen Kosten werden Kapitaldienst (Abschreibung und Verzinsung) und Unterhaltungskosten unterschieden. Einmalige Aufwendungen wie Grunderwerb, Kampfmittelbeseitigung, Planungskosten, Ausgleichsmaßnahmen, bauzeitliche Behelfe werden gemäß Vorgehensweise Standardisierte Bewertung ohne Abschreibung und Instandhaltungskosten verzinst.

Anlage A1-17 enthält Nutzungsdauern, Unterhaltungskostensätze und Annuitätsfaktoren für die ortsfeste Infrastruktur.

### **Vergleichende Untersuchung von Reaktivierungsprojekten (2015) [3]**

Mittels Kosten-Nutzen-Untersuchung wurden Reaktivierungsprojekte miteinander verglichen. Die Studie gibt einen Überblick über Größenordnungen beim Gesamtvolumen und zur Varianz des Volumens einzelner Kostenpositionen. Lediglich die Kostenpositionen für Nebenbahnen sind im Regelfall ähnlich. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen, dass der absolute Investitionsbedarf (Gesamtvolumen) als auch die Anteile der einzelnen Kostenpositionen am Gesamtvolumen projektspezifisch stark variieren können. Lediglich der Planungskostenanteil von etwa 10 % ist in den Projekten gleich.

Die Studie zeigt, dass Verallgemeinerungen beim Investitionsbedarf für Bauprojekte bei Nebenbahnen problematisch sind. Es kommt sehr auf den Kontext an, beispielsweise, ob eine Bahnstrecke eine Gebirgs- oder Flachlandstrecke ist (Anzahl, Größe von Brücken und Durchlässen), ob wenige oder viele Bahnübergänge vorhanden sind und – insbesondere bei Reaktivierungen – ob brauchbare Vorgängeranlagen vorhanden sind oder nicht. Auch Einheitspreise (€/km...) oder Preislisten helfen bei

lagebedingten Kostenpositionen nicht, um ein allgemeingültiges Kostenbild zu entwickeln oder „Kostentreiber“ zu identifizieren.

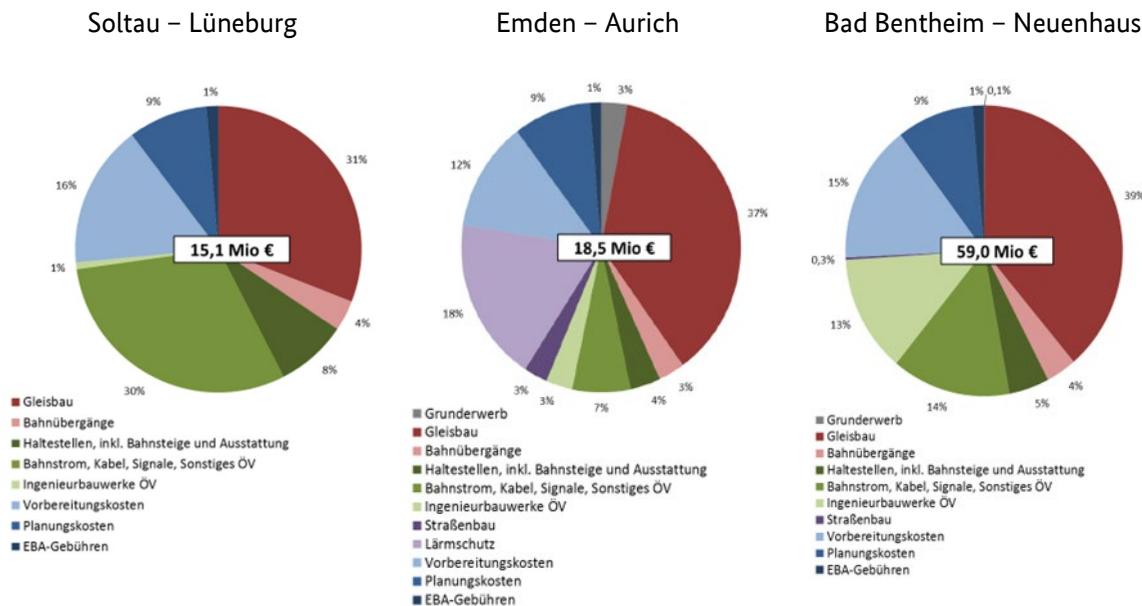


Abbildung 1: Kostenpositionen und Kostenanteile von Reaktivierungsprojekten [Quelle: Studie VCDB 2015]

### Reaktivierung Dombühl – Dinkelsbühl (2015) [4]

Die Dokumentation zur Aufwandsabschätzung der Reaktivierung Dombühl-Dinkelsbühl (2015) verdeutlicht die Kostenwirksamkeit von Anforderungen an die Infrastruktur. In der Studie wurde eine Fallunterscheidung vorgenommen, wie der Investitionsbedarf nach Streckengeschwindigkeit 60/80/100 km/h variiert. Dabei treten sowohl die relevanten Aufwandspositionen als auch die Größenordnung des Investitionsbedarfs zutage. Demnach verändern sich die Ausgaben für Bahnübergänge/Bahnübergangssicherungsanlagen (BÜSA), Ausstattung mit Leit- und Sicherungstechnik, Baunebenenkosten sowie Planungs- und Verwaltungskosten.

Tabelle 2 ist der Studie entnommen. Die Entwicklung der Aufwandspositionen wurde für die bessere Nachvollziehbarkeit hervorgehoben.

Der Vergleich zeigt, dass allein die Befähigung der BÜSA von 60 km/h auf 80 km/h oder 100 km/h auf dieser Strecke mit einer Aufwandssteigerung von bis zu 1 Mio. Euro verbunden ist. Auch die Errichtung der Bahnsicherungstechnik für 100 km/h ist auf der Strecke etwa um 70 % teurer als die für die Streckenhöchstgeschwindigkeit von 60 bis 80 km/h erforderliche/zulässige LST. Aus diesem Blickwinkel kann die (hohe) Fahrzeit-/Geschwindigkeitsanforderung als „Kostentreiber“ angesehen werden.

Andererseits zeigt die Darstellung der Zwischensumme auch, dass die Aufwandssteigerung aufgrund der höheren Streckenhöchstgeschwindigkeit bei Berücksichtigung der übrigen technischen Kostenpositionen (die sonst unverändert bleiben) bei 80 km/h im Vergleich zu 60 km/h etwa +3 % beträgt,

bei 100 km/h im Vergleich zu 80 km/h ein en Zuwachs von +8 % bedeutet und bei 100 km/h im Vergleich zu 60 km/h +11 % - was wiederum im Verhältnis moderat erscheint.

Ebenso erscheint der Mittelbedarf für die technische Ausstattung mit 14 Mio., 14,3 Mio. und 15,6 Mio. Euro in der Größenordnung recht ähnlich – erst recht vor dem Hintergrund, dass es sich um Investitionsmittel für langlebige Wirtschaftsgüter mit mehreren Jahrzehnten Nutzungsdauer handelt.

Tabelle 2: Investitionsbedarf abhängig von der Streckenhöchstgeschwindigkeit

| Kostenbestandteil      | Kosten<br>v = 60 km/h [T€] | Kosten<br>v = 80 km/h [T€] | Kosten v = 100 km/h<br>[T€] |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Unterbau, Entwässerung | 1120                       | 1120                       | 1120                        |
| Gleisoberbau           | 2168                       | 2168                       | 2168                        |
| Bahnübergänge          | 6220                       | 6540                       | 7120                        |
| Kunstbauwerke          | 1750                       | 1750                       | 1750                        |
| Haltepunkte & Bahnhöfe | 1850                       | 1850                       | 1850                        |
| Zugsicherung           | 925                        | 925                        | 1575                        |
| <b>Zwischensumme</b>   | <b>14033</b>               | <b>14353</b>               | <b>15583</b>                |
| Sonstige Leistungen    | 200                        | 200                        | 200                         |
| Baunebenkosten         | 1423                       | 1455                       | 1671                        |
| Planung/Verwaltung     | 2348                       | 2401                       | 2758                        |

Die Studie Dombühl – Dinkelsbühl enthält weiterhin eine interessante Darstellung von Instandhaltungsaufwendungen (siehe Tabelle 3), verbunden mit Aufgaben, die in Eigenleistung erfolgen (aus unternehmerischer Sicht mit Personal- und Materialkosten verbunden) sowie Fremdleistung, die durch das Eisenbahnunternehmen eingekauft werden und damit direkt als Kosten wirksam werden.

Tabelle 3: Instandhaltungsaufwendungen

|                     | Leistung                               | Kosten p. a. [T€] |
|---------------------|--|-------------------|
| Eigenleistungen EIU | Betriebsleitung                        | 42                |
|                     | Gleisanlagen, Vegetationsschnitt       | 120               |
|                     | Haltepunkte                            | 5                 |
|                     | Elektrische Betriebsanlagen            | 120               |
| Fremdleistungen     | Zugleiter                              | 70                |
|                     | Oberbauunterhaltung                    | 50                |
|                     | Fremdwartung LST (BÜ und Zugsicherung) | 3                 |
|                     | Grünpflege/Vegetationsschnitt          | 3                 |
|                     | Winterdienst                           | 10                |
| Nebenkosten         | Anschlussgebühren an DB Netz           | 4                 |
|                     | Stromversorgung                        | 25                |
|                     | Vandalismusschäden                     | 3                 |
|                     | Gebühren                               | 1                 |

Aus Tabelle 3 wird ersichtlich, dass die Instandhaltung für Fahrbahnen und die Instandhaltung für elektrische Betriebsanlagen gegenüber den anderen Kostenpositionen die mit Abstand höchsten Aufwendungen verursachen. Da Regionalerschließungsbahnen (Nebenbahnen) in der Vergangenheit im Regelfall nicht elektrifiziert waren, weil das Energieversorgungs- und Antriebssystem auf billigem Dieselkraftstoff und dem allgegenwärtigen leistungsfähigen Verbrennungsmotor beruhte, dürfte dieser Zusammenhang für das Gefüge der Zukunft im Kontext der Umstellung auf alternative Antriebe durchaus kostenrelevant werden.

### Kostenbenchmarking Europäische Kommission (2009)

In regelmäßigen Abständen, aber anscheinend aufgrund des hohen Aufwandes nicht laufend und flächendeckend, untersucht die Europäische Kommission die Kosteneffizienz der mit Europäischen Unionen(EU)-Mitteln geförderten Infrastrukturprojekte. Im Abschlussbericht zum Arbeitspaket 10 (WP 10) der Europäischen Kommission, Generaldirektion (GD) Regionalpolitik „Ex-post-Bewertung der Programme der Kohäsionspolitik 2000 – 2006, die vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) in Ziel-1- und Ziel-2-Regionen finanziert wurden“, sind solche Analyseergebnisse dokumentiert. Gemäß Bericht enthält die Stichprobe eine Auswahl von 66 Infrastruktur-Großprojekten, darunter 24 Eisenbahn-Projekte in 7 Mitgliedsstaaten der EU, darunter fünf Projekte in Deutschland. Die Datenerhebung erfolgte per Fragebogen. Die mittlere Streckenlänge bei den Projekten betrug 127 km, die kürzeste Streckenlänge 8,9 km – die längste 1.435 km. Das zeigt einerseits erneut, dass die Ableitung allgemein gültiger Schlussfolgerungen aus stark variierenden Projekten sehr anspruchsvoll ist. Diese These wird dadurch gestützt, dass es sich nach Angaben des Berichtes bei der Analyse der Projekte um Einzelauswertungen handelt und dass die Untersuchung nicht repräsentativ und damit Schlussfolgerungen nicht verallgemeinerbar sind. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Kostenpositionen und die Einheitskosten (€/km) für die untersuchten Einzelprojekte.

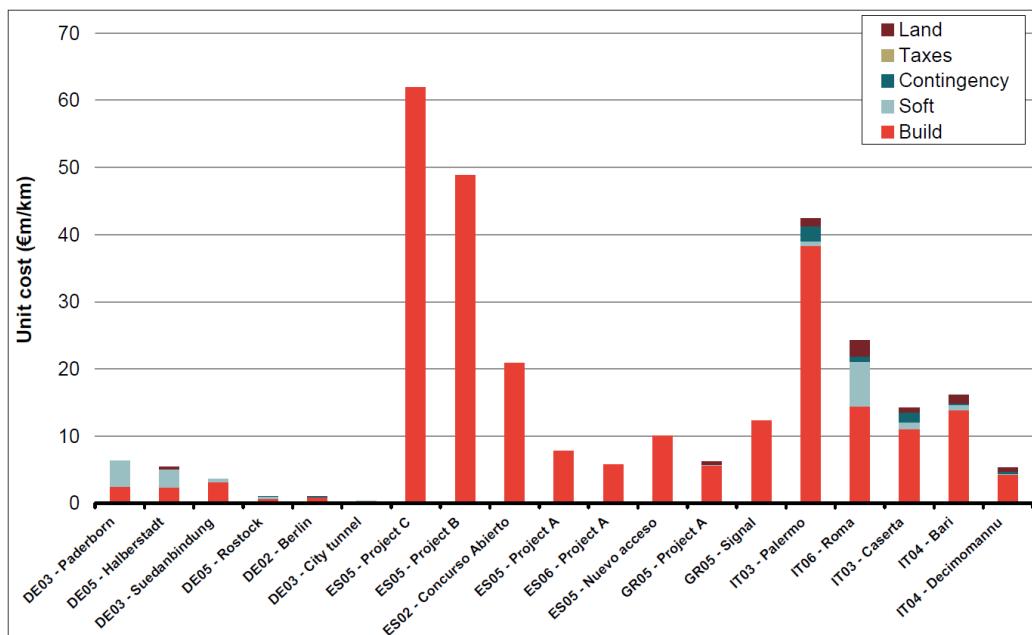


Abbildung 2: Einheitskosten für EU-geförderte Eisenbahnprojekte [5]

Details zu den Projekten (Strecke und Anlass) sind nicht enthalten, so dass auch der Anteil an trans-europäischen Hauptstrecken oder Nebenbahnen/regionalen Erschließungsbahnen nicht nachvollziehbar ist.

In der Studie sind allgemeingültige Aussagen zu einigen aufwandsrelevanten Faktoren enthalten: Die geologischen Verhältnisse entlang der Bahntrasse, insbesondere der Aufwand zur Herstellung eines tragfähigen Unterbaus sowie Ingenieurbauwerke, sind verantwortlich für hohe absolute und spezifische Aufwendungen. Davon sind insbesondere moderne und neu trassierte Hochgeschwindigkeitsstrecken betroffen, die praktisch weitgehend unabhängig von geologischen Bedingungen geradlinig durch die Landschaft trassiert werden – teils mit vielen und langen Tunneln und Talbrücken. Die Zweigleisigkeit ist bei solchen Vorhaben im Unterschied zur Eingleisigkeit nicht generell kritisch, weil die Mehraufwendungen im Verhältnis zum hohen Initialaufwand für eine eingleisige Strecke moderat sind, wenngleich der Grunderwerb höher ist und die doppelte Menge Gleismaterial eingekauft und eingebaut wird.

Bezogen auf die gegenständlichen regionalen Erschließungsbahnen (Nebenbahnen) in Deutschland war die kostenoptimale Trassierung bereits ein Betätigungsgebiet zahlreicher Experten im 19. Jahrhundert, wie an der Referenz oben gezeigt. Auf die heutige Zeit und auf die Zukunft bezogen stellt sich eher die Frage nach der Ausbaufähigkeit eingleisiger Strecken zur Zweigleisigkeit im Zusammenhang mit geforderten Kapazitätserhöhungen im Gesamtnetz, der Verbesserung des Angebotes im Schienenpersonennahverkehr (SPNV) in der Fläche und der Schaffung ausreichender Trassenslots für den Güterverkehr und für den Personenverkehr. Entsprechend dürfte die Schlussfolgerung des Kosten-benchmarking nicht unbedingt für einen möglichen zweigleisigen Ausbau von regionalen Erschließungsbahnen zutreffen. Die Untersuchung der Kommission geht auch auf Zeitüberschreitungen bei Bauprojekten und deren Gründe ein. Die nachfolgende Tabelle zeigt den Verzögerungsbetrag in der Projektumsetzung nach Projektphasen für den Eisenbahnsektor. Die Prozentangabe repräsentiert die Verzögerung ausgedrückt als Anteil des ursprünglich geschätzten Zeitbedarfs.

Tabelle 4: Prozentuale Zeitüberschreitungen nach Projektphasen

| Projektphase           | Zeitüberschreitung (%) |
|------------------------|------------------------|
| Planung                | 36,4                   |
| Finanzierung           | 115,4                  |
| Genehmigungen          | 31,8                   |
| Baustellenvorbereitung | 47,3                   |
| Bau                    | 51,3                   |

Hauptgründe für Kostenüberschreitungen sind gemäß der Untersuchung nicht vorhersehbare Umwelteinflüsse, Verzögerungen bei Behörden sowie Arbeitsverschiebungen. Hauptgründe für Zeitverzögerungen sind gemäß Studie Mittelbereitstellung (Funding), Baurealisierung (Construction) sowie projektspezifische Gründe wie Verzögerung durch Behörden, verzögter Start und Planungsänderungen.

### **Kostenbenchmarking Europäische Kommission (2018)**

Im Kostenbenchmarking (Kostenvergleich) 2018 der Europäischen Kommission wurde die Kosten von Eisenbahnprojekten auf Basis von Einheitspreisen, z. B. Kosten pro Streckenkilometer, pro Mannstunde usw. vorgenommen. Es wurden etwa 200 Projekte in Europa ausgewertet, die zwischen 2000 und 2015 realisiert wurden, darunter 24 Eisenbahnprojekte in Deutschland. Methodisch unterscheidet die Studie zwischen Hochgeschwindigkeitsbahnen (High Speed Rail) und konventionellen Bahnstrecken (Conventional Rail) gemäß damaliger Kategorisierung des transeuropäischen Netzes. Zwischen Haupt- und Nebenbahn bzw. Heavy Rail/ Light Rail wird nicht unterschieden, wobei anzunehmen ist, dass die konventionellen Bahnstrecken zum großen Teil aus Hauptbahnen nach deutschem Verständnis bestehen, denn im Zeitraum 2000 bis 2015 bestand das konventionelle deutsche Transeuropäische Netz (TEN-Netz) überwiegend aus Hauptstrecken. In der Studie werden die Gesamtinvestitionen auf den Kilometer umgelegt. Demnach kostete bei den untersuchten Projekten die Neubaustrecke (konventionell) etwa 8,2 Mio. €/km +/- 16 %, eine Reaktivierung (konventionell) etwa 4,4 Mio. €/km +/- 60 % und ein Upgrade (konventionell) etwa 6,1 Mio. € +/- 42 %. Erkennbar ist, dass die Streuung der Einheitspreise bei Reaktivierungen und Upgrades hoch ist. Die Einheitspreise für die Bauaufwendungen (construction unit cost) – inkl. Fahrbahn, Brücken, Tunnel, Stationen, betragen bei Neubaustrecken (konventionell) 7,2 Mio. € +/- 19 %, bei Reaktivierungen (konventionell) 4,4 Mio. € +/- 60 % und bei Upgrades (konventionell) 5,4 Mio. € +/- 39 %. Da das Ziel der Studie nicht nur die Kostenanalyse selbst, sondern auch die Schaffung einer Methodik mit zugehöriger Datenbank war, gehört zu den Schlussfolgerungen der Studie die Feststellung der Autoren, dass die Datenverfügbarkeit und Datengewinnung zur systematischen Kostenanalyse im Eisenbahnsektor der EU sehr schwierig ist – und der Aufwand, der für eine aussagekräftige Kostenanalyse zu erbringen ist, sehr hoch ist.

### **Dissertation zu Einflussfaktoren auf spezifische Infrastrukturkosten (2011)**

Im Rahmen einer Dissertation an der Technischen Universität Dresden 2011 wurde ein Verfahren zur betrieblich-ökonomischen Optimierung einer konkreten Eisenbahninfrastruktur auf der Grundlage ihres Kosten-Nutzen-Verhältnisses entwickelt. Es umfasst insbesondere eine Methodik, mit deren Hilfe die Kosten einer bestimmten Eisenbahnstrecke je fahrbarer Zugtrasse, basierend auf Streckenstandards der DB AG, berechnet werden können. Dies erfolgt mittels wissenschaftlichem (mathematisch-theoretischem) Optimierungsansatz. Dabei werden Kosten und Betriebsleistung in Abhängigkeit von den infrastrukturellen und betrieblichen Einflussfaktoren (Gleisanzahl, Bahnhofsabstand, Blocklänge, Mischverkehr, Streckenhöchstgeschwindigkeit) ermittelt. Auch die Bewertung und Optimierung der spezifischen Kosten der Eisenbahninfrastruktur erfolgt in Abhängigkeit der genannten Einflussfaktoren. Mit dieser Dissertation liegt eine wissenschaftlich hergeleitete Methodik zur Durchführung von Kostenoptimierungen bei konkreten Strecken(aus)bauvorhaben vor. In der weiteren Bearbeitung des gegenständlichen DZSF-Forschungsprojektes lag der Fokus auf der Identifizierung von „Kostentreibern“ im Kontext regionaler Bahnstrecken und auf der Suche nach einem generischen Ansatz für eine Kostenoptimierung.

### **Discussion Paper: Railway Efficiency (2013)**

Das Diskussionspapier enthält Hinweise für Verbesserungsmöglichkeiten der Kosteneffizienz von Eisenbahnen. Im internationalen Vergleich der Effizienz von Eisenbahnsystemen können systemexterne Faktoren identifiziert werden, die das Eisenbahnsystem jedes Staates einmalig machen – und

jeweils spezifische Strategien zur Erreichung eines „effizienten Zustandes“ erfordern. Zu diesen Faktoren zählen die Lage und die geographischen/topographischen Gegebenheiten, die Landesgeschichte mit der Ausformung und Besiedlung von Territorien, aber beispielsweise auch der Stellenwert der Eisenbahn in der öffentlichen Wahrnehmung – verbunden beispielsweise mit der Bereitschaft, das Eisenbahnsystem aus dem öffentlichen Steueraufkommen zu finanzieren (bzw. zu subventionieren). Weiterhin benennt die Quelle, bezogen auf Verkehr und Infrastruktur, die wesentlichen Faktoren, die Einnahmen und Aufwendungen beeinflussen. Demnach sind die wesentlichen ausgabenwirksamen Faktoren der Infrastruktur der Anlageninvestitionsbedarf sowie Kosten für Instandhaltung und Erneuerungsbedarf. Das Diskussionspapier bezeichnet die Infrastrukturaufwendungen an sich als Kostentreiber innerhalb des Eisenbahnsystems, da sie oft etwa die Hälfte der Gesamtsystemaufwendungen verursachen. Aus Sicht der Autoren ist eine Eisenbahnanlage dann effizient zu betreiben, wenn Anlagen bei höchstmöglicher Auslastung betrieben, Personal optimal verteilt, Leistungsstandards für die Infrastruktur festgelegt und automatisiert/technisiert wird.

### **Preise und Kosten im Eisenbahnsektor (Baumgartner 2001)**

Die Publikation gibt einen systematischen Überblick über die Größenordnung von Preisen und Kosten im Eisenbahnsektor, wobei der Autor ausdrücklich darauf hinweist, dass die Unterlage weder eine Preisliste noch eine finanzökonomische Ausarbeitung sei. Beispielhaft werden Größenordnungen für Investitions- und Instandhaltungskosten von Eisenbahnen dargestellt, so für Grund und Boden (verschiedene Topographien), Infrastruktur (Tunnel, Brücken, BÜ, Gleise, Weichen, ...), Elektrifizierung, Signal- und Leittechnik, Bahnhöfe, Betriebswerke, Elektro- und Diesel-Lokomotiven (inkl. Instandhaltung), Elektro- und Diesel-Triebwagen, Güter- und Personen-Wagen sowie Energiekosten der Elektro- und Diesel-Traktion. Die Quelle dürfte sowohl hinsichtlich ihrer Zielstellung und Systematik als auch hinsichtlich der Detaillierung und Aussagekraft der Angaben für die Arbeit zahlreicher Fachleute höchst wertvoll sein. Allerdings ist die Quelle inzwischen über 20 Jahre alt, so dass die dargestellten Größenordnungen der Kosten das Preisgefüge der späten 1990-er Jahre repräsentieren. Aus Perspektive des Jahres 2022 wäre eine Aktualisierung der Quelle wünschenswert.

### **Erkenntnisse aus der Quellenrecherche**

Die Analyse von Ausgaben und die Kostenoptimierung beschäftigt die Eisenbahn bereits seit dem 19. Jahrhundert. Während zunächst die Profitmaximierung im Mittelpunkt stand, wandelte sich das Optimierungsziel, um im Wettbewerb der Verkehrsträger zu bestehen. Ganzheitliche Veröffentlichungen zu zur branchenspezifischen Betriebswirtschaft von Eisenbahnbahn-Infrastrukturunternehmen einschließlich zugehöriger Kostenanalyse im Bahnsystem gibt es nur als historische Quellen. Aktuelle Quellen beziehen sich auf wenige Kostenanalysen mit spezialisierter Aufgabenstellung. Es wurde keine aktuelle Quelle gefunden, die das ganzheitliche Zusammenwirken von Verkehrsaufgabe, Betriebsaufgabe und resultierender technischer Realisierung beschreibt. Immerhin wurde im Rahmen einer Dissertation ein praktisch nutzbares Optimierungswerkzeug entwickelt, was Planungen unterstützt. Das Quellenstudium zeigt zudem, dass aussagekräftige Kostenanalysen sehr aufwändig sind. Entsprechend muss die Ressourcenausstattung ausreichend sein, um repräsentative und detaillierte Analysearbeit auszuführen. Kostenschätzungen zu Einzelprojekten sind insbesondere im Umfeld geförderter Bauprojekte häufiger zu finden, wenngleich nicht immer öffentlich zugänglich. Kostenschätzungen sind sogar Voraussetzung zur Feststellung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses bei öffentlich geförderten Vorhaben.

Innerbetriebliche Analysen werden durch zahlreiche Akteure im Eisenbahnwesen jeweils für ihren Verantwortungsbereich durchgeführt – und alle – so viel hat die Recherche auch gezeigt – setzen auf individueller Datenbasis auf. Veröffentlichungen mit dem Fokus auf die Analyse des Finanz- und Investitionsbedarfs bzw. der Aufwendungen und Ausgaben für Infrastrukturen regionaler Erschließungsbahnen wurden im Zusammenhang mit konkreten Bau- bzw. Investitionsprojekten gefunden, ohne jedoch den Bewirtschaftungsaufwand während der Lebenszeit der Anlage zu berücksichtigen. Preise und Preislisten für Bauten und Infrastrukturen sind schwierig zu interpretieren. Einerseits können Angebotspreise aufgrund der dynamischen Preisbildung am Markt im Zeitverlauf stark schwanken. Die Dynamik der Marktpreise im Wechselspiel von Angebot und Nachfrage wird durch EIU-typische Faktoren geprägt, die in den Quellen am Rande erwähnt werden: So ist der zeitliche Vorlauf einer Bestellung preisrelevant. Kurzfristige Beschaffungen, beispielsweise bei plötzlichem Ausfall einer Anlage und hoher Dringlichkeit der Neubeschaffung der Infrastrukturkomponente oder einer infrastrukturbezogenen Dienstleistung – insbesondere bei Einzelanfertigungen oder selten nachgefragten Produkten oder Dienstleistungen – lassen deren Preise im Einzelfall deutlich steigen. Weiterhin sind limitierte Kapazitäten und Lieferfähigkeit an einem vernetzten Markt im Kontext des globalisierten Handels bis in die Einkaufsabteilung mittelständisch geprägter Nebenbahnunternehmen spürbar – und damit auch global wirksame Krisen.

Das Thema „Kosten und Nebenbahn“ ist derzeit implizit Bestandteil der Infrastrukturplanung und damit auch der politischen Diskussion (Einzelpublikationen der Verbände), aber es fehlen aktuelle, grundsätzliche und explizite verkehrswissenschaftliche (bzw. verkehrswirtschaftliche) Monographien. Es gibt zahlreiche Publikationen zu Kosten von Eisenbahnen (überwiegend Hauptbahnen) sowie Publikationen zu Nebenbahnen, aber kaum zur Darstellung der Lebenszykluskosten. Die Recherche zeigte auch, dass das Thema einen interdisziplinären Ansatz verlangt, der Rechnungswesen und Betriebswirtschaft sowie die bahntechnische, bautechnische und projektbezogene Expertise zusammenführt. Da die Lebenszykluskosten regionaler Erschließungsbahnen bei Reaktivierungen und Leistungssteigerungen, aber auch bei Bewirtschaftung ein wichtiges Thema sind, haben EIU und EVU ein Eigeninteresse, um ungerechtfertigte „Kostentreiber“ zu identifizieren und zu beseitigen. Es ist unwahrscheinlich, dass solche Faktoren unbemerkt bleiben. Die Lage kann im Zusammenhang mit Subventionierung und Förderung anders sein, je nachdem, wie (Förder-)Instrumente gestaltet und (Fehl-)Anreize gesetzt werden – besonders in Relation zur langfristigen finanziellen Ausstattung des Eisenbahnsystems über mehrere Dekaden hinweg. Wenn trotz Sensibilität und glaubhaftem Bemühen um Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnunternehmens die Ausgaben- und Kostensituation dauerhaft angespannt ist und bleibt, muss es noch andere Faktoren geben, die kostenwirksam sind – und die entweder unbemerkt bleiben oder „extern“ auf das Eisenbahnsystem wirken. Im Rahmen des hier dargestellten Projektes wurde an dieser Stelle fortgesetzt, um mögliche weitere Faktoren zu identifizieren, die speziell im mittelständisch geprägten Umfeld der regionalen Erschließungsbahnen wirksam sein können.

### 3 Grundlegendes über Wirtschaftlichkeit und Kosten

Aufgrund des interdisziplinären Charakters der Aufgabenstellung an der Schnittstelle der Ökonomie und des Ingenieurwesens werden zunächst einige grundlegende Zusammenhänge zu Wirtschaftlichkeit und Kosten im Zusammenhang mit Bau und Betrieb von regionalen Erschließungsbahnen dargestellt, die im Rahmen der Projektbearbeitung zusammengetragen wurden. Diese werden nachfolgend thematisch gegliedert dargestellt.

#### **Wirtschaftlichkeit**

Wirtschaftlichkeit bzw. wirtschaftliches Handeln heißt, dass knappe Ressourcen effizient und effektiv eingesetzt werden bzw. dass Input und Output in einem ökonomischen System ausgeglichen sind – so auch Aufwendungen und Nutzen. Wirtschaftliches Handeln führt zu Nachhaltigkeit und langfristiger ökonomischer Stabilität. Wirtschaftlichkeit ist nicht zwangsläufig mit Gewinnerzielung oder -maximierung verbunden und sollte auch nicht mit ihr verwechselt werden. Dies ist insbesondere im Zusammenhang mit der Eisenbahnverkehrswirtschaft wichtig: Wenn gleich es beispielsweise keine Erwartungen an einen öffentlich-rechtlichen Eisenbahnbetrieb im Sinne eines „public service“ gäbe, dass dieser profitabel oder profitmaximiert erbracht wird – so ist es doch auch für solche Unternehmen zwingend erforderlich, das Gebot der Wirtschaftlichkeit einzuhalten. Sogar im Falle einer öffentlichen Finanzierung ergibt sich der Zwang zum ökonomischen Handeln aus dem volkswirtschaftlichen Kontext heraus, wonach schlussendlich der durch ein Verkehrssystem verursachte Ressourcenaufwand innerhalb der Volkswirtschaft durch einen entsprechenden Input ausgeglichen sein muss. Dieser Ausgleich soll die Volkswirtschaft möglichst wenig belasten bzw. ein günstiges Aufwand-Nutzen-Verhältnis aufweisen. Instrumente wie die Standardisierte Bewertung dienen der objektiven Feststellung dieses Verhältnisses über die Vielfalt der Vorhaben hinweg.

#### **Zeitreihen und Aufwendungen im Lebenszyklus (Life Cycle Costs (LCC))**

Die Gesamtanlage „Eisenbahn“ im Sinne eines kompletten Produktionssystems wird typischerweise ohne zeitliche Befristung für die Zukunft errichtet. Nur selten kommt es vor, dass schon in der Planungsphase bekannt ist, dass die Anlage nach einer bestimmten Zeit wieder demontiert wird, wie z. B. bei Industriebahnen im Tagebau oder auf Großbaustellen. Im Allgemeinen werden Eisenbahnen errichtet, wenn ein zeitlich unbefristetes ausreichendes Verkehrsaufkommen erwartet wird. Entsprechend hat die Produktionsanlage insgesamt im Regelfall ebenfalls kein vorab bekanntes Lebensende. Das ist typisch für raumstrukturprägende technische Anlagen, wie ebenfalls z. B. für Siedlungen, Staudämme, Fernsehtürme oder Verkehrsanlagen wie Schifffahrtskanäle, Rohrleitungen, Straßen oder Eisenbahnen. Damit können diese Anlagen sehr gut im Zeitverlauf optimiert werden: Wenn eine Zeitreihe durch vorausschauendes Handeln geglättet bzw. gesteuert wird, können daraus u. U. Vorteile generiert werden. Die Zeitreihe zahlreicher geschäftsrelevanter Parameter der Eisenbahn lässt sich langfristig beeinflussen, so z. B. Anlagennutzung bzw. Verkehrsangebot (Zugang, Fahrplan, Tarif) sowie Netzgestaltung mit Grundbesitz, Fahrzeugen, Infrastruktur sowie der Personalbedarf. Weil beispielsweise die Errichtung, Wartung und Modernisierung/Ersatzbeschaffung baulicher Anlagen besonders aufwandsintensiv sind, besteht ein großer Nutzen darin, diese Aktivitäten zeitlich zu ordnen. So können Bedarfs- und Aufwandsspitzen und -lücken über viele Jahre geglättet werden, was

den Ressourcenbedarf für Reinvestitionsvorhaben und Instandhaltung auf das unbedingt notwenige (und immer noch umfangreiche) Maß minimiert. Sehr langfristige Raum-, Verkehrs-, Netz- und Angebotsplanung ist Ausdruck dieses Bestrebens. Entsprechend sind Eisenbahnen im Regelfall daran interessiert, Aufwendungen und Kosten der Anlage im langjährigen Zeitverlauf aktiv zu steuern – wenngleich dies manchmal nicht populär ist und zeitweise/punktuell von dieser Strategie abgewichen wird. Die Optimierung von Zeitreihen und das vorausschauende Handeln über viele Jahre erfordern frühzeitige und stabile Grundsatz- bzw. Systementscheidungen, langlebige und robuste Technologien, berechenbare bis statische Organisationsstrukturen und langfristige Planung, teils über Dekaden voraus, und die zugehörige Bereitstellung finanzieller Mittel. Diese Grundsätze kontinuierlich durchzuhalten ist eine strukturelle Herausforderung. Mehr noch: Nicht nur, dass diese Werte manchmal wider den Zeitgeist sein können. Es ist ebenfalls eine Herausforderung, die persönliche Berufslaufbahn der beteiligten Menschen mit dem Zeitverhalten der Anlage zu harmonisieren. So kommt es oft vor, dass Menschen eine Idee entwickeln und unter Mühen vorantreiben, während erst die nachfolgende Generation die Inbetriebnahme erlebt und mit dem betrieblichen Erfolg die Früchte der Bemühungen ihrer Vorgängerinnen und Vorgänger erntet. Vor diesem Hintergrund sind auch echte „Quick wins“ und „low hanging fruits“ selten und schwierig zu finden. Über die längste Zeit ihrer Existenz haben es Eisenbahnverwaltungen geschafft, die Vorteilsgewinnung durch vorausschauendes Handeln zu institutionalisieren und damit auch zu einem gewissen Teil von temporärer Fluktuation durch Mode und Zeitgeist zu entkoppeln. Aus diesem Grunde erscheint das Eisenbahnsystem oft als nicht reformierbar und träge. Aber gerade im Kontext der Kostenoptimierung im Lebensverlauf der Produktionsanlage muss dieser Optimierungsansatz erwähnt werden. Gegenteilige Effekte – meist externe Einflüsse – können die Optimierung verhindern und wirken als Kostentreiber. In diesem Zusammenhang sind beispielhaft die häufige Änderung rechtlicher Rahmenbedingungen oder technischer Standards zu nennen – oft noch bevor die letzte Änderung vollständig im System umgesetzt wurde, das plötzliche Aufsetzen von Großprogrammen mit dem Ziel ihrer kurzfristigen Umsetzung oder die Bereitstellung von Fördermitteln / Fördertöpfen für nur wenige Jahre – oft verbunden mit spezifischen Forderbedingungen, womit aktiv von außen die Zeitreihenoptimierung gestört wird.

Eine zentrale Maßnahme zur Steuerung der Zeitreihe „Systemkosten“ ist das Streben nach Einsatz langlebiger Wirtschaftsgüter bei den Eisenbahninfrastruktur anlagen. Diese können Nutzungsdauern von 30 Jahren und teilweise bis zu 80 oder 100 Jahren haben – und passen daher gut zur oben beschriebenen Optimierung langer Zeitreihen. Die Analyse von Aufwand und Nutzen über den Lebenszyklus (Life Cycle) lässt sich entsprechend auf einzelne Systemkomponenten anwenden, um daraus Handlungen und Entscheidungen abzuleiten. Dabei beruht die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems Eisenbahn zu einem großen Teil auf der hohen Leistungsfähigkeit vieler Anlagen, verteilt auf ein riesiges Territorium und entlang langjähriger Zeitreihen der Produktionsanlage. Die Herausforderung besteht darin, dass die Anlage so dimensioniert ist, dass sie mit geringem spezifischem Aufwand (Beschaffung, Wartung) bei berechenbarer Qualität über möglichst viele Jahre ihren Anteil an der Verkehrsleistung erbringt. Entsprechend sind Eisenbahninfrastruktur anlagen dadurch geprägt, dass sie robust und stabil sowie wartungsfreundlich und wartungsarm sind – und dabei möglichst geringe laufende Kosten erzeugen, wie z. B. Energiebedarf oder Überwachungs- und Pflegeaufwand. Im Ergebnis wirken Eisenbahninfrastruktur anlagen daher auf dem ersten Blick manchmal grobschlächtig oder sogar primitiv. Die unbeteiligte Öffentlichkeit nimmt sie manchmal sogar als technisch hinter den Möglichkeiten wahr. Denn oft sieht man zwar rostige Schienen und schmutzige Schwellen. Aber nur Wenige wissen, dass die zugrundeliegende Robustheit und Langlebigkeit eine – wenn nicht sogar

DIE wichtigste Kostensparstrategie im Produktionssystem Eisenbahn sind. Die Bahnanlage ist dann wirtschaftlich, wenn sie selbst unbeaufsichtigt in der Landschaft befindlich, ihre Funktion zuverlässig erbringt und im Lebensverlauf vorhersehbar arbeitet sowie einen geringen Pflegeaufwand erzeugt. Entsprechend sind definierte Qualitätskriterien zur Zuverlässigkeit (Reliability), Verfügbarkeit (Availability), Wartungsfreundlichkeit/Wartungsarmut (Maintainability) und funktionaler Sicherheit (Safety) einzuhalten, wobei die Anforderungen an die Qualität der Komponenten und an die Gesamtanlage bzw. der wesentlichen Produktionsmittel vergleichsweise hoch sind. Daraus resultiert auch, dass zunächst hohe Investitionen erforderlich sind, damit später im weiteren Lebensverlauf der Anlage möglichst geringe laufende Betriebskosten entstehen.

Über den gesamten Lebensverlauf mit den Phasen Errichtung, Betrieb (die teils viele Jahrzehnte lang sein kann) und Stilllegung der Produktionsanlagen schwanken Aufwendungen stark: Hohen initialen Aufwendungen in der Errichtungsphase folgen geringe Betriebskosten in der Betriebsphase, die mit hohen Aufwandsspitzen durchsetzt ist, wenn für einzelne Komponenten das Ende der Nutzungsdauer erreicht ist und eine Ersatzbeschaffung zu tätigen ist (Brückenerneuerung, Oberbausanierung o. ä.). Zum Ende des Lebenszyklus bei Stilllegung und Demontage der Gesamtanlage treten typische Aufwendungen für Rückbau und Wiederherstellung des Ursprungszustandes auf.

Das Verhalten der Zeitreihen sowie die Lebenszykluskosten sind explizit bei den Datenanalysen zu berücksichtigen.

### **Investitionsbedarf und Kosten**

Zahlreiche Bauvorhaben im Eisenbahnbereich bilden Anlagevermögen – sowohl im betriebswirtschaftlichen als auch im volkswirtschaftlichen Sinne. Beispielsweise wird beim Bau einer Brücke oder dem Errichten einer Bahnstrecke Geldkapital in Anlagekapital umgewandelt. Das dafür erforderliche Geldkapital heißt Investition oder Investitionsmittel. Dieser Investitionsbedarf wird umgangssprachlich oft als „Kosten“ bezeichnet. Dies ist aber fachlich nicht korrekt. Kosten ist die Bezeichnung für wiederkehrende Aufwendungen im Produktivbetrieb. Aus ökonomischer Sicht sind „Kosten“ in einem Produktionssystem unvermeidbar. Durch die Vermarktung des Outputs dieser Produktionsmittel stehen den Kosten entsprechende Einnahmen gegenüber. Im Zusammenhang mit Bau und Betrieb von Nebenbahnen, speziell mit dem Neuerrichten, Aufwerten oder Reaktivieren, sind sowohl das erforderliche Investitionsvolumen als auch die im Lebenszyklus entstehenden Kosten wichtige Parameter, um zu entscheiden, ob die Wirtschaftlichkeit des Produktionssystems erreicht wird oder erreichbar ist. Es gibt Kosten, die das Eisenbahnunternehmen selbst steuern kann und Faktoren, die durch Einwirken externer Umstände die Kosten auf Seiten des EIU beeinflussen.

Im Zusammenhang mit dem Investitionsbedarf bei Eisenbahnen entwickeln Gesellschaften unterschiedliche Ansichten. So gab es in der deutschen Eisenbahngeschichte lange Zeit die Auffassung, dass investive Ausgaben für die Eisenbahn eine kollektive Wertanlage darstellen. Der geschaffene Wert dient der Sicherstellung der Mobilität für alle. Man könnte auch sagen, dass sich das Gemeinwesen eine riesige Mobilitätsmaschine leistet, von der alle profitieren, deren Werthaltigkeit jeder intuitiv erfassen kann und deren Werterhaltung für jeden außer Frage steht. Dieses Bewusstsein war insbesondere in jener Zeit ausgeprägt, in der noch nicht jeder Landstrich an das Eisenbahnsystem angeschlossen war und viele Menschen aktiviert waren, um endlich den „Anschluss an die große, weite Welt“ zu bekommen und die dafür erforderliche Anlage als wertvoll im Sinne des Wortes wahrgenommen haben.

## **Kostenrechnung, Kostenanalyse, Kostenoptimierung**

Kostenrechnung, Kostenanalyse und Kostenoptimierung sind verschiedene betriebswirtschaftliche Methoden, deren Bezeichnung ähnlich ist – weshalb sie umgangssprachlich oft synonym gebraucht, aber aus fachlicher Sicht völlig unterschiedlich sind. Kostenrechnung ist ein Verfahren des innerbetrieblichen Finanzwesens, um Kosten im Unternehmen systematisch zu erfassen und das Kostenverhalten des Unternehmens aktiv zu steuern (control = Steuerung). Die Kostenanalyse ist ein deskriptives Verfahren, um entstandene Kosten zu strukturieren und systematisch Schlussfolgerungen abzuleiten. Dabei besteht die Herausforderung in der großen Vielfalt von Transaktionen und Kapitalflüssen, die richtig erfasst und interpretiert werden müssen. Im Kontext regionaler Erschließungsbahnen (Nebenbahnen) ist die Kostenoptimierung ein Verfahren, um ein optimales Zusammenspiel von

- Einnahmepotenzial, z. B. in Form von Verkehrsleistung, Kaufkraft, Bestellerbudget,
- örtlichen Randbedingungen für das Eisenbahnsystem (systemexterne Aufwandsursachen), wie z. B. Topologie, Siedlungsdichte, Industrialisierung,
- den örtlichen Bedingungen entsprechend der Produktionsmittel einsetzen (effiziente Produktion)

herzustellen. Zur vollständigen und konsistenten Identifikation von Kostenfaktoren wurden im Projekt zwei Modellansätze verwendet:

- Input-Output-Modell: Der Ansatz legt die Basis, um das Produktionssystem einer Nahverkehrsbahn und die zugeordneten Kostenstrukturen zu erfassen.
- Ursache-Wirkungs-Modell: Die Unterscheidung in Ursachen und Wirkungen hinterfragt, durch welche Effekte die Kostenposition beeinflusst wird.

## **Nebenbahn**

Eisenbahnen sind im Kanon der Verkehrsträger besonders leistungsfähige Produktionssysteme zur Bewältigung großer Verkehrsströme mit vergleichsweise hoher Ressourceneffizienz aufgrund des geringen Rollwiderstandes zwischen Stahlrad und Stahlschiene im Zusammenwirken mit der Fähigkeit zur Zugbildung. Mit der Unterteilung in Hauptbahn, Nebenbahn (Sekundärbahnen) und Kleinbahn (Tertiärbahnen) im 19. Jahrhundert konnten diese Subsysteme jeweils ihre typische Funktion mit der passgerechten Geschäftsausstattung erbringen, wobei die Flächenerschließung des Raumes die Hauptaufgabe der Nebenbahnen ist. Im Verlaufe der Motorisierung des Straßenverkehrs im 20. Jahrhundert ist die flächige Raumerschließungsfunktion der Neben- und Kleinbahnen zum großen Teil vom Straßenverkehr übernommen worden, weshalb viele Nebenbahnen zurückgebaut und praktisch alle Kleinbahnen bis auf wenige Ausnahmen sogar vollständig aufgegeben wurden. Im Verlauf dieses Strukturwandels wurden Nebenbahnen oft stark vernachlässigt, weshalb ihnen bis heute das Image eines langsam, unmodernen und vernachlässigten Verkehrsmittels anhängt. Dabei sind Nebenbahnen keineswegs Billig-Bahnen. Eisenbahnen – und auch Nebenbahnen – sind verhältnismäßig teuer und wertvoll – in Errichtung und Bewirtschaftung – und damit nur dort erfolgreich zu betreiben, wo eine entsprechende Mindest-Verkehrsnachfrage aktivierbar ist oder ein entsprechendes Potenzial erschlossen werden kann. Auch heute und zukünftig obliegt den Nebenbahnen die

Aufgabe der regionalen Raumerschließung entlang ihrer Streckenachsen (regionale Erschließungsbahn). Eine wichtige Herausforderung der Nebenbahnen ist daher auch, durch aktive Öffentlichkeitsarbeit ein verfestigtes Image in der Öffentlichkeit zu korrigieren.

Das Allgemeine Eisenbahngesetz (AEG) definiert das übergeordnete Netz als Teil des einheitlichen europäischen Eisenbahnraums (§ 2b AEG) innerhalb des regelspurigen Eisenbahnnetzes. Nebenbahnen werden im AEG nicht definiert. Die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) unterscheidet im Geltungsbereich regelspuriger Eisenbahnen öffentlicher EIU die Strecken entsprechend ihrer Bedeutung in Hauptbahnen und Nebenbahnen (§ 1 EBO). Nach welchen konkreten Kriterien eine Bahnstrecke als eine Hauptbahn oder eine Nebenbahn klassifiziert wird, ist dabei nicht explizit geregelt. Vielmehr werden nachfolgend Anforderungen an den Ausbauzustand formuliert, deren Realisierung im gegebenen Fall eine Eisenbahn zu einer Nebenbahn macht. Da der Ausrüstungszustand einer Eisenbahnstrecke indirekt die Möglichkeiten des Produktionsprogramms (Fahrplan) determiniert, resultiert aus den Parametern der EBO entsprechend eine im Vergleich zur Hauptbahn geringere mögliche Anzahl und Geschwindigkeit der Züge oder Dichte des Zugverkehrs bei geringeren Ausbauanforderungen. Dennoch zeigt die Recherche, dass Nebenbahnen in ihrem Marktsegment leistungsfähige Massentransportsysteme sind, wenngleich auf anderem Kosten- und Leistungsniveau als die Hauptbahnen. Nebenbahnen können in ihrer Leistung und Ausprägung erheblich variieren. Gemäß der Definition des AEG können auch Nebenbahnen zum übergeordneten Netz gehören.

Aufgrund ihrer Erschließungsfunktion in der Fläche lässt sich feststellen, dass die Eisenbahnen zwar nach den Regeln der Technik und des Geschäfts eine Anlage bewirtschaften können, sie aber immer davon abhängen, dass Regionalpolitik und Raumplanung so agieren, dass Verkehrsquellen und Verkehrssenken im Einzugsbereich der Bahnen erhalten bleiben oder neu entstehen. Der Nebenbahnbetrieb wird häufig durch mittelständische Eisenbahnunternehmen erbracht. Kennzeichnend ist, dass diese im Unterschied zu den Staatsbahnen und ihren Nachfolgeunternehmen eher kleinen Unternehmen über limitierte Ressourcen für Prozesse außerhalb des eigentlichen Geschäftsprozesses verfügen, wie z. B. für Raumplanung, Großinvestitionen, Forschung und Innovation sowie Verwaltung und Bürokratie.

### **Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU)**

Das Wesen der EIU ist mit folgenden Zitaten skizzierbar:

- „Eisenbahnen sind öffentliche Einrichtungen oder privatrechtlich organisierte Unternehmen, die Eisenbahnverkehrsleistungen erbringen (Eisenbahnverkehrsunternehmen) oder eine Eisenbahninfrastruktur betreiben (Eisenbahninfrastrukturunternehmen).“ (§ 2, Abs. 1 AEG)
- „Betreiber der Schienenwege ist jedes Eisenbahninfrastrukturunternehmen, das für den Bau, den Betrieb, die Unterhaltung, die Instandhaltung und die Erneuerung der Eisenbahnanlagen, einschließlich Verkehrsmanagement, Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalebung zuständig ist, mit Ausnahme der Schienenwege in Serviceeinrichtungen.“ (§ 2, Abs. 7 AEG)

Hinsichtlich der Marktstruktur ist für das deutsche Eisenbahnsystem festzustellen, dass es mit der DB Netz AG ein herausragend großes EIU gibt, was aus den deutschen Staatsbahnen DB und DR hervorgegangen ist und als Eisenbahn des Bundes (EdB) das gemäß Verfassung in öffentlichem Ei-

gentum befindliche deutsche Eisenbahnnetz bewirtschaftet. Daneben gibt es insbesondere im Bereich der regionalen Erschließungsbahnen (Nebenbahnen) zahlreiche deutlich kleinere mittelständisch geprägte EIU. Insbesondere bei der Untersuchung der Aufwendungen bzw. Kostensituation im Bereich der Infrastruktur von Nebenbahnen ist dieser Zusammenhang relevant. Die Unternehmensgröße korreliert stark mit dem erforderlichen Aufwand für die Selbstverwaltung. Kleine und mittelständische Unternehmen können u. a. deshalb erfolgreich im unteren Leistungssegment eines Massenverkehrssystems agieren, weil die Selbstkosten gering sind.

### Produkt und Produktanforderungen an den Eisenbahnverkehr

Das Kerngeschäft des Eisenbahnverkehrs ist die Ortsveränderung von Personen und Gütern über mittlere und lange Distanzen, wobei ein wesentliches Leistungsmerkmal die Möglichkeit zur Beförderung großer Mengen ist (Massenverkehr). Die nachfolgende Abbildung zeigt, dass die Eisenbahn auch im Vergleich zu den anderen Verkehrsträgern ein hohes Leistungsspektrum abdecken kann.

Tabelle 5: Eisenbahn im Vergleich der Verkehrsträger

| optimale Kapazität                        | optimale Ortsveränderung von Gütern und Personen durch... | optimale Beförderungsweite                         |             |
|---|---|--|-------------|
|   |   | Kurz-/Mittelstrecke                                | Langstrecke |
| geringer/mittlerer Durchsatz/Ladeleistung | Straßenverkehr (MIV, Straßengüterverkehr)                 | Straßengüterverkehr, Luftverkehr, selten Eisenbahn |             |
|   | Binnenschifffahrt (Güter, langsam)                        | Seeschifffahrt (Güter, langsam)                    |             |
| hoher Durchsatz/ Ladeleistung             | SPNV (Personen, schnell)                                  | Luftverkehr (schnell)                              |             |
|   | Eisenbahn (Personen und Güter)                            | Eisenbahn (Güter, Personen)                        |             |

Die hohe Ladeleistung ermöglicht die **Bündelung der Nachfrage**, wodurch der Nutzer von Kostenvorteilen in Sinne einer „Shared Ressource“ profitieren kann – wodurch im Vergleich zum Individualverkehr geringere Transportkosten möglich sind. Dort ist der Nutzer für die Bereitstellung des Verkehrsmittels und die Durchführung der Fahraufgabe zu einem großen Teil selbst verantwortlich. Allerdings werden die Verkehrswege für den Straßenverkehr öffentlich bereitgestellt – und im Unterschied zum Eisenbahnverkehr sogar weitgehend unabhängig vom Errichtungs- und Betriebsaufwand der Anlage und der Intensität der Nutzung. Diese Ungleichheit stellt die Eisenbahn vor die große Schwierigkeit, den genannten theoretischen Kostenvorteil für die Nutzer tatsächlich praktisch umzusetzen. Das Produkt- bzw. Leistungsportfolio der Eisenbahnen ist differenziert in

- Personennahverkehr (Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV), Schienenpersonennahverkehr (SPNV), Stadtbahnen/Light Rail) – im Regelfall in räumlich abgegrenzten Regionalmärkten, z. B. Ballungsräume mit Pendlereinzugsgebieten, territoriale Zuständigkeitsräume von öffentlich-rechtlichen Aufgabenträgern,
- Personenfernverkehr innerhalb von Nationalstaaten sowie grenzüberschreitend und teilweise interkontinental, wobei aufgrund der starken Abhängigkeit von einer leistungsfähigen Infrastruktur, die aus historischen Gründen im Kerngebiet einzelner Nationalstaaten existiert, der Personenfernverkehr innerhalb von Nationalstaaten dominierend ist,

(Linien-)Gütertransporte, Supply-Chain-Transporte i. d. R. auf der Basis von Ganzzügen und Wagenladungstransporten über große Entfernung, Kombinierter Verkehr, Gefahrguttransport, früher auch Stückgutbeförderung und Einzelwagenladungsverkehr, auch über mittlere Distanzen.

Spezifische Anforderungen an das Eisenbahnsystem sind aus Kundensicht

- Personenbeförderung: Ortsveränderung mit minimalem Zeitaufwand (Haustür – Haustür) bei minimalem Ressourceneinsatz (Preis, Sekundäraufwand wie Warten und Umsteigen) und mit teils variierenden Anforderungen an Sekundärleistungsmerkmale wie Pünktlichkeit, Komfort, Infotainment,
- Gütertransport: Ortsveränderung von Gütern mit minimalem Ressourcenaufwand und hoher Zuverlässigkeit bei möglichst hoher Anpassungsfähigkeit an Produktionsabläufe mit den entsprechend entstehenden Stoffflüssen.

Das Marktsegment der regionalen Erschließungsbahnen („Nebenbahnen“) weist eine spezifische Charakteristik auf, v. a. geringe Distanzen, Erschließung eher ländlich geprägter Räume mit großflächig verteilter Verkehrsnachfrage, in urbanen, touristisch attraktiven oder industriell geprägten Räumen auch mittlere bis hohe Verkehrsnachfrage im Reiseverkehr und Gütertransport; Raumerschließung entlang des Verkehrsweges, wobei Bedienpunkte (Verkehrsstationen, Frachtverladung) sehr nah, aber auch sehr weit auseinander liegen können.

### **Leistungsmerkmale des Eisenbahnverkehrs**

Das für die Leistungserbringung notwendige Produktionssystem wird entsprechend der räumlichen Verteilung der Nachfrage so angeordnet, dass Nachfrage bedient/aktiviert werden kann, v. a. geringer Netzzugangs-Widerstand. Die dadurch entstehende charakteristische flächige Anordnung der Produktionsmittel eines Eisenbahnbetriebs sorgt gleichzeitig dafür, dass große Teile der Produktionsanlage öffentlich zugänglicher Raum sind (Personenverkehrsstationen, Ladebereiche) und zahlreiche Interaktionspunkte mit dem öffentlichen Raum entstehen (z. B. Wegübergänge, Flurbegrenzungen). Das führt zu spezifischen (hohen) Anforderungen an das Produktionssystem, z. B. Gewährleistung von Sicherheit und Ordnung (Safety, Security) – alles aus Sicht des Eisenbahnunternehmens aufwandssteigernde Faktoren an die Qualität des Kernprodukts und verbundener Nebenleistungen, wie beispielsweise die Sauberkeit und Sicherheit in Bahnstationen.

Die vorgehaltene Kapazität und gebündelte Nachfrage sollen Leistungs- und Preisvorteile für die Endkundin oder den Endkunden generieren, welche gleichzeitig entstehende systematische Nachteile (Fahrplanbindung, diskreter Systemzugang, hohe Fixkosten) überkompensieren müssen. Aus intramodaler Sicht besteht relativ geringer Spielraum für eine signifikante Leistungsdifferenzierung der Eisenbahndienstleister untereinander, da der Sektor inhärent einer starken Uniformität der Kernleistung und alle Beteiligten Unternehmen einer öffentlich-rechtlichen Einflussnahme unterliegen (ein Netz, eine Strecke, ein Fahrplan, eine Aufsicht). Beispielsweise müssen sich alle EVU in einer Domäne den Netzzugangsbedingungen des jeweiligen Infrastrukturbetreibers unterordnen, so dass die Qualität des Kerngeschäfts des Eisenbahnverkehrs an vielen entscheidenden Stellen nicht durch das Verkehrsunternehmen beeinflusst werden kann. Ein Eisenbahnbetrieb ist dann erfolgreich, wenn Kundinnen und Kunden im Einzugsbereich (Nachfragepotenzial der Produktionsanlage) das passende

Angebot auswählen und diese Nachfrage anforderungsgemäß bedient wird, wobei die erzielten Erlöse ausreichend sind, um die entstehenden Produktionskosten zu decken, das eingesetzte Kapital zu verzinsen und investitionsfähig zu sein (Ersatz, Modernisierung) und darüber hinaus ggf. einen angemessenen Gewinn auszuschütten.

Anforderungen der klassischen Verkehrswissenschaft [10] an einen Verkehrsbetrieb sind Leistungsfähigkeit, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit – heutzutage zu ergänzen um das Ziel der Nachhaltigkeit – ein „Magisches Viereck“, was durch alle Beteiligten in einem dynamischen Gleichgewicht gehalten werden muss. Die Schwierigkeit besteht darin, die sich teilweise widersprechenden Ziele in größtmögliche Überdeckung zu bringen. So ist beispielsweise die Forderung nach Wirtschaftlichkeit insoweit ein wichtiges Korrektiv, um zu verhindern, dass das Produktionssystem Eisenbahn zu einem leistungsfähigen, sicheren und nachhaltigen Produktivsystem entwickelt wird, was am Ende aber so teuer ist, dass der erforderliche Input weder in Form von Einnahmen durch Kundinnen und Kunden noch durch Subvention des Gemeinwesens zu bewältigen ist.

Die aktuell gültigen europarechtlich definierten „grundlegende[n] Anforderungen“ [11] umfassen Sicherheit, Zuverlässigkeit und Betriebsbereitschaft, Gesundheit, Umweltschutz, Technische Kompatibilität und Zugänglichkeit. Das Wort „Wirtschaftlichkeit“ kommt in der deutschen Fassung der Interoperabilitätsrichtlinie an zwei Stellen vor – an beiden Stellen nicht im Kontext einer Anforderung an das Eisenbahnsystem. Die genannten grundlegenden Anforderungen jedoch – so wichtig und richtig sie sind – stellen letztlich Kostenfaktoren aus betriebswirtschaftlicher Sicht eines Eisenbahnbetriebs dar. Die unbegrenzte Forderung nach den genannten Anforderungen kann jedoch langfristig dazu führen, dass alle Anforderungen durchgesetzt werden – und im Ergebnis ein unbezahlbarer Produktionsapparat entstanden sein wird. Die Durchsetzung der grundlegenden Anforderungen gemäß Interoperabilitätsrichtlinie stellt de facto einen staatlichen Eingriff in die unternehmerische Autonomie eines Eisenbahnbetreibers dar. Dem steht allerdings kein erkennbares Korrektiv gegenüber, um diesen Eingriff an der Wirtschaftlichkeit eines Einzelunternehmens oder des gesamten Verkehrsträgers als Wirtschaftssektor auszurichten. Damit ist anscheinend nicht strukturell verankert, dass der Gesetzgeber bzw. den Regelsetzer die Angemessenheit spezieller kostensteigernder Anforderungen dahingehend prüft, ob ein höherer erforderlicher System-Input zu einem adäquat gesteigerten System-Output führt und das Produktionssystem weiter in der Lage, die allgemein erwartete Kernfunktion zu leisten.

### **Geschäftsbetrieb und Wirtschaftlichkeit im Eisenbahn-Infrastrukturunternehmen**

Der Geschäftszweck des EIU ist die Bereitstellung von betriebsbereiten Infrastrukturanlagen sowie der Verkauf freier Raum-Zeit-Slots auf Bahnstrecken zur Nutzung durch den Bahnverkehr, der durch EVU im Zusammenwirken mit dem EIU erbracht wird. Durch Produktionsplanung und infrastrukturseitiges Trassenmanagement in der Vorbereitung, z. B. Erarbeitung des Jahres-/Halbjahresfahrplans sowie des tagesaktuellen Fahrplans und ein dispositives Verkehrsmanagement im Augenblick der Produktion soll die optimale Ausnutzung der bereitgestellten Anlage erreicht werden. Dabei ist die Gewährleistung eines diskriminierungsfreien Netzzugangs für jedes Verkehrsunternehmen eine wichtige Anforderung an die Arbeitsweise eines EIU. Entsprechend sind wesentliche Geschäftsprozesse die Produktionsplanung, die Produktionsdurchführung (Betrieb) – beides im Zusammenspiel mit den Verkehrsunternehmen – sowie die Anlagenbereitstellung (laufende Instandhaltung sowie bedarfsweise die Durchführung umfangreicher Baumaßnahmen zur Erneuerung bzw. Modernisierung von Anlagen, wie Erneuerungsinvestition und Investivprojekte, die teilweise den Charakter von

Neubauprojekten haben können). Aufgrund der oft erheblichen räumlichen Ausdehnung und Verteilung der Produktionsanlagen und dem teils stark variierenden Charakter der eingesetzten Gewerke, z. B. Bautechnik, Schwachstromelektrik, Energietechnik, Informatik, Maschinentechnik, Funk- und Fernmeldetechnik, Wasserbau, Umwelttechnik ist die Eigenkoordinierung bzw. interne Integrationsfähigkeit eine wichtige Voraussetzung für den erfolgreichen Geschäftsbetrieb eines EIU. Dabei besteht für EIU eine große Herausforderung darin, dass einerseits unternehmerische Gestaltungskraft und Eigenverantwortung erwartet und gewünscht werden, andererseits jedoch unternehmensexterne Akteure, wie z. B. politische Entscheider, Kundinnen und Kunden, Besteller, Eisenbahnauflaufsicht und zahlreiche Interessengruppen an vielen Stellen tief in das Unternehmen eingreifen und es von der strategischen Ausrichtung bis zur Abwicklung des Tagesgeschäfts auf unterschiedlichen Ebenen und auch in unterschiedlicher Frequenz und Vorhersehbarkeit beeinflussen.

### **Aspekte der Kostenoptimierung bei Bau und Betrieb von Nebenbahnen**

Kostenentscheidungen werden im mittelständischen Eisenbahninfrastrukturunternehmen (KMU-EIU) prinzipiell nach ähnlichen Prinzipien und Abläufen wie in jedem anderen Wirtschaftsunternehmen getroffen. Die Entscheidungen dienen dem unternehmerischen Interesse und entsprechen dem vorab definierten Geschäftsziel. Themen wie Anpassungsfähigkeit, Flexibilität der Anlage und Nutzung sowie Durchsetzung eigener Effizienz-Ziele (Kostenziele) unterliegen der unternehmerischen Eigenverantwortung und werden durch Kundenbedürfnisse/Kundenverhalten (Besteller SPNV, Fahrgäste im Eigenwirtschaftsbetrieb, verladende Wirtschaft im SGV) determiniert. Kostenrelevante Entscheidungen eines KMU-EIU können aber auch durch externe Akteure, z. B. durch die Ordnungspolitik beeinflusst werden. Weil Kosten durchgehend im Verlaufe des Lebenszyklus eines Unternehmens entstehen, ist der Lebenszyklus des Unternehmens der Ausgangspunkt der Überlegungen mit folgenden Phasen:

- Phase 1 Initialisierung (des Produktionssystems) – erstmalige Errichtung/Bau der erforderlichen Bahnanlagen
- Phase 2 Phase der aktiven Geschäftstätigkeit
- Phase 3 Geschäftseinstellung

Im Sinne eines „Top-down-Ansatzes“ ist der Bedarf nach Kostenoptimierung dort besonders hoch, wo wesentliche kostenrelevante Entscheidungen getroffen werden (Kostenpositionen mit hohen Volumina), so beispielsweise

- initiale Planung oder Überplanung der Gesamtanlage im Rahmen der Neuerrichtung, Aufwertung (Ausbau, Erweiterung) oder Reaktivierung nach zwischenzeitlich erfolgter (partieller) Produktionseinstellung oder Produktionseinschränkung,
- Re-Investitionen zur Erneuerung und Modernisierung im Verlaufe des Lebenszyklus der Anlage,
- Mehrjahresplanungen und langfristige Verträge, die für sich genommen ggf. sogar geringe Volumina umfassen können, aber oft und für lange Zeit und dadurch hohe Gesamtwirksamkeit haben.

Abbildung 3 zeigt ein Modell, was die Kostenoptimierung in einem KMU-EIU bezogen auf den Bau und Betrieb seiner Produktionsanlagen beschreibt.

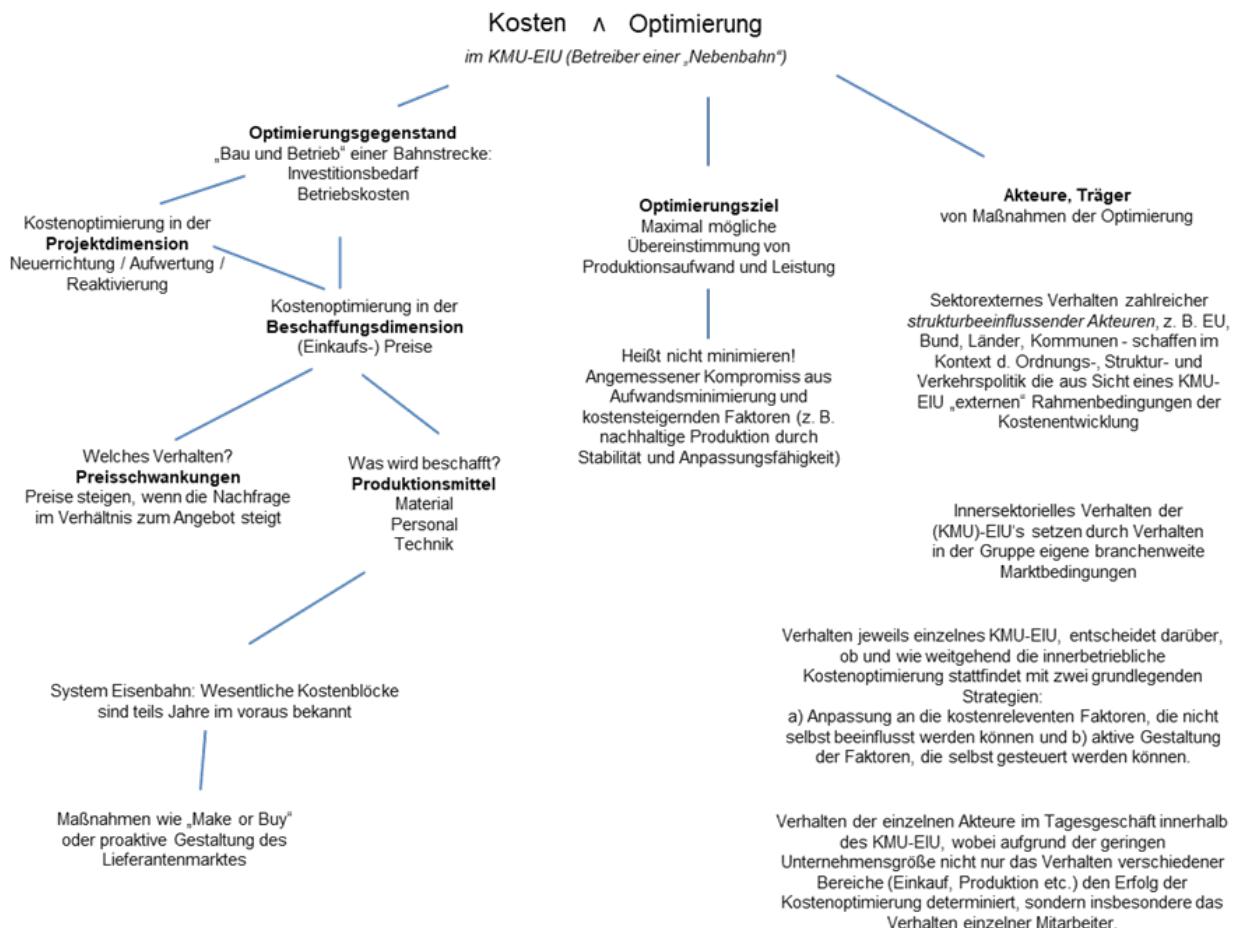


Abbildung 3: Modellhafte Darstellung der Kostenoptimierung im KMU-EIU

Gemäß Modell sind Parameter einer Kostenoptimierung der Gegenstand selbst – einschließlich indirekt damit verbundener Preisentwicklung. Weiterhin sind Optimierungsziel und Akteure/Träger wesentliche Größen. Die Darstellung zeigt, dass die Kostenoptimierung im KMU-EIU an vielen Stellen nicht in den Händen des Unternehmens selbst liegt – weit über reine Material- und Leistungspreise, die am Markt für Bauwerke und Bauleistungen bezogen werden.

## 4 Aufwandsbeeinflussende Faktoren bei Bau und Betrieb von Nebenbahnen

Die Literaturrecherche hat gezeigt, dass die wesentlichen aufwandsbeeinflussenden Faktoren bei Bau und Betrieb von Eisenbahnen bereits seit langer Zeit bekannt sind. Gleichzeitig war auch erkennbar, dass es im Detail durchaus Veränderungen im Zeitverlauf gibt. Daher wurde im weitere Projektverlauf untersucht, ob in den vergangenen Jahren neue und bisher unbekannte aufwandsbeeinflussende Faktoren in Erscheinung getreten sind. Oder ob bekannte Aufwandsfaktoren außergewöhnliche Steigerungen erfahren haben. Dazu wurde zunächst im Rahmen von Expertenworkshops nach möglichen Ursachen für Aufwandssteigerungen gefragt. Diese subjektive Wahrnehmung einzelner Fachleute und Praktikerinnen und Praktikern wurde später in der Datenanalyse an Eingangshypothese genutzt.

An dieser Stelle sei daran erinnert, dass die Befragungen im Jahr 2020 stattgefunden haben und sich auf die Jahre etwa 2010 bis 2020 bezogen. Seit dem Jahr 2020 haben die mehrjährige Pandemiesituation sowie der Ausbruch des Ukraine-Krieges (2022) den Untersuchungsgegenstand teils stark verändert.

Folgende Faktoren wurden in Befragungen von Praktikerinnen und Praktikern sowie Expertinnen und Experten als derzeit besonders aufwandssteigernd benannt:

Eine Reihe Faktoren lässt sich unter der Überschrift Meta-Einflüsse, Anforderungen des Gemeinwesens, politische Anforderungen, Marktentwicklung zusammenfassen. Genannt wurden in diesem Zusammenhang allgemeine Rohstoffknappheit, Personal- und Fachkräftemangel im Bausektor und im Eisenbahnsektor, Generationswechsel unter Praktikern und Experten verbunden mit Wissens- und Erfahrungsverlust; Technik-Skepsis, Over-Engineering und unzureichendes Systemverständnis unter Eisenbahnern sowie der Einsatz innovativer, aber noch unreifer und teils noch nicht betriebstauglicher Technik, bei der sich noch zeigen muss, ob das Aufwand-Nutzen-Verhältnis bei Anwendung im Eisenbahnwesen überhaupt gegeben ist. Gestiegene Anforderungen an den Umweltschutz, immer enger gefasste Anforderungen an die Interoperabilität und die Pflicht zur Herstellung überregionaler Einheitlichkeit im Bahnsystem „um jeden Preis“ sowie der bürokratische Aufwand zum Nachweis regelkonformen Verhaltens (z. B. hinsichtlich Einhaltung von Regeln der Technik oder Compliance), insbesondere im Zusammenhang mit Beschaffung von Gütern und Leistungen, wurden durch Praktikerinnen und Praktiker sowie Expertinnen und Experten in den vergangenen Jahren als aufwandssteigernd empfunden. An vielen Stellen habe sich der Markt entwickelt, z. B. bei Errichtung von Bauwerken bzw. die Beauftragung von Baufirmen und sei in den letzten 10 Jahren um ca. 10-15 % teurer geworden, so die Einschätzung der Praktikerinnen und Praktiker.

Darüber hinaus wirken höhere Ansprüche an Angebot, Leistung und Produkt des Eisenbahnsystems aufwandssteigernd im Segment Nebenbahnen. Da Nebenbahnen insbesondere im ländlichen Raum bzw. in der Fläche betrieben werden, besteht der Wunsch bei Nutzerinnen und Nutzern sowie Bestellern nach einer hohen Qualität des Systems, die oft am intermodalen Vergleich mit dem Straßenverkehr gemessen wird: allzeit verfügbares Angebot und geringer Zeitbedarf für das Zurücklegen der Wege, auch in der Fläche. Entsprechend besteht der Wunsch nach hoher Geschwindigkeit auch auf Nebenbahnen, teils über die 80 bis 100 km/h hinaus auf 120 oder gar 140 km/h, obwohl angesichts

des erforderlichen Haltestellenabstandes zur Raumerschließung und dem Beschleunigungs-/Bremsvermögen von Eisenbahnfahrzeugen mit Stahlrad auf Stahlschiene die hohe Geschwindigkeit oft weder betrieblich noch wirtschaftlich sinnvoll ist. Die Steigerung der Angebotshäufigkeit bzw. Verkehrsdichte auf Nebenbahnen wird derzeit oft im Zusammenhang mit der Verkehrswende gefordert. Oft wird dabei übersehen, dass diese Leistungssteigerung mit einer aufwändigeren Anlagenausstattung erkauft werden muss. Je nach örtlichen Verhältnissen kann eine eingleisige Nebenbahn mit maximal drei Zügen je Stunde und Richtung betrieben werden, also sechs Züge insgesamt, die an definieren Stellen auf der Strecke sicher kreuzen müssen. Entsprechend ist die Menge an Kreuzungsbahnhöfen vorzusehen. Das Zugaufkommen wiederum beeinflusst beispielsweise die Sicherung von Wegübergängen oder Maßnahmen zum Lärmschutz. Sollen die Züge noch dichter fahren, muss eine eingleisige Strecke abschnittsweise zweigleisig ausgebaut werden. Alle diese Maßnahmen sind umsetzbar und machbar – sie haben aber ihren Preis. Und nach Meinung der befragten Expertinnen und Experten sowie Praktikerinnen und Praktiker ist die gewünschte Leistungssteigerung im Segment der Nebenbahnen durchaus umsetzbar, man dürfe aber dann nicht verwundert danach fragen, warum der Ausbau der Nebenbahn so teuer sei. Im Zusammenhang mit gestiegenen Ansprüchen an Angebot, Leistung und Produkt wurden weiterhin der Wunsch nach höherem Komfort, die Sicherheits- und Qualitätsphilosophie verbunden mit dem Erfordernis für Ausbau und Ausrüstung, die Lage und Verlauf der Bahnverbindung und schließlich die Tragfähigkeit der Bahnanlage genannt, die in den vergangenen Jahren an Bedeutung erlangt haben – und deren Umsetzung tendenziell aufwandssteigernd beim Bau und Betrieb von Nebenbahnen war und ist.

### Zuordnung von Ursachen und deren Wirkungen

In Vorbereitung auf die Datenanalyse wurden eine Zuordnung der oben erfassten aufwandssteigenden Einflussfaktoren als Ursache für Aufwandssteigerungen und die mögliche Auswirkung auf die Kosten und damit auf die zu untersuchenden Daten vorgenommen:

- **Zersplitterung des Sektors in zahlreiche Akteure** mit Partikularinteressen und damit einhergehend zahlreiche innersektorale Schnittstellen, die tendenziell Effizienz und Effektivität kosten – einschließlich der Trennung von Netz und Betrieb – sowie die Entkopplung von Eisenbahnbetrieb und Eisenbahnaufsicht mit Wirkung auf Bau- und Betriebsaufwand, Verwaltungsaufwand, Koordinationsaufwand und Zeitbedarf. Da der Sektor der Nebenbahnen mittelständisch geprägt ist, wird diese Situation besonders intensiv wahrgenommen. Und andersherum: Der Erfolg der integrierten mittelständischen Eisenbahnunternehmen zeigt, wie förderlich es ist, wenn im Bereich der Nebenbahnen die Organisation vereinfacht wird.
- **Verpflichtung zur Herstellung europäischer Interoperabilität auch auf Nebenbahnen** mit Wirkung auf Bau- und Betriebsaufwand, Verwaltungsaufwand, Planungsaufwand, Beschaffungs- und Errichtungsaufwand. Dabei wirkt verstärkend, wenn die Herstellung der Interoperabilität nicht sukzessive im Rahmen der laufenden Selbsterneuerung (Zeitreihenoptimierung) erfolgt – was bei einem fast zweihundertjährigen System vermutlich ebenfalls mehrere Jahrzehnte dauern dürfte, sondern gemäß politischen Vorgaben schneller erfolgen soll.
- **Mangelnde langfristige Strategie und Planung**, wodurch zeitliche Vorläufe für Produktion, Beschaffung und Umsetzung bei limitierten Ressourcen fehlen – mit Wirkung auf Bau- und Betriebsaufwand, Kostensteigerung überall dort, wo Zeit und Timing preiswirksam sind, z. B. Planungsaufwand, Beschaffungs-, Errichtungsaufwand;

- **Uunausgewogene Marktordnung**, z. B. einseitige Abhängigkeiten von Lieferanten und Abnehmern in spezifischem Marktgefüge, insb. Vorhalten von Kapazitäten bei allen Beteiligten, mit Wirkung auf Bau- und Betriebsaufwand, Planungsaufwand, Beschaffungs-, Errichtungs- und Stilllegungsaufwand;
- **Ständig und schnell wechselnder gesetzlicher und normativer Rahmen;**
- **Hohe Anforderungen an die formale Nachweisführung und Dokumentation** der Einhaltung von Regeln mit Wirkung auf Bau- und Betriebsaufwand, Planungsaufwand, Beschaffungs-, Errichtungsaufwand;
- **Hohe Anforderungen an die Funktionalität der Nebenbahn**, z. B. Geschwindigkeit, Zugfolge, Möglichkeit zur Nutzung als Ausweichstrecke für Hauptbahnen (Oberbautragfähigkeit, Gleislängen) mit Wirkung auf Bau- und Betriebsaufwand, Planungsaufwand, Beschaffungs-, Errichtungs- und Stilllegungsaufwand;
- **Integrationsaufwand für innovative Technologien** (Technologiesprünge), die zunächst erhöhten Aufwand im Vergleich zur Steigerung des Nutzens bewirken – mit Wirkung auf Bau- und Betriebsaufwand, Planungsaufwand, Beschaffungs-, Errichtungsaufwand;
- Zunehmend Verwendung von **Technik mit vergleichsweise geringerer Bahnfestigkeit** und Lebenserwartung als „Alttechnik“, die jedoch gemäß Vergaberecht oft als wirtschaftlichstes Gebot auszuwählen ist – oder die beschafft wird, um modern zu wirken. Nur Wenige konstatieren öffentlich, dass es dem System Eisenbahn guttut, wenn es als Technologiefolger zurecht nur solche Technologien einsetzt, die in anderen Sektoren ausgereift sind;
- **Demographischer Wandel**, Fachkräftemangel bei Eisenbahnunternehmen, Behörden und in der zuliefernden Wirtschaft einhergehend mit einer Wissens- und Erfahrungslücke, wenn Erfahrungsträger in den Ruhestand versetzt werden und der Nachwuchs noch unerfahren ist – mit Wirkung auf Personalaufwand und -kosten (Qualifikationsaufwand, spezifische Personalleistungsfähigkeit) sowie auf Bau- und Betriebsaufwand, Planungsaufwand, Beschaffungs-, Errichtungsaufwand – wobei die Fehler vor 10 bis 15 Jahren gemacht wurden und nun die Konsequenzen sichtbar werden. Dabei ist das absehbare Steigen der Lohnkosten nur eine Facette. Die Eisenbahn lebt in vielen Bereichen von Erfahrung und Erfahrungswertergabe als einfache aber effektive Form des Wissensmanagements in hierarchischen Systemen. Der Transfer relevanten Systemwissens erfolgt von „unten“ in der Hierarchie durch Aufstieg im Karriereverlauf nach „oben“. Diese Kette ist unterbrochen und wurde durch Checklisten ersetzt, mit denen die nachwachsenden Generationen und Quereinstiegender leidlich versuchen, mangelnde Erfahrung zu kompensieren. Hiervon sind im besonderen Maße die Tätigkeitsbereiche im Eisenbahnwesen betroffen, in denen hohe Systemverantwortung durch Einzelne zu tragen ist – vom Betriebspersonal vor Ort bis hin zu Zulassung und Aufsicht. Dieser Aspekt wirkt grundsätzlich hemmend auf die Produktivität des Gesamtsystems, kann aber auch konkret kostenwirksam werden, wenn beispielsweise aus mangelnder Erfahrung und Systemkenntnis falsche Entscheidungen getroffen werden;
- **Mangelnde allgemeine öffentliche Akzeptanz** für notwendige Einrichtungen für Mobilität und Verkehr mit Wirkung auf Zeitbedarf, Bau- und Betriebsaufwand, Planungsaufwand (einschl. Aufwand bei Rechtsstreitigkeiten), Beschaffungs-, Errichtungsaufwand;
- Insgesamt **Komplexitätszunahme für Nebenprozesse** bzw. Prozesse weit abseits der eigentlichen Wertschöpfung an der oder dem Reisenden oder Verlader, insb. Die Organisation von Fördermitteln (Antragstellung, Aufwand zur Einhaltung von Förderrichtlinien, Bü-

rokratie zu Dokumentation, Reporting und Nachweisverpflichtung); Beschaffungsprozesse und die einzuhaltenden Regeln bei Vergaben, Zeit- und Abstimmungsbedarf für Planungen insbesondere zur Aufklärung rechtlicher Unsicherheiten in konkreten Vorhaben.

Die oben genannten Zusammenhänge wurden im Rahmen von Recherche und Expertengesprächen erfasst. Sie gelten für den weiteren Verlauf als Arbeitshypothesen, die es zu überprüfen gilt. Demnach besteht der Auftrag der Datenanalyse darin, dass auf Basis von Daten der letzten Jahre herauszufinden ist, ob die beobachteten Zusammenhänge nachweisbar sind. Dabei ist bereits an dieser Stelle erkennbar, dass alle identifizierten Ursachen gleichzeitig an mehreren Stellen im Kostengefüge eines EIU gleichzeitig wirksam werden und sich dabei überlagern. Entsprechend wird die Datenanalyse mit Fokus auf folgende Kostenstrukturen durchgeführt:

- Baukosten: Beschaffungs- und Errichtungsaufwand insbesondere bei Investivprojekten mit zugehörigen Planungskosten
- Anlagenbetrieb mit Fokus auf die Instandhaltungsaufwendung und ggf. zugehörigen Beschaffungskosten

Die oben dargestellten Zusammenhänge deuten bereits darauf hin, dass die Datenauswertung aufgrund des zu erwartenden Umfangs stichprobenartig erfolgen muss.

# 5 Datenanalyse Investitionsprojekte und Instandhaltung

## 5.1 Ziel und Methodik

Bisher wurden mögliche aufwandssteigernde Faktoren identifiziert. Außerdem wurde erarbeitet, an welchen Stellen die aufwandssteigernden Faktoren auf die Kosten eines EIU einwirken können. Im Rahmen einer Analyse werden Kostendaten der vergangenen Jahre auf typische und atypische Kostenbeträge und Kostenanteile hin untersucht. Vorbehaltlich der Eignung der verfügbaren Daten soll untersucht werden, ob die oben als Arbeitshypothese formulierten aufwandssteigernden Faktoren in den vergangenen 10 bis 20 Jahren nachweisbar sind. Die Datenanalyse erfolgte anhand Investivprojekten und Instandhaltungsaufwendungen sowie zugehörige Rahmenverträgen mehrerer EIU des Nebenbahnsegments. Aufgrund des Umfangs und der Uneinheitlichkeit der Daten musste eine Vorgehensweise entwickelt werden, um den Datenbestand aufzubereiten und aussagekräftig auszuwerten. Seitens der beteiligten EIU wurden archivierte Datenbestände der Finanzbuchhaltung, der Projektverwaltung und der Förderantragstellung bzw. -abrechnung für das Forschungsprojekt bereitgestellt. Auf dieser Basis hat die Projektgruppe eine die häufigsten auftretenden und vergleichbaren Kostenstrukturen in Bauprojekten analysiert.

### *Anmerkungen zum Datenbestand der DB RNI Erzgebirgsbahn (EGB)*

Der Datenkontext der durch die EGB bereitgestellten Daten ist ein gut ausgelastetes Netz aus Nebenbahnen im Mittelgebirgsraum. Die Anlagen befinden sich nach Sanierung in den frühen 2000er Jahren insgesamt in gutem Zustand (Betriebsphase). Im Abstand einiger Jahre werden umfangreichere Vorhaben wie z. B. Brückensanierungen, durchgeführt, was sich im Datenbestand mit einzelnen Jahren mit scheinbaren Kostenausschlägen zeigen kann. Im Netz der EGB wird überwiegend bestellter SPNV erbracht. Die Datengrundlage umfasste

- 1707 Baumaßnahmen aus 236 investiven Projekten,
- Zeitraum 1996 – 2020 gesucht, Daten verfügbar ab 2002 (Gründung EGB), elektronisch auswertbar ab 2006,
- Daten zu Notmaßnahmen, z. B. nach Naturkatastrophen, und Leit- und Sicherungstechnik (LST)-Maßnahmen waren vorhanden, wurden aber nicht ausgewertet/einbezogen (Aufgabenstellung, Vergleichbarkeit).

Zahlreiche Maßnahmen umfassen mit allen erforderlichen Prozessen mehrere Jahre – so auch z. B. vorherige Bestellung von Baumaterial. Das Startjahr der Maßnahme wurde entsprechend als maßgebendes Jahr betrachtet. Planungs- und Entsorgungskostenanteile wurden separat untersucht. Zunächst wurden die entstandenen effektiven Kosten ohne Inflationsbereinigung untersucht. Die statistische Darstellung erfolgte nach Quartalen (Q1, Q2 bzw. Durchschnitt sowie Q3), um die Streuung zu berücksichtigen.

#### Anmerkungen zum Datenbestand der Osthannoverschen Eisenbahn (OHE)

Der Datenkontext der durch die OHE bereitgestellten Daten umfasste ein öffentlich gefördertes Investitions- und Modernisierungsprogramm in einem Teilnetz der OHE. Die Strecken werden insb. durch den Schienengüterverkehr (Holz, Baustoffe, Dünger) genutzt mit über 4000 Zugfahrten im Jahr 2018 auf den gegenständlichen Strecken. Als Datenquelle diente ein Kostenüberschlag des Jahres 2019 zum Antrag auf Zuwendung gemäß Gesetz zur Förderung der Schienenwege der öffentlichen nicht bundeseigenen Eisenbahnen für den Schienengüterfernverkehr (SGFFG) für die Vorhaben zur Teilerneuerung der Nord-Süd Achse der OHE. Projekte waren insb. Oberbaumaßnahmen an Gleisen, Weichen und Büs im Zeitraum 2019 – 2020 in sieben Teilprojekten. Die bereitgestellten Daten waren Soll-Kosten (Förderantragsphase). Bei den Daten der Gleisbaumaßnahmen war Information zu Gleislängen vorhanden, bei Daten der Weichenerneuerungen waren Zweigleishalbmesser, Material und Weichenart vorhanden und bei den Daten der BÜ-Maßnahmen war der Einsatz von STRAIL-Aufbauten und der Tragwerkschicht dokumentiert. Weiterhin wurden Abrechnungsunterlagen bereitgestellt, die im Rahmen der Förderdokumentation anzufertigen sind. Damit waren auch Informationen zu Kosten nach tatsächlichen Baukosten und Stofflieferungskosten vorhanden.

#### Anmerkungen zum Datenbestand der DB RNI Kurhessenbahn (KHB)

Der Datenkontext der durch die KHB bereitgestellten Daten bezog sich auf die Reaktivierung der Strecke Frankenburg (Eder) – Korbach als RegioNetz KHB. Die Datenquelle war eine Kostenabrechnung gemäß SAP. Die Kosten-Daten umfassten BKZ (Baukostenzuschüsse); Schrotterlöse waren nicht bilanziert. Die Zahlen stammten aus dem Jahr 2015.

Im Rahmen der **Aufbereitung** wurden die Daten zugeordnet und entsprechend der unterschiedlichen Datenquellen DB RNI EGB, OHE und DB RNI KHB zueinander synchronisiert. Nicht relevante Datensätze (z. B. LST, TK, E – nicht Gegenstand des Projekts), wurden identifiziert und aussortiert. Unternehmenstypische Sonderfälle (z. B. CM2/BSg bei der EGB) wurden ebenfalls entfernt. Die sortierten Daten entsprechen der Systematik gemäß Abbildung 4.

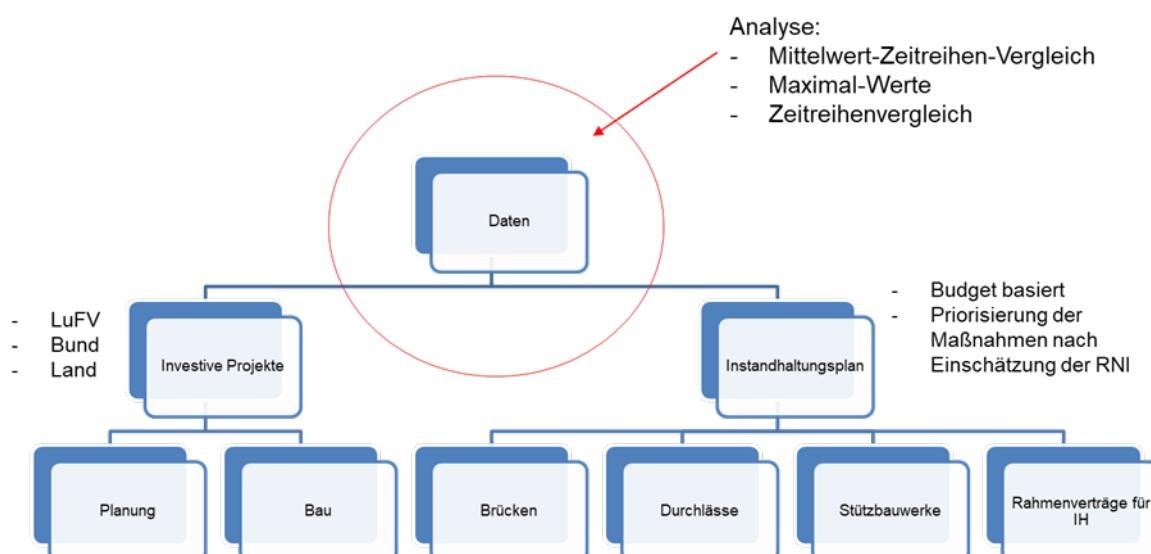


Abbildung 4: Systematik der ausgewerteten Daten

Im Schritt **Kategorisieren & Auswählen** wurden die Kostenpositionen mit dem höchsten jährlichen Budgetbedarf und vergleichbare Projekte ermittelt. Im Sinne der Aufgabenstellung wurden relevante „Kostentreiber“ dort vermutet, wo auch hohe Beträge umgesetzt werden. Außerdem wurden die Daten gleichbleibend standardisierter Leistungen und Ausgaben untersucht, z. B. Reinigung von Durchlässen. Damit ist sichergestellt, dass sich mögliche Preisänderungen auf gleichbleibende Lieferungen/Leistungen beziehen. Zur Datengrundlage „SAP-Auszug“ ist noch anzumerken, dass es sich um stark aggregierte Information handelt, auf deren Basis es schwierig ist, ein detailliertes Bild über ein Projekt zu gewinnen, ohne subjektiv oder spekulativ zu sein. Im Ergebnis der bisher dargestellten Arbeitsschritte lässt sich bereits feststellen, dass der Aufwand zur Datenerschließung zum Zweck der Aufgabenstellung sehr hoch ist. Dieser Aufwand steigt nochmals deutlich, wenn Information aus dem Zeitalter vor der Nutzung (vernetzter) Computer und Serverablagen in der Buchhaltung der EIU einbezogen werden. In diesem Falle müssten Buchhaltungs- und Projektunterlagen in Papierform in Archiven gesucht, gefunden und ausgewertet werden.

## 5.2 Auswertung investiver Projekte

Bei investiven Projekten handelt es sich um umfangreiche Baumaßnahmen in der Produktionsanlage des EIU während der Betriebsphase des Unternehmens. Dabei werden Großanlagen und Bauwerke am Ende der Nutzungszeit umfangreich modernisiert bzw. saniert oder verschleißbedingt durch Neubauten ersetzt. Typische Beispiele für investive Projekte sind Stützmauersanierungen, Brückenerneuerungen, Gleiserneuerungen, Weichenaustausch oder Ersatzneubauten von Bahnsteigen. Die Maßnahmen übersteigen deutlich das sonst übliche Volumen der laufenden Instandhaltung. Entsprechend werden investive Projekte und Instandhaltungsmaßnahmen sowohl buchhalterisch als auch prozessual getrennt voneinander behandelt. Investive Projekte haben sehr viel Ähnlichkeit mit reinen Neubauvorhaben. Unter Umständen sind auch Planfeststellungen erforderlich. Im Regelfall verliert die Anlage im Rahmen der Sanierung ihren bisherigen Bestandsschutz, so dass aktuell gültiges Recht anzuwenden ist. Damit sind funktionale Erweiterungen wie z. B. Lärmschutz oder Herstellung der Barrierefreiheit vorzunehmen und entsprechende Anlagen gemäß aktuell gültiger Regeln der Technik zu errichten. Investive Projekte sind entsprechend der Lage, Örtlichkeit sowie der auszuführenden Arbeiten sehr speziell und hinsichtlich entstehender Aufwendungen oft schwierig miteinander vergleichbar. Der Umfang und die Komplexität bei investiven Maßnahmen erfordern frühzeitige Festlegung von Terminen und Zeitplänen – teils Jahre vor der eigentlichen Umsetzung. Damit ist kaum die Flexibilität gegeben, um zum Zeitpunkt der Realisierung auf teurere oder günstigere Preise zu reagieren. Entsprechend wurden Aussagen und Erkenntnisse zu Kosten und Aufwendungen auf eine möglichst breite Datenbasis gestützt: Baumaßnahmen wurden ausgewertet, die vergleichsweise oft im Eisenbahnnetz auftreten und die gut untereinander vergleichbar sind. Dies waren

- Weichenerneuerungen
- Gleiserneuerungen. Einheitskosten pro Streckenkilometer berücksichtigt.

Bahnübergänge wurden nicht weiter ausgewertet, da LST-Kosten und Baukosten nicht getrennt erfasst waren. Die Auswertung der Sanierung von Bauwerken wie Brücken oder Bahnsteigen war nicht möglich, da in den zur Verfügung stehenden Daten keine oder zu wenige Daten vorhanden waren.

Entsprechend sei der Hinweis für mögliche zukünftige Kostenanalysen gegeben, dass seltene Ereignisse im Gesamtnetz öfter auftreten, jedoch damit zu rechnen ist, dass der Aufwand für die Gewinnung und Aufbereitung der Daten sehr hoch wird.

Die Auswertung der Aufwendungen für **Gleiserneuerung** (absolute Werte) zeigt: Die Aufwendungen je Kilometer liegen um das Jahr 2006 im Bereich von etwa 400 bis 500 T€ je Kilometer und bewegten sich um das Jahr 2008 im Bereich 500 bis 600 T€. Die zugehörigen anteiligen Planungsaufwendungen sind im gleichen Zeitraum rückläufig.

Die Auswertung der Aufwendungen für **Weichenerneuerungen** (absolute Werte) zeigt, dass im Zeitraum 2006 bis 2020 die Aufwendungen im Bereich von etwa 60 bis 80 T€ lagen und im Verlauf leicht rückläufig waren. Allerdings hat der Anteil der Planungskosten im gleichen Zeitraum deutlich zugenommen – von etwa 10 bis 15 T€ um 2006 auf 25 bis 30 T€ um 2020.

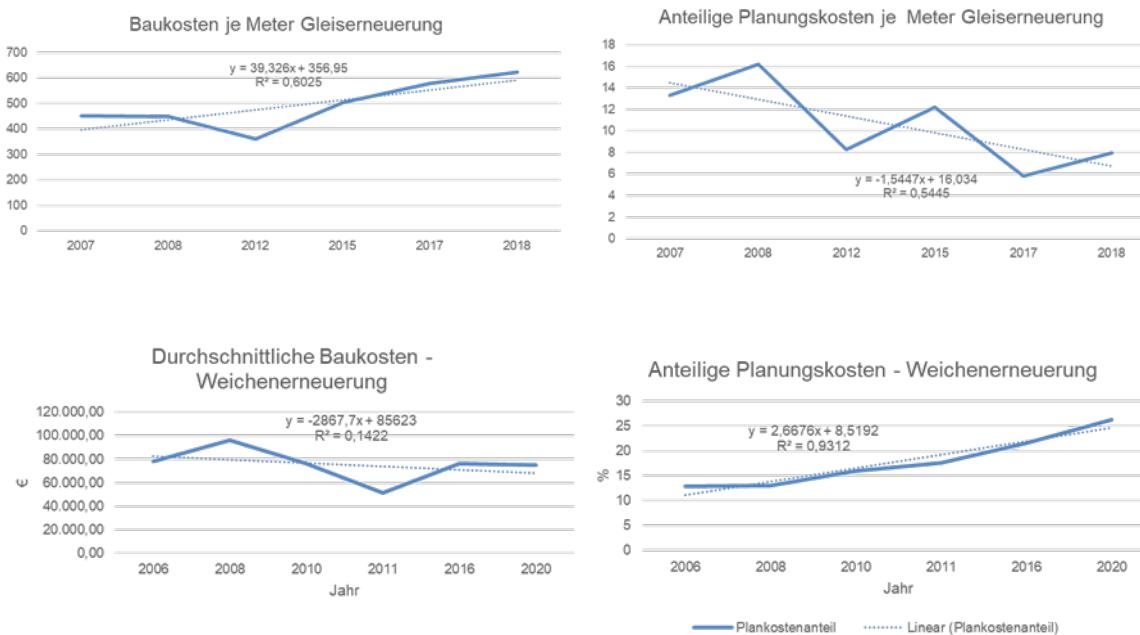


Abbildung 5: Aufwendungen investiver Projekte sowie anteilige Planungskosten am Beispiel Gleiserneuerung (oben), Weichenerneuerung (unten)

Die beiden Beispiele zeigen, dass das Kostenverhalten der Investivprojekte untereinander stark variieren kann. Außerdem ist **Vorsicht bei Interpretation von Absolutwerten** geboten. Kostensteigerungen im Zeitverlauf sind oft dadurch begründet, dass in einzelnen Jahren mehr Maßnahmen bearbeitet wurden. Die absolute Größe ist kein guter Indikator, um allgemeine Kostensteigerungen zu identifizieren! Entsprechend wurde die Auswertung mit normierten Werten fortgesetzt – und ergab folgendes Bild:

Die Aufwendungen für **Gleiserneuerungen** (GE) (normierte Daten) schwankten in den Jahren 2004 bis 2020 stark. Eine signifikante Kostensteigerung ist aber nicht erkennbar – die durchschnittlichen Einheitskosten liegen bei etwa 200.000 €/km. Die Schwankungen der spezifischen Kosten im Zeitverlauf sind nicht allein auf das Volumen (Gleislänge) zurückzuführen. Allerdings ließen sich die Ursachen für die teils starken Schwankungen zwischen 200 T€/km und 800 T€/km in 16 Jahren aus den

vorliegenden Daten nicht entnehmen. Um dies zu ergründen, müssten die GE-Projekte einer detaillierteren Analyse unterzogen werden. Aufgrund des gegebenen Projektbudgets konnte diese Detailuntersuchung nicht vorgenommen werden und fokussierte sich auf die Identifikation außergewöhnlicher Kostenentwicklungen (Aufwandssprünge bzw. „Kostentreiber“). Auf die Ermittlung der Ursachen von Schwankungen musste daher im vorliegenden Projekt verzichtet werden. Auch mit Berücksichtigung einer jährlichen Inflationsrate von etwa 1,5 bis 2 % ist im gesamten Verlauf der Jahre 2004 bis 2020 keine Kostensteigerung ableitbar. Ebenso ist der Planungskostenanteil weitgehend stabil, was interessant ist, denn die vorher durchgeföhrten Befragungen von Praktikern und Experten hatten ergeben, dass die Planungsaufwendungen in den letzten Jahren geföhlt stark gestiegen waren. Mit 35 Maßnahmen bei der EGB und 10 Maßnahmen bei der OHE war die Stichprobe für eine statistische Auswertung sehr klein. Teils gab es Jahre ohne Gleiserneuerungen. Aus den vorhandenen Daten ist damit insgesamt zwar ein gleichbleibendes Kostenniveau festzustellen aufgrund der kleinen Stichprobe bezieht sich diese Aussage aber nur auf die ausgewerteten Unternehmen.

Die Aufwendungen für **Weichenerneuerungen** (normierte Daten) waren in den Jahren 2005 bis 2013 stabil und sogar leicht rückläufig. Von 2013 bis 2020 sind starke Schwankungen erkennbar. Die durchschnittlichen Aufwendungen betrugen im Zeitraum 2005 bis 2013 etwa 65.000 €/Weichenerneuerung und stiegen auf durchschnittliche Kosten von 128.000 €/Weichenerneuerung im Zeitraum 2014 bis 2020. Dies ist eine Verdoppelung innerhalb von 15 Jahren und damit tatsächlich eine signifikante Versteuerung. Die vorliegenden Daten ließen allerdings keine Zuordnung der Ursachen für die Kostenzunahme und den Sprung nach 2014 zu. Es konnte festgestellt werden, dass die Ursache des Anstiegs wohl nicht die Materialkosten waren. Ein signifikanter Unterschied nach Schwellenmaterial (Beton oder Holz) konnte ebenfalls nicht festgestellt werden. An dieser Stelle besteht weiterer Forschungsbedarf, um die einzelnen Maßnahmen im Detail auszuwerten und miteinander zu vergleichen. Weil dafür die archivierten Unterlagen der damaligen Projektbuchhaltung im Detail aufbereitet werden müssen, ist bei dieser Auswertung mit einem erheblichen Aufwand zu rechnen. Die Stichprobengröße umfasste 65 Maßnahmen bei der EGB und 2 Maßnahmen bei der OHE.

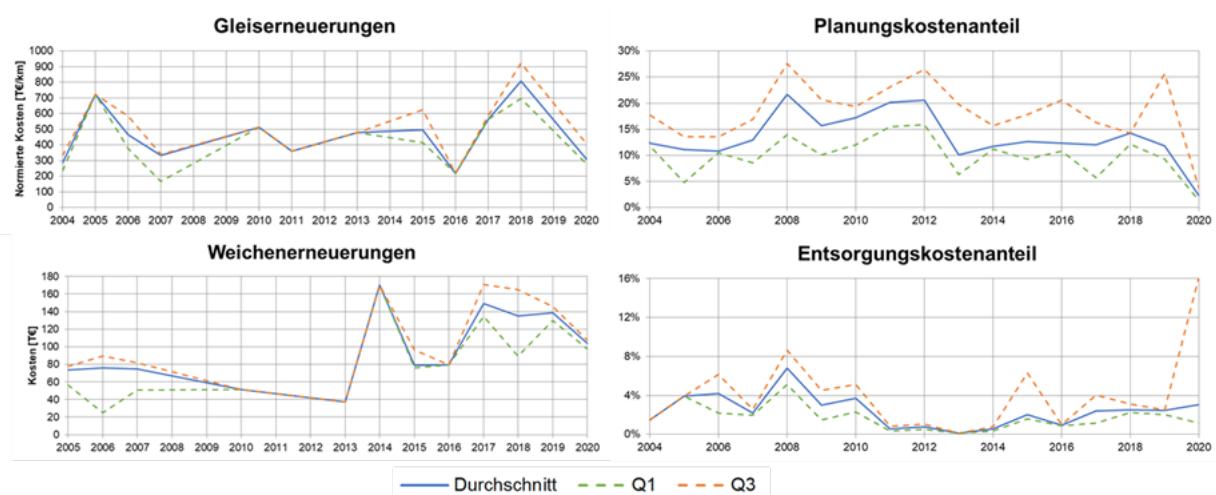


Abbildung 6: Zeitreihe normierter Kosten von ausgewählten Investivprojekten.

Weitere Investivprojekte wurden untersucht:

**BÜ-Maßnahmen (nur Bauwerkskosten):** Die Stichprobe umfasste 14 Maßnahmen mit Asphaltdeckenschichtungen (nur OHE) sowie Feldwegschichtungen mit Mineralgemisch (2 Maßnahmen). Die

durchschnittliche BÜ-Baufläche beträgt  $48 \text{ m}^2$ . Die Baukosten betragen bei Feldwegschichtung mit Mineralgemisch etwa  $5 \text{ T€}/50\text{m}^2$ , bei Asphaltdeckschichtung etwa  $10 \text{ T€}/50\text{m}^2$  und bei Asphaltdeckschichtung mit Velostrail etwa  $20 \text{ T€}/50\text{m}^2$ . Die Stofflieferungskosten betragen bei Asphaltdeckschichtung etwa  $1 \text{ T€}/50\text{m}^2$  und bei Asphaltdeckschichtung mit Velostrail etwa  $20 \text{ T€}/50\text{m}^2$ .

Ein flacher Kreuzungswinkel zwischen Gleis und Straße vergrößert die zu bearbeitende Fläche im Gleisbereich und kann eine BÜ-Maßnahme stark verteuern. Aufgrund fehlender Daten für die Rekonstruktion einer Zeitreihe können keine Aussagen zu Kostenentwicklungen im Zeitverlauf gemacht werden.

Auch wenn die LST explizit in diesem Projekt nicht weiter untersucht wird, sei an dieser Stelle erwähnt, dass die LST-Ausrüstung etwa 90 % der BÜ-Kosten verursacht.

Im Projektverlauf wurde eigens ein Workshop mit BÜ-Experten durchgeführt, um ein mögliches Einsparpotenzial bei Bahnübergängen zu sondieren. Entsprechend der obigen Gewichtung ist erkennbar, dass die Bauaufwendungen keine spürbare Aufwandssenkung herbeiführen werden. Die Herausforderung besteht darin, dass die Absicherung der Kreuzungsbereiche angemessen erfolgt. Zahlreiche Experten forschen an dieser Aufgabe, die nicht nur eine technische, sondern auch eine politische und juristische Dimension hat.

**Planungskostenanteil:** Die Stichprobe umfasste 176 Maßnahmen – eine ausreichend große Stichprobe für sichere Aussagen. Im Allgemeinen beträgt der Kostenanteil im Zeitverlauf einen stabilen Anteil von etwa 10 bis 15 %. Für das Jahr 2020 ist sogar ein deutlicher Rückgang der Planungskosten feststellbar. Dies wird dadurch erklärt, dass es für das Jahr 2020 insgesamt sehr wenige Datensätze/Projekte gab (3 Projekte mit Planungskosten, davon eines mit besonders unterdurchschnittlich geringen Planungsaufwendungen in Eigenleistung durch die EGB). Damit ist 2020 vermutlich ein statistischer Ausreißer und nicht repräsentativ. Dennoch zeigt auch diese Auswertung, dass es einen deutlichen Unterschied zwischen den gefühlten Kostentreibern gemäß der Befragung der Experten und Praktikern und der Auswertung von Kostendaten der Jahre 2006 bis 2020 gibt. Eine Erklärung dafür könnte u. a. sein, dass nur kostenwirksam umgesetzte Projekte in die Auswertung eingeflossen sind. Oft werden Projektideen bereits weit vor der Realisierung im Rahmen von Vorplanungen aussortiert, weil Anforderungen zu erfüllen sind, die eine wirtschaftliche Umsetzung nicht zulassen. Weiterhin ist gemäß Aussage der Praktiker und Experten nicht die Planungsleistung für sich genommen der aufwandssteigernde Faktor, sondern die planerisch umzusetzende Maßnahme dazu. Beispielsweise ist nicht nur die Planung von Lärmschutzwänden aufwändig, sondern dass im Rahmen der Vorbereitung durch die Planung festgestellt wird, dass Lärmschutzmaßnahmen erforderlich sind – mit den als aufwandssteigernd empfundenen zusätzlichen Maßnahmen bei der Ausführung, die in der Kostenrechnung aber nicht mehr der Planung zugerechnet werden.

**Entsorgungskostenanteil:** Die Stichprobe umfasste 55 Maßnahmen mit einer insgesamt stabilen Kostenentwicklung zwischen 2004 und 2020. Der Anteil lag vor 2010 unter 8 % und im Zeitraum 2010-2020 sogar unter 4 %. Auf den Gesamtzeitraum bezogen ist trotz Schwankungen ein stabiler Kostenanteilsverlauf erkennbar. In den Daten waren allerdings keine Absolutwerte enthalten. Daher kann keine abschließende Aussage getroffen werden, dass die Entsorgungskosten wirklich keine Kostentreiber sind.

### Reaktivierungen als Sonderfall „Investivprojekte“

Nach der Wiederinbetriebnahme als DB RegioNetz Erzgebirgsbahn im Jahre 2001 wurde das Netz der Erzgebirgsbahn in den Jahren 2002 bis 2007 generalsaniert. Der Freistaat Sachsen, der Verkehrsverbund Mittelsachsen und die DB AG haben dazu gemeinsam Finanzmittel in Höhe von zusammen 181 Millionen Euro bereitgestellt. In Vorbereitung auf die Wiederinbetriebnahme wurden 168 km Gleis erneuert, 41 Bahnhöfe barrierefrei gestaltet sowie neue Haltepunkte zusätzlich errichtet oder in die Nähe von Ortsmittnen verlegt. Die nachfolgende Abbildung zeigt den Verlauf der Sanierung ausgedrückt in jährlichen Bauausgaben der EGB.

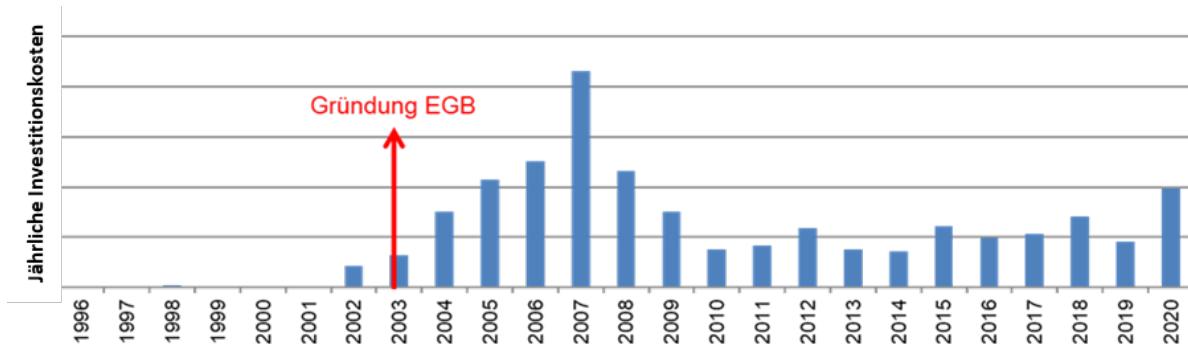


Abbildung 7: Volumina der investiven Maßnahmen der EGB in den Jahren 1996 bis 2020

Etwa seit dem Jahr 2009 pendeln die Bauausgaben auf etwa dem gleichen Niveau. Die „Betriebsphase“ innerhalb des Lebenszyklus des Unternehmens und seiner Anlagen ist am Kostenverlauf gut ablesbar. Aufgrund der Größe als mittelständischer Betrieb können einzelne solitäre Baumaßnahmen bereits das Gesamtbild beeinflussen.

Die Auswertung der Daten aus der Reaktivierung der DB RNI Kurhessenbahn (2015 bis 2017) ist ein weiteres Beispiel für ein umfangreiches Investitionsprojekt. Folgende Maßnahmen (Einzelprojekte) waren umzusetzen:

- Gleiserneuerung entlang der gesamten Strecke (31,2 km)
- Instandsetzung Oberbau inkl. Weichen
- Erneuerung Ingenieurbauwerke, u. a. zwei Eisenbahnüberführungen, zwei Tunnel
- Reaktivierung zweier Haltepunkte, u. a. mit den Kostenelementen Bahnsteige, Beleuchtung, Zuwegung, Grunderwerb
- Instandsetzung von neun BÜ mit Planumsschutzschicht (PSS), Fahrbahnbefestigung
- Anpassung bzw. Neubau von LST: Stellwerke, Streckenfernmeldekabel

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine Übersicht der absoluten und relativen Aufwandsanteile. Bei einem Gesamtvolumen von 21 Mio. Euro entfällt der größte Anteil (29 % bzw. etwa 6 Mio. Euro) auf die Gleiserneuerung. Eine weitere signifikante Aufwandsposition ist die LST-Ausrüstung (24 % bzw. etwa 5 Mio. Euro).

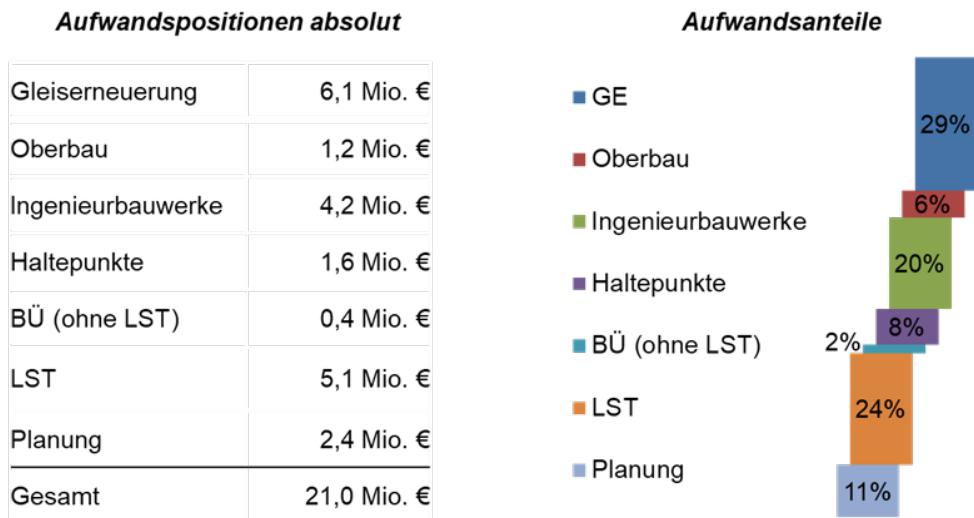


Abbildung 8: Monetärer Aufwand zur Reaktivierung der Kurbahn (Investitionsbedarf)

Die verfügbaren Daten waren derart unterschiedlich, dass eine Rekonstruktion untereinander vergleichbarer Zeitreihen mehrerer Reaktivierungen über mehrere Jahre hinweg nicht möglich war. Die Daten eigneten sich allenfalls zur Bestätigung der bereits in der Literaturrecherche an anderer Stelle gefundenen Tatsache, dass Reaktivierungsprojekte hinsichtlich Volumen, Aufwandspositionen und Aufwandsanteilen stark variieren – von der Anzahl erforderlicher Bahnübergänge über die Zugänglichkeit der Bahnanlagen entlang der konkreten Strecke bis hin zu leistungsabhängiger Ausrüstung wie LST oder Elektrifizierung.

#### Zusammenfassung Datenauswertung „Investivprojekte“

Für die Jahre 2006 bis 2020 können die als Arbeitshypothese formulierten aufwandssteigernden Faktoren nicht nachgewiesen werden. Neben signifikanten Preiserhöhungen (Verdoppelung in 20 Jahren) wurde ebenso Preisstabilität bzw. realer Kostenrückgang für Kostenpositionen in Investivprojekten festgestellt. Während die Planungskosten nachweislich stabil bzw. leicht rückläufig waren, konnten die gesuchten Ursachen für die Steigerungen beim Beschaffungs- und Errichtungsaufwand im Sinne der Ausgangshypothesen nicht nachgewiesen werden, insbesondere weil die Datenbasis dies nicht ermöglicht hat. Ein Nachweis wäre vielleicht möglich, wenn mit hohem Aufwand detaillierte Auswertungen der Aufzeichnungen zurückliegender Projekte und zusätzlicher indirekter Faktoren vorgenommen werden. Dabei ist zu beachten und bereits in der oben beschriebenen Analytik erkennbar, dass mehrere unterschiedliche Ursachen (Marktordnung, Fachkräftemangel usw.) gemeinsam und gleichzeitig auf mehrere unterschiedliche Aufwandspositionen (insb. Anlagenplanung, -errichtung, -betrieb) einwirken. Eine eindeutige Zuordnung einer dezidierten Ursache zu einer entsprechenden Wirkung dürfte damit methodisch schwierig sein. Erschwerend kommt hinzu, dass die im ersten Schritt identifizierten aufwandssteigernden Faktoren latent wirksam sind und allenfalls indirekt in Preisen und Kosten zum Ausdruck kommen. Für die Auswertung historischer Zeitreihen kann aber nur mit den vorhandenen Daten gearbeitet werden. Es müsste also ein Weg gefunden werden, um derartige Nachweise in vorhandenen Daten zu erbringen. In diesem Zusammenhang könnte ein einheitliches Kennzahlensystem helfen, mit dem Bau- und Betriebskosten von Nebenbahnen sektorweit entlang zurückliegender Zeitreihen ausgewertet werden und in Richtung Zukunft die Zeitreihen proaktiv gesteuert werden können. In der Projektbearbeitung wurde deutlich, dass der

gesuchte Effekt vergleichbar mit einem Mehltau ist: Allgegenwärtig im Produktionssystem, aber überall nur in so geringem Volumen, dass er schwer greifbar ist. Es ist anzunehmen, dass die Experten und Praktiker mit ihrer Wahrnehmung gefühlter Kostentreiber nicht falsch liegen. Die Erkenntnis der Datenauswertung der Investivprojekte ist eher, dass die Kostenauswertung deutlich filigraner sein muss, um den „Mehltau im System“ nachweisen zu können. Für das gegenständliche Projekt war eine solche Methodenentwicklung und die zugehörige Granularität der Auswertung nicht vorgesehen. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

## 5.3 Auswertung Instandhaltungsaufwendungen

Die Instandhaltungsaufwendungen wurden getrennt nach Instandhaltungsmaßnahmen und Rahmenverträgen untersucht.

### Instandhaltungsmaßnahmen

Instandhaltungsmaßnahmen sind innerbetriebliche Aktivitäten zur Erhaltung der Produktionsanlagen. Aufgrund der Vielfalt in der Betriebsausstattung eines EIU sind die Instandhaltungsbereiche nach Gewerken zu unterscheiden in Fahrbahn, LST sowie E-Anlagen (50 Hz) und Fernmeldeanlagen (TK). Instandhaltungsaufwendungen sind Kosten im betriebswirtschaftlichen Sinne. Die Instandhaltung umfasst die Pflege, Wartung und ggf. Instandsetzung der Bahnanlagen. Die nachfolgende Übersicht zeigt die unterschiedlichen Aufgaben der Instandhaltung bei der Erzgebirgsbahn, gleichzeitig die Kostenpositionen bzw. Datenstruktur der Buchhaltung:

|   |   |
|---|---|
| Oberbau   | IH sonstige Anlagen   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stopfen Gleise/Weichen</li> <li>• Weichtausch und -ausbau</li> <li>• Schwellen-/Schienenwechsel</li> <li>• Schienenschleifen</li> <li>• Auftragsschweißen</li> <li>• Sanierung BÜ</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahnsteige</li> <li>• Gebäude</li> <li>• Laderampen</li> <li>• Antennentragwerke</li> </ul>  |
| Unterbau  | Landschaftspflege   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regenwasserkänele</li> <li>• Uferböschung</li> <li>• Erdbauwerke</li> <li>• Bahngraben</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mulchen, Freischneiden</li> <li>• (Chemische) Bewuchsbesetzung</li> <li>• Gehölzrückschnitt</li> <li>• Baumfällungen</li> <li>• Sturmschadensbeseitigung</li> <li>• Geländeerneuerung</li> </ul> |
| Ing. Bauwerke   | Prüfungen und Inspektionen  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tunnel</li> <li>• Brücken (inkl. über die Bahn)</li> <li>• Durchlässe</li> <li>• Stützbauwerke</li> <li>• Dämme</li> <li>• Einschnitte, ggf. Felswände</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherungsleistungen</li> <li>• Prüfung Antriebswagen</li> </ul>   |
|   | Sonstiges   |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hochdruckspülgerät</li> <li>• Weichenheizung</li> <li>• Arbeitszugsleistungen</li> <li>• Transportleistungen</li> <li>• Schneepflug-Leistungen</li> </ul>  |

Abbildung 9: Aufgaben, Kostenpositionen und Datenstruktur der Instandhaltung

Auch hier gilt: Die Art, Menge und Wichtigkeit der Instandhaltungspositionen können von Bahn zu Bahn sehr unterschiedlich sein. Während die Erzgebirgsbahn beispielsweise keine eigenen elektrifizierten Strecken hat, entfallen hier die Instandhaltungsaufwendungen für Bahnstromanlagen.

Als Mittelgebirgsbahn in einer dicht besiedelten Region sind BÜ-Pflege, Unterbau-Pflege, Brücken- und Tunnelpflege wichtiger (und auch aufwandsintensiver) als bei einer Flachland-Nebenbahn in einem dünn besiedelten Gebiet.

Der Instandhaltungsbedarf resultiert individuell aus dem Pflegebedarf jeder konkreten Anlage. Dieser Pflegebedarf kann überraschend unterschiedlich sein. Beispielsweise gibt es im Netz der Erzgebirgsbahn baugleiche Brückengeländer auf zwei unterschiedlichen Brücken. Das Geländer der Brücke, die in einem schattigen Auenwald an einem Fluss steht, muss deutlich häufiger mit Korrosionsschutz behandelt werden als das gleiche Geländer auf einer Brücke, die in freier, luftiger Umgebung steht.

Der Instandhaltungsbedarf kann aus den Nutzungsbedingungen des Herstellers abgeleitet werden. Ebenso kann der Instandhaltungsbedarf in den Regeln der Technik vorgeschrieben sein. Schließlich kann der Instandhaltungsbedarf zustandsbezogen durch den Anlagenverantwortlichen anhand einzuhaltender und zu überwachender Zustandsgrößen festgestellt werden. Wie oben am Beispiel der Brücke dargestellt, sind Verallgemeinerungen und langfristige Planungen schwierig und setzen eine sehr gute Kenntnis des Alterungs- und Verschleißverhaltens jeder einzelnen Anlage voraus. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass nicht bahnfeste oder störungsanfällige Komponenten dazu führen, dass Instandhaltungsaufwendungen steigen. Auch wenn die Instandhaltung nicht die Ursache ist, tritt der Kostentreiber dort in Erscheinung.

Instandhaltungsausgaben sind grundsätzlich durch das EIU in Eigenverantwortung zu erbringen. Entsprechende Budgets sind vorgesehen und werden insbesondere durch Einnahmen aus Trassenentgelten finanziert. Die Bundesrepublik Deutschland als Eigentümerin stellt für die Instandhaltung ihres Streckennetzes den EdB zusätzliche öffentliche Fördermittel für die Pflege und Werterhaltung der Infrastruktur (z. B. im Rahmen der LuFV) zur Verfügung. Bei den NE-Bahnen ist diese Form der Unterstützung allenfalls durch die jeweiligen Eigentümer denkbar – verbunden mit dem Konflikt, dass einerseits auch die NE-Bahnen ein Bestandteil des einheitlichen deutschen Eisenbahnsystems gemäß AEG und EBO sind. Andererseits ist es die Angelegenheit jedes Anlageneigentümers – entsprechende finanzielle Leistungsfähigkeit vorausgesetzt – die Erhaltung seiner Bahnanlagen zusätzlich zu den selbst erwirtschafteten Eigenmitteln zu unterstützen. Der hier erkennbare Konflikt sei an dieser Stelle nur erwähnt. Behandelt und gelöst werden muss er an anderer Stelle. Im Sinne einer langfristigen Zeitreihenoptimierung über viele Jahre und teils Jahrzehnte voraus lässt sich aber für die EdB wie für die NE-Bahnen feststellen, dass auch die Instandhaltung von langfristigen Strategien profitiert. Selbst wenn das individuelle Alterungs- und Verschleißverhalten von Lage, Belastung und weiteren temporär veränderlichen Parametern abhängt, so rechtfertigt z. B. der hohe Aufwand für einen Brückenersatzneubau den Wunsch, diesen zukünftigen Zeitpunkt so früh wie möglich zu kennen und ihn in eine integrierte Investitions- und Instandhaltungsstrategie einzubetten. Dieser Ansatz ist deutlich weitgehender als die derzeit intensiv beforschte zustandsbasierte (reaktive) Instandhaltung – und dürfte deutlich wirksamer für das Eisenbahnsystem sein. Das Thema muss aber an anderer Stelle weiter untersucht werden.

Instandhaltungsaufwendungen werden in relativ kurzen Zyklen für wenige Jahre voraus entsprechend der aktuellen und zukünftig sicher absehbaren wirtschaftlichen Lage des EIU budgetiert.

Das ist auch folgerichtig, denn kostenwirksame Rechtsverpflichtungen wie z. B. langfristige Wartungsverträge können nur mit der Gewissheit geschlossen werden, dass die Vertragspflichten auch

eingehalten werden. Die interne Instandhaltungsplanung bei KMU-EIU im Nebenbahnbereich hat üblicherweise einen Vorlauf von 3 bis 5 Jahren. Aus diesem Grund repräsentieren jährliche Ausgabenverläufe der Instandhaltungsaufwendungen nicht die Kosten und auch nicht die Einhaltung der erforderlichen Maßnahmen, sondern das zur Verfügung stehende Budget und die Kapazität des EIU zur Abarbeitung der Maßnahmen. So können Jahre mit geringen Instandhaltungskosten darauf hindeuten, dass die wirtschaftliche Lage des betreffenden EIU keine höheren Budgets erlaubte. Es kann aber auch heißen, dass Maßnahmen, die Jahre zuvor geplant waren, aber aus Kapazitätsgründen verschoben wurden, im betreffenden Jahr umgesetzt werden konnten. Und schließlich spielt auch das Alter der Anlage und die mögliche Überlagerung des Endes der Nutzungsdauer oder Überlagerung mehrerer anstehender Grundsanierungen eine Rolle. Die nachfolgende Abbildung zeigt zur Verdeutlichung die Zeitreihe der Instandhaltungsaufwendungen der Erzgebirgsbahn in den Jahren 2012 bis 2020.

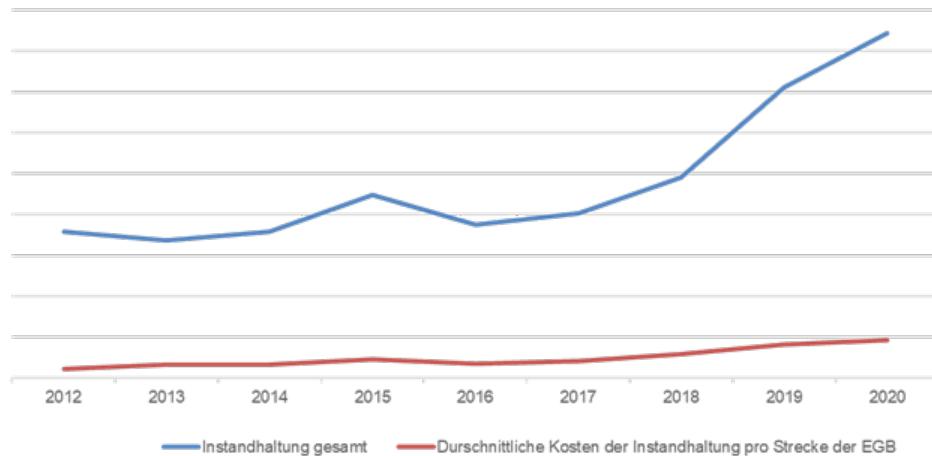


Abbildung 10: Instandhaltungsaufwendungen der EGB 2012 bis 2020 – Gesamtsumme und Durchschnitt pro Strecke

Die Abbildung zeigt, dass die Instandhaltungsaufwendungen von 2012 bis 2017 weitgehend in gleichbleibender Größenordnung geblieben sind. Im Jahr 2015 wurde ein Sonderbudget zur Vorbeugung von Alkalischäden ausgeschüttet. Von 2017 bis 2020 wurden jährlich steigende Ausgaben getätigt. Das ist u. a. darauf zurückzuführen, dass etwa 10 bis 15 Jahre nach der Generalsanierung der Jahre 2002 bis 2007 das Volumen der anstehenden Instandhaltungsmaßnahmen zahlreicher Anlagen gleichzeitig zunimmt. Um solche Verläufe zu glätten, sollte man aus Sicht der Kostenoptimierung also eher in Teilnetzen und Teilsystemen sukzessive sanieren, damit sich die Ausgabenwelle der Generalsanierung nicht im regelmäßigen Abstand in der Zukunft erneut aufbaut.

Für die Datenanalyse wurden die spezifischen Instandhaltungsdaten der Erzgebirgsbahn der Jahre 2013 bis 2020 ausgewertet. Ältere Daten hätten zunächst in ein auswertefähiges Format gebracht werden müssen (Papier → Tabellenkalkulationsprogramm). Derartige Aufwendungen waren im Projektvolumen nicht vorgesehen. Um Kostentreiber zu identifizieren, wurden planmäßige Instandhaltungsmaßnahmen ausgewertet, die im relevanten Zeitabschnitt der Leistung gleichgeblieben sind und die möglichst oft auszuführen waren, um eine möglichst aussagekräftige Statistik zu generieren. Im Datensatz zu der Erzgebirgsbahn erfüllen die Daten für die Instandhaltung der Durchlässe sowie die Instandhaltung der Brücken diese Anforderungen, weshalb sie analysiert wurden.

Das Instandhaltungsbudget für die **Durchlässe** ist im Jahr 2013 auf geringem Niveau, steigt im Jahr 2014 und fällt dann bis zum Jahr 2017, seit 2017 steigt das investierte Budget kontinuierlich. Das hängt insbesondere damit zusammen, dass 10 bis 15 Jahre nach der Generalsanierung die Anzahl und Schwere der altersbedingt auszuführenden Maßnahmen angestiegen ist. Das Bild bestätigt sich auch bei der Untersuchung der spezifischen Kosten je Maßnahme. Während in den Jahren nach der Generalsanierung vor allem die Reinigung und Freimachung der Durchlässe erforderlich war, nehmen im Verlauf der Jahre schadensbedingte Reparaturen und Ersatzneubauten zu, wodurch die durchschnittlichen Kosten je Maßnahme ansteigen. Es sei angemerkt, dass auch die Instandhaltungspolitik einen Einfluss auf die spezifischen Kosten im Zeitverlauf haben kann. So ist es durchaus denkbar, dass schadensbedingter Reparaturbedarf an Durchlässen, wenn unkritisch, auch über mehrere Jahre gesammelt und dann in einem größeren Sanierungsprogramm in einer Bausaison abgearbeitet wird. Diese Form der Zeitreihenoptimierung ist dann sinnvoll, wenn Spezialunternehmen mit Spezialwerkzeugen beauftragt werden müssen oder wenn die Durchlässe an schwer zugänglichen Stellen entlang einer Bahnstrecke gelegen sind. Dann ist es zweckmäßig alle Aufwände für die Aktivierung der Spezialisten und den Zugang zur Baustelle (Baufeldfreimachen, Streckensperrungen usw.) gemeinsam in einer größeren Maßnahme umzusetzen.

Ein ähnliches Bild zeigt die Instandhaltung der **Brücken**, jedoch aufgrund der deutlich höheren Lebensdauer in abgeschwächter Form. Im Zeitraum 2013 bis 2017 sind die Ausgaben für die Instandhaltung von Brücken nach der Generalsanierung gering. Sie steigen aber nach 2017 kontinuierlich an. Die Spitze des Jahres 2018 wird durch eine einzige Maßnahme verursacht. Damals wurde die Wilischthalbrücke saniert, eine Flussbrücke im Zschopautal. Die Brücke wurde ausgehoben und restauriert. Für diesen Zeitraum war die Strecke nicht durchgehend befahrbar und Ersatzverkehr musste bereitgestellt werden. Die Zeitreihe zeigt, dass insbesondere Anlagen mit vielen und großen Brücken auf eine langfristige Zeitreihenoptimierung angewiesen sind, um derartige Spitzen langfristig vorzubereiten – planerisch, technisch und finanziell.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Budgetverlauf der Maßnahmen und die durchschnittlichen Kosten pro Maßnahme der Jahre 2014 bis 2019/ 2020:

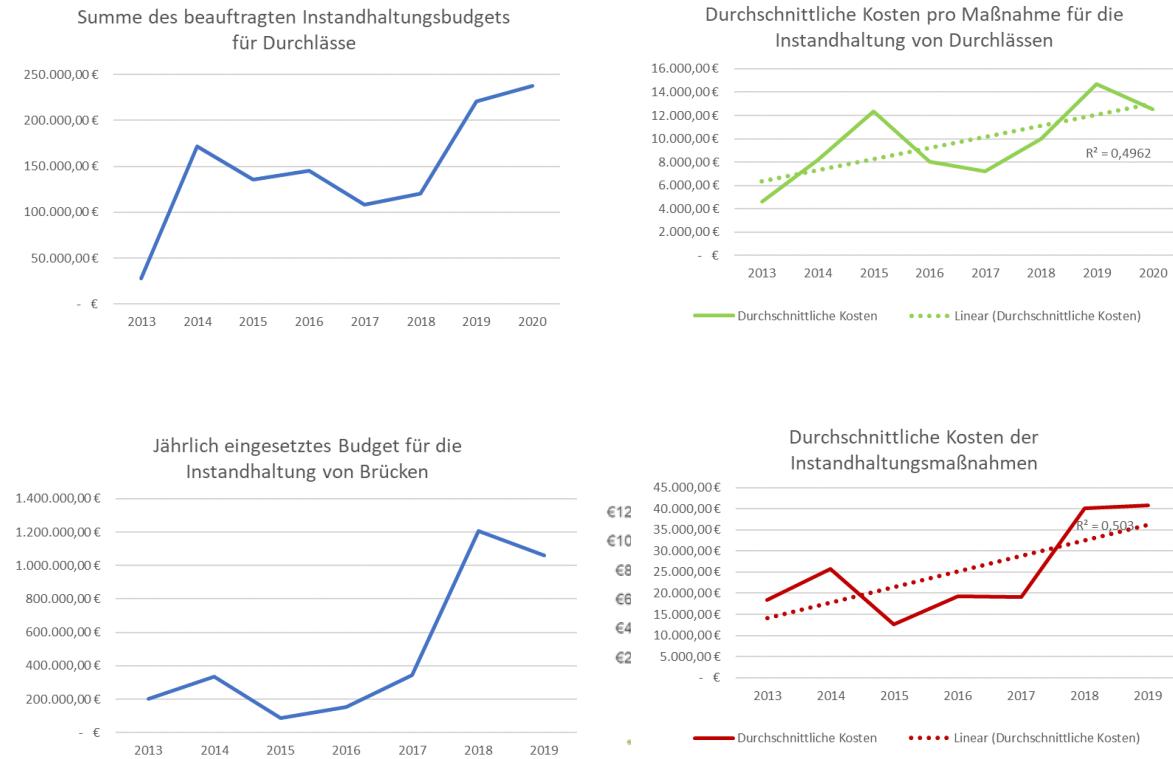


Abbildung 11: Instandhaltungsausgaben am Beispiel Durchlässe (oben), Brücken (unten)

Aus der Abbildung ist zu entnehmen, dass zyklisch wiederkehrende Maßnahmen mit erhöhtem Aufwand durchgeführt werden. Gleichzeitig erkennt man an der eingefügten Trendlinie eine Tendenz der moderaten Kostensteigerung.

Die obige Datenanalyse zeigt die Instandhaltungsaktivität einer Nebenbahn im Zeitraum von etwa 15 bis 20 Jahren nach ihrer Generalsanierung. Sie zeigt, dass mit zunehmendem Alter der Gesamtanlage auch die jährlichen Instandhaltungsbudgets wachsen (müssen). Weitere Schlussfolgerungen waren auf Basis der analysierten Daten nicht abzuleiten – weder ob die jährlichen Budgets ausreichend für die Werterhaltung waren, noch ob die spezifischen Kosten für die Maßnahmen gewachsen oder gesunken sind. Dies müsste im Rahmen einer detaillierten Einzelfallprüfung durchgeführt werden.

### Rahmenverträge

Rahmenverträge sind Ausdruck einer Kostenoptimierungsstrategie, die auf dem Outsourcing beruht. Dabei werden die für die Instandhaltung erforderlichen Ressourcen nicht im vollen Umfang beim EIU vorgehalten und damit nicht im vollen Umfang durch die EIU erbracht. Da Instandhaltungsmaßnahmen im Regelfall gut planbar sind, können die zugehörigen Ressourcen mit zeitlichem Vorlauf optimiert werden. Per Rahmenvertrag einigen sich Dienstleister und Einkäufer auf abzurufende Leistungen und deren Konditionen. Damit erlangen beide für sich Planungssicherheit für die Auslastung bzw. Verfügbarkeit der erforderlichen Ressourcen. Entsprechend binden Rahmenverträge für einen gewissen Zeitraum beide Parteien, indem sie Leistungen und Entgelte fixieren. Sehr langfristige Rahmenverträge konvergieren zu einem de facto Insourcing, während sehr kurze Rahmenverträge keine

Planungssicherheit für die Vertragsparteien geben, sondern im Sinne aufeinanderfolgender Einzelverträge jedes Mal neu ausgehandelt werden. Der Abschluss eines Rahmenvertrages ist dann sinnvoll, wenn für beide Vertragsparteien attraktivere Konditionen handelbar sind, als es bei Abschluss einer Reihe von Einzelverträgen möglich wäre. Damit sind Outsourcing und das Aushandeln von Rahmenverträgen übliche Methoden im Rahmen der Kostenoptimierung im Eisenbahnwesen und auch bei den Nebenbahnen.

Exemplarisch wurden vier Verträge der Erzgebirgsbahn verglichen, die in den Jahren 2012 und 2019 mit jeweils zwei Unternehmern über die Sanierung von Durchlässen geschlossen wurden. Die Leistungen und Preise sind in der nachfolgenden Übersicht dargestellt.

| Leistung  | Kosten        |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | 2012          |               | 2019          |               |
|   | Unternehmer 1 | Unternehmer 2 | Unternehmer 1 | Unternehmer 2 |
| Baustelle einrichten  | 425           | 425           | 720           | 503,11        |
| Baustelle räumen  | 350           | 350           | 550           | 473,5         |
| Abstimmung  | 50            | 50            | 110           | 59,21         |
| Freilegen des Bauwerkes   |               |               |               |               |
| Abdeckplatte beräumen, Böschung über dem Durchlass profilieren, Material abtragen, aufnehmen, bis 15 m transportieren und seitlich am Bahndamm ansetzen und profilieren | 62,87         | 75            | 96,5          | 81,75         |
| Mauerwerk ausfugen  | 32,7          | 36            | 51,62         | 39,87         |
| Durchlasssohle einschl. Ein- und Auslaufbereich reinigen für Aufnahme eines Stahlrohres Durchmesser 400 mm i.L. und für das vorgeschriebene Gefälle profilieren         | 27,41         | 14,4          | 60,25         | 17,76         |
| Hohlräume im Durchlass verdämmen  | 268,37        | 120           | 282,16        | 133,51        |
| Verrechnungssatz einer Maschine/ eines Baugerätes auf Anordnung des AG  | 49,84         | 62,4          | 72,5          | 76,94         |
| prozentuale Preissteigerung (Mittelwert aller prozentualen Preissteigerungen der einzelnen Leistungen) - nicht inflationsbereinigt                                      |               |               | +66 %         | +18 %         |

Abbildung 12: Entwicklung der Kostensätze innerhalb geschlossener Rahmenverträge für die Instandhaltung, alle Preise pauschal sowie in Euro und Cent.

Mit dieser Übersicht vervollständigt sich das Bild der oben dargestellten Instandhaltung der Durchlässe weiter. Neben den auszuführenden Leistungen werden Preise transparent. Es ist erkennbar, dass zum jeweiligen Zeitpunkt mehrere Dienstleister am Markt tätig waren, die jeweils mit unterschiedlichen Preisbildungskonzepten angeboten haben. Die Preisschwankungen zum jeweiligen Zeitpunkt verdeutlichen die Unwägbarkeit des Marktes und der Marktteilnehmer. Vergleicht man die Preise des Jahres 2012 mit dem Preisen des Jahres 2019, ist erkennbar:

- Keine Leistungsposition ist günstiger geworden.
- Einige Einzelpositionen führen mehr als doppelt so hohe Preise.
- Während die baustellenbezogenen Positionen im Jahr 2012 gleich waren, hat die Streuung der Bieter im Jahr 2019 stark zugenommen.
- Der günstigere Anbieter des Jahres 2019 ist 18 % teurer als der günstigere Anbieter des Jahres 2012. Da die Angaben die Vertragskonditionen wiedergeben, sind sie nicht inflationsbereinigt. Nimmt man eine Inflation von 2 % auf 7 Jahre an, bleibt weiterhin eine leichte Preissteigerung bestehen, die aber kein „Kostentreiber“ im Sinne der Aufgabenstellung ist.

Die Auswertung der Rahmenverträge zeigt, dass auch an dieser Stelle allenfalls moderate Preissteigerungen erkennbar sind. Die Preisgestaltung und die Veränderung der Preise geben keinen Aufschluss darüber, ob die eingangs als Arbeitshypothese identifizierten aufwandssteigernden Faktoren wirksam waren.

## 5.4 Erkenntnisse der Datenanalyse

Die in der Befragung der Praktiker und Experten identifizierten Kostentreiber lassen sich in den Kostendaten der Investivprojekte und in den Instandhaltungsdaten nicht nachweisen. Es sind moderate Kostensteigerungen auffindbar, aber die vorhandene Datenstruktur lässt keinen Rückschluss auf die Ursachen zu. Bemerkenswert ist, dass an sehr vielen Stellen moderate Kostensteigerungen leicht über dem Inflationsindex nachweisbar waren. Dem gegenüber waren ebenso Kostenpositionen vorhanden, die im Zeitverlauf weitgehend aufwandsstabil geblieben sind und damit unter Berücksichtigung der Inflation effektiv günstiger geworden sind.

Bei Analyse der Daten waren Randbedingungen zu beachten, die letztlich Auswirkung auf die Methode und den Auswerteaufwand hatten:

- Lage und Örtlichkeit der betreffenden Maßnahme haben erheblichen Einfluss auf die Kostenart und Kostenhöhe. So kann die Reinigung eines Durchlasses extremen Preisschwankungen unterliegen, je nach Erreichbarkeit des Durchlasses, ob eine Streckensperrung, Schienenersatzverkehr oder besondere Sicherungsmaßnahmen (SiPo) etc. erforderlich sind.
- Zeitliche Flexibilität und Möglichkeit auf teurere oder günstigere Preise zu reagieren ist bei vielen Maßnahmen kaum gegeben, erst recht nicht, wenn sofort eingegriffen werden muss.

Überraschenderweise wurden im Rahmen der Expertenbefragung in AP 1 die Planungskosten als starker Kostentreiber angegeben. Dies spiegelt die Datenauswertung nicht wider.

Die Ursache für die Diskrepanz zwischen der subjektiven Wahrnehmung der Praktiker und der objektiven Datenlage hat unterschiedliche Ursachen, die nachfolgend erläutert werden:

- Datenformat und Informationsgehalt: Die untersuchten Daten spiegeln tatsächlich geflossene Geld- und Finanzströme konkreter Projekte und Instandhaltungsmaßnahmen wider. Die ausgewertete aggregierte Information (Datenbank, Tabellen) enthält hingegen keine Zusatzinformation zum „warum“ oder weitere Hintergründe. Diese müssten in der Einzelschau archivierter Projektdokumentation in Einzelprüfung mit hohem Aufwand ermittelt werden. Besonders schwierig ist dabei, dass es sich wirklich um Einzelauswertungen handeln würde – wobei nicht sichergestellt wird, dass Sachverhalte, die in einem konkreten Projekt dokumentiert sind, auch in einem anderen Projekt dokumentiert sind, auch wenn sie dort eingetreten waren. Viele Eindrücke der befragten Praktiker erfordern eine entsprechende Zusatzinformation, die über rein buchhalterische oder projektsteuerungsbezogene Information hinausgehen.
- Es wurden Projekte und Maßnahmen ausgewertet, die auch umgesetzt wurden. Das heißt, dass die Summe aller aufwandssteigernden Maßnahmen und der damit verbundene Nutzen hoch waren, so dass die Maßnahmen realisiert wurden. Es kann ebenso Maßnahmen geben, bei denen aufwandssteigernde Faktoren so intensiv wirksam waren, dass sie gar nicht erst

umgesetzt wurden. Solche Studien und Vorplanungen wurden nicht untersucht. Sie hätten aus methodischen Gründen ebenfalls ausgewertet werden müssen.

- Die aufwandssteigernden Faktoren, die durch die Praktiker benannt wurden, haben im wesentlichen externe Ursachen. Sie lassen sich entsprechend nicht in internen Aufwandsdokumentation nachvollziehen. Die durchgeführte qualitative Ursache-Wirkungs-Untersuchung hat zudem gezeigt, dass die Faktoren gleichzeitig latent an vielen Stellen im System wirksam sind. So wirkt der Rohstoff- und Fachkräftemangel nicht nur aufwandssteigernd im eigenen Unternehmen, sondern auch bei Lieferanten und Behörden. Beim Rohstoffmangel tritt eine weitere Dimension zutage: Die aufwandssteigernde Wirkung des Rohstoffmangels schlägt sich in den Büchern eines EIU als Preissteigerung nieder. Die Begründung für die Preissteigerung ist aber nicht unbedingt im gleichen Zusammenhang auswertbar dokumentiert.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die durchgeführte Datenanalyse eine gute Bestandsaufnahme über die Preisentwicklung wesentlicher Ausgabenpositionen mittelständischer EIU in den 2010er Jahren enthält. Sie zeigt auch die methodische Herausforderung, um Kostenentwicklungen datengestützt zu identifizieren. Und schließlich bedeutet dies, dass subjektiv wahrgenommene Effekte der Praktiker, die sich in den Daten nicht nachweisen lassen, keineswegs bedeuten, dass es sich um eine verkehrte Wahrnehmung handelt.

Auf Projektsicht bedeutete dieser Sachstand: Die oben dargestellte Datenanalyse entspricht in methodischer Hinsicht einer Untersuchung am Systemausgang. Dieser Weg hat die Fragen zum Verlauf und zu Größenordnungen von Kostenentwicklungen beantwortet, aber nicht die Frage des „warum“. Daher wird im nächsten Schritt der Systemeingang untersucht. Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht die Überlegung.

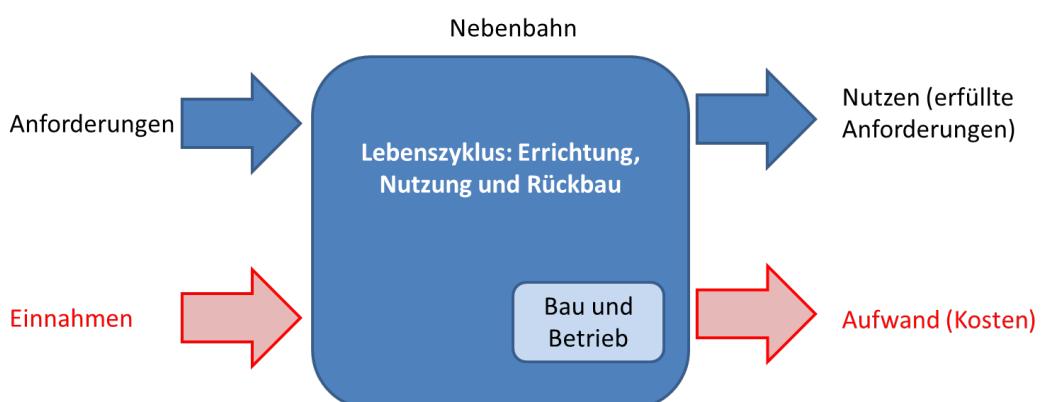


Abbildung 13: Analytischer Ansatz: Blackbox-Modell

Die Datenanalyse repräsentiert eine Messung am Ausgang der Blackbox, wo Aufwand (Kosten) tatsächlich entstanden sind. Die Untersuchung ergab ein recht genaues Bild über das Systemverhalten an dieser Stelle im System, ließ aber keine Zuordnung auf die Ursachen der Kostenverläufe zu, weil die Daten am Systemausgang diese Information nicht enthielten. Also wird im nächsten Schritt der Eingang der Blackbox an der Stelle der Anforderungen näher untersucht. Die Befragung der Experten und Praktiker hatte gezeigt, dass wesentliche externe Anforderungen, die durch das mittelständische EIU nicht selbst verhinderbar sind, als Kostentreiber wahrgenommen werden. Die Vielfalt derartiger

Einflussfaktoren ist groß, was die qualitative Bestandsaufnahme gezeigt hat – und eine vollständige Untersuchung auf kostensteigernde Wirkung aller Einflussfaktoren hätte den Rahmen dieses Projektes weit überschritten. Daher wurde mit dem Auftraggeber vereinbart, dass die Projektgruppe die mögliche kostensteigernde Wirkung des eisenbahnspezifischen Regelwerkes untersuchen soll. Aus Sicht eines mittelständischen Unternehmens ist dieser übergeordnete Rahmen bereits als extern einzuordnen. Aber aus Sicht des Projektkontextes kann identifizierter Handlungsbedarf im gegebenen Falle adressiert und eine Verbesserung der Lage für die Kostenoptimierung bei Bau und Betrieb von Nebenbahnen angestoßen werden.

# 6 Der Einfluss des Regelwerks

In Deutschland bilden Haupt- und Nebenbahnen ein einheitliches Eisenbahnsystem, dessen „Einheit des Eisenbahnwesens“ ausdrücklich in der EBO gefordert wird. Auf die EU bezogen dient die Interoperabilität im „europäischen Eisenbahnsystem“ (Interoperabilitätsrichtlinie / Technische Spezifikation zur Interoperabilität (TSI) dem vertraglich vereinbarten freien Warenfluss und der freien Bewegungsmöglichkeit der EU-Bürger innerhalb der Union. Nachdem die Analyse der Daten von EGB, OHE und KHB keinen eindeutigen Befund zu außergewöhnlichen Kostensteigerungen in den Jahren 2006 bis 2020 und keine eindeutige Zuordnung aufwandssteigernder Faktoren ergeben hat, soll im Weiteren untersucht werden, ob die Rahmenbedingungen möglicherweise aufwandssteigernd wirken.

**Die Arbeitshypothese lautet:**

*Übergeordnete europäische oder nationale Anforderungen können eine Ursache sein, dass das Gestaltungsoptimum einer regionalen/lokalen Produktionsanlage nicht herstellbar ist.*

Im weiteren Projektverlauf wurde den Fragen nachgegangen, (1) ob die Hypothese korrekt ist und (2) ob sich auf Basis des Regelwerkes ein allgemeingültiger Ansatz für lokale/regionale Kostenoptimierung formulieren lässt. Dazu wurden die Interoperabilitätsrichtlinie sowie die für Bau und Anlagenbetrieb zentrale TSI Infrastruktur untersucht. Weiterhin wurden die in Deutschland anzuwendenden Bau- und Betriebsordnungen verschiedener Bahnsysteme vergleichend analysiert.

## Kostenwirksamkeit der Interoperabilitätsrichtlinie und der TSI-INF

Die Interoperabilitätsrichtlinie EU-Ril 2016/797 sowie die TSI-Infrastruktur (TSI-INF) VO (EU) 1299/2014 enthalten Anforderungen für das Teilsystem „Infrastruktur des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union“ und sind anzuwenden für alle neuen, umgerüsteten oder erneuerten Infrastruktureinrichtungen. Sie gilt nicht für die Bestands-Infrastruktur. Abweichungen von den Anforderungen sind formal möglich, bedürfen aber der Zustimmung durch die ERA. Als TSI enthält insbesondere die VO (EU) 1299/2014 zahlreiche technische Anforderungen, deren Umsetzung langfristig eine Harmonisierung des Eisenbahnsystems in Europa herbeiführen soll. Während in den 1990er Jahren zunächst ein ausgewähltes Netz aus Hochgeschwindigkeitsstrecken und Hauptbahnen in Europa zum TEN-Netz erklärt wurden, ist die TSI als Verordnung der EU unmittelbar rechtsgültig und europaweit sind bis auf wenige Ausnahmen praktisch alle Bahnstrecken – auch die meisten Nebenbahnen – Teil des Eisenbahnsystems der EU. Bezogen auf die Nebenbahnen in Deutschland müssen im Fall von Umrüstungen oder Erneuerungen von Infrastrukturanlagen die in der TSI-INF definierten Anforderungen eingehalten sein. Wie oben dargestellt, sind Umrüstungen und Erneuerungen bestehender (verschlissener) Infrastruktureinrichtungen oft so umfangreich, dass sie Neubauten gleichkommen. In diesem Zusammenhang – so der Ansatz – kann dann auch die Konformität mit den Anforderungen der TSI-INF und damit europäische Interoperabilität hergestellt werden. Fraglich ist, ob die neu einzuhaltenden technischen Anforderungen kostensteigernd wirksam werden. Sie wurden daher daraufhin untersucht, ob sie im Vergleich zu aktuell einzuhaltenden nationalen Anforderungen gemäß EBO weitgehender sind.

Die nachfolgenden beiden Übersichten zeigen das Ergebnis der Regelwerksanalyse. Sie listen die für die Aufgabenstellung relevanten Abschnitte der TSI-INF auf, zeigen die Kostenwirksamkeit technischer Festlegungen im System einer Nebenbahn und geben Auskunft darüber, ob die Möglichkeit zur lokalen Optimierbarkeit gegeben ist.

| Merkmal   | Kostenwirksamkeit der TSI-Regelung<br>Grundlage: TSI-INF, VO (EU) 1299/2014<br>zusammen mit RIL 2016/797 (Interoperab'-Richtlinie)  | Lokale Optimierbarkeit /<br>Möglichkeit lokal<br>Abweichung gegeben?*                   |
|---|---|---|
| Geltungsbereich<br>Klassifizierungsentscheidung<br>Allgemeine Anforderungen<br>Ausnahmen, Genehmigungen | Teilsystem Infrastruktur des Eisenbahnsystems in der EU, alle neuen, umgerüsteten oder erneuerten INF-Einrichtungen, gilt nicht für bestehende Infrastruktur  | Abweichungen formal möglich. Bei Abweichungen ist Zustimmung durch die ERA zu erlangen. |
| Spurweite (Art. 2, Satz 5)  | Regelspurweite: kostensenkende Wirkung  | Nein. Regionales Abweichen aber auch nicht sinnvoll.                                    |
| EG-Prüfbescheinigung, Konformitätsbewertung etc. (Art. 7 ff.)   | Teils erhebliche Kostensteigerung möglich, so lange keine Prozessroutine besteht; auch lokal bedingter Zusatzaufwand möglich (lokale Verfügbarkeit von Gutachtern, lokaler Aufwand für die Nachweisführung)   | Bedingt und begrenzt mittels Prozessoptimierung   |
| Definition Teilsystem Infrastruktur (Anhang, Kap. 2)  | Sehr weitgehende Definition des Teilsystems, heißt: sehr viele und sehr weitgehende Vorgaben > Nachweisführung  | Nein. Gilt überall im Geltungsbereich.  |
| Grundlegende Anforderungen (Anhang, Kap. 3)   | Kosteneffizienz oder Wirtschaftlichkeit sind als grundlegende Anforderungen nicht genannt, wohl aber andere Kriterien, die diesen Merkmalen entgegenstehen  | Nein. Gilt überall im Geltungsbereich.  |
| TSI-Streckenklasse (Anhang, Abschnitt 4.2.1)  | Ja, Verkehrscodes P5 und P6 bzw. F3 und F4 entsprechen „Nebenbahn“, wobei für P6, F4 keine Streckengeschwindigkeit oder Zuglänge vorgegeben Abweichungen von Merkmalen gemäß Streckenklasse möglich (Satz 12) | Ja, lokale Anpassung des Zielsystems möglich  |

\*) Heißt also: Differenzierung der „Nebenbahn-Streckenklassen“ P5 und P6 bzw. F3 und F4 von den anderen Streckenklassen mit höheren Leistungsanforderungen?

Abbildung 14: Kostenwirksamkeit allgemeiner Festlegungen der TSI-INF und der Interoperabilitätsrichtlinie, (ausgewählte Merkmale)

| Merkmal   | Kostenwirksamkeit der TSI-Regelung<br>Grundlage: TSI-INF,<br>VO (EU) 1299/2014  | Lokale Optimierbarkeit / Möglichekeit<br>lokal Abweichung gegeben?*     |
|---|---|---|
| Eckwerte Trassierung: Lichtraumprofil, Gleisabstand, Längsneigungen, Mindestbogenhalbmesser, Mindestausrundungshalbmesser | Einhaltung trassierungsbezogener Parameter: kostensenkende Wirkung  | Ja. Lichtraumprofil: G1 bzw. GA (festgelegt mit der TSI-Streckenklasse) |
| Eckwerte Gleisparameter: Nennspurweite, Überhöhung, Überhöhungsfehlbetrag, Äqu. Konizität, Schienenkopf, Schienenneigung  | Wenn ohnehin fällig: in Regelfall keine Zusatzkosten; Mindestwerte unter den geltenden nationalen Vorgaben ABER: Viele Parameter nachzuweisen, damit hoher Errichtungs- und Betriebsaufwand (Initiale und laufende Nachweisführung) | Ja. Oder: Mindestwerte „weicher“ als bisherige Vorgaben gemäß EBO       |
| Eckwerte Weichen und Kreuzungen   | Max. zul. Herzstücklücke geregelt. Für Nebenbahnen nicht kostenrelevant.  | Ja. Differenzierung nach Geschwindigkeiten.                             |
| Eckwerte Gleislagestabilität (vertikal, Längs- und Querrichtung)  | Ja. Errichtung und Betrieb / Instandhaltung   | Ja. Differenzierung nach Radlasten und Bremsverzögerung                 |
| Eckwerte Stabilität neuer Brücken, neue Erdbauwerke, neue Bauwerke über/neben dem Gleis                                   | Ja.   | Ja.   |
| (...)   |   |   |

\*) Heißt also: Differenzierung der „Nebenbahn-Streckenklassen“ P5 und P6 bzw. F3 und F4 von den anderen Streckenklassen mit höheren Leistungsanforderungen?

Abbildung 15: Kostenwirksamkeit technischer Festlegungen der TSI-INF und der Interoperabilitätsrichtlinie, (ausgewählte Merkmale)

Die Regelwerksanalyse zeigt, dass die technischen Anforderungen im engeren Sinne insgesamt kaum eine kostensteigernde Wirkung für Nebenbahnen haben. Der Bestandsschutz ist explizit in den TSI gewährt, technische Parameter teils sogar „weicher“ als bei korrespondierenden nationalen Vorgaben und es gibt lokalen Optimierungsspielraum in Form der TSI-Streckenklassen. Weitergehende Abweichungen sind formal möglich, denen muss die ERA jedoch zustimmen.

Weniger aus technischer als vielmehr aus organisatorischer Sicht besteht aber eine teils sehr hohe Kostenwirksamkeit der Umstellung von „national“ auf „europäisch“: Vorübergehend ist eine sehr hohe Aufwandssteigerung möglich (über mehrere Jahre), um Prozessroutine in der Planung, im Bau und bei der Nachweisführung gemäß europäischen Vorgaben zu erlangen. Dabei gibt es eine sehr große Anzahl nachzuweisender Merkmale bei Planung, Errichtung und Abnahme sowie in laufender Bewirtschaftung (Instandhaltung). Die Situation wird zusätzlich verkompliziert, weil rasch aufeinanderfolgende neue Fassungen der TSI einen hohen Anpassungsaufwand in der Umsetzung bewirken. Insbesondere die mittelständisch geprägten EIU werden mit einem hohen bürokratischen Aufwand zum Nachweis der Konformität mit europäischem Regelwerk konfrontiert.

### Kostenwirksamkeit der Bau- und Betriebsordnungen

Auch die in Deutschland gültigen Bau- und Betriebsordnungen verschiedener Eisenbahnen EBO, Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung (BOStrab), Verordnung über den Bau und Betrieb von Anschlussbahnen (BOA), Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung für Schmalspurbahnen (ESBO) wurden auf die Kostenwirksamkeit ihrer Anforderungen hin untersucht. Die **EBO** definiert die Anforderungen an Eisenbahnen mit Personen- und Güterverkehr. Wesentliche Festlegungen sind in der nachfolgenden Übersicht dargestellt.

| Merkmal   | Kostenwirksamkeit  | Lokale Optimierbarkeit / Möglichkeit lokal Abweichung gegeben?              |
|---|--|---|
| Geltungsbereich<br>Klassifizierungsentscheidung<br>Allgemeine Anforderungen<br>Ausnahmen, Genehmigungen | Regelspurbahnen mit Fracht- und Personenverkehr; müssen Anforderungen an Ordnung und Sicherheit genügen; Verpflichtung zur Barrierefreiheit > hohe Kostenwirksamkeit | Formal Ja. Bei Abweichungen ist Zustimmung durch EBA oder BMVI zu erlangen. |
| Spurweite   | Regelspurweite: kostensenkende Wirkung   | Nein, aber auch nicht sinnvoll.   |
| Gleisbogen<br>Max. Überhöhung im Bogen  | vglw. geringe Kostenwirkung im Bestand   | Ja.   |
| Gleisneigung/ max. Längsneigung   | vglw. geringe Kostenwirkung im Bestand   | Ja.   |
| Belastbarkeit Oberbau / Bauwerke  | vglw. geringe Kostenwirkung (LCC), aber wirksam bei Errichtung   | nein bzw. bedingt.  |
| Regellichtraum  | Regellichtraum: kostensenkende Wirkung   | Nein, aber auch nicht sinnvoll.   |
| Gleisabstand  | vglw. geringe Kostenwirkung im Bestand   | Bedingt, aber auch nicht sinnvoll.  |
| Bahnübergänge   | Leistungsabhängiger Kosteneffekt (viel, schnell, oft > teuer)  | Bedingt.  |
| Bahnsteige, Rampen  | Leistungsabhängiger Kosteneffekt (viel, schnell, oft > teuer)  | Nein, aber auch nicht sinnvoll.   |
| Signale, Weichen  | Leistungsabhängiger Kosteneffekt (viel, schnell, oft > teuer)  | Bedingt.  |
| Untersuchen, Überwachen der Bahnanlagen   | Qualitätsabhängiger Kosteneffekt zwischen „hochwertig“ (bahnfest) und pflegebedürftig  | Ja, aber unscharf formuliert.   |

Abbildung 16: Kostenwirksamkeit allgemeiner und technischer Festlegungen der EBO

In der EBO sind die Anforderungen so definiert, dass eine „Eisenbahn“ ein sehr breites Spektrum an Realisierungen umfassen kann: von einer Bahnstrecke, auf der wenige Züge im Zugleitbetrieb bei geringer Geschwindigkeit und ohne Zugsicherung und Hauptsignale verkehren dürfen, bis hin zur hochleistungsfähigen Schnellfahrstrecke. Formal sind Abweichungen und damit auch Anpassungsfähigkeit an lokale Besonderheiten gegeben. Leistungsbedingte Kosteneffekte sind in der EBO gut nachvollziehbar. Wo viel, schnell und oft gefahren wird, steigen die Anforderungen an Bahnübergänge, Bahnsteige, Signale, Weichen bzw. Zugsicherung, um die Leichtigkeit und Sicherheit des Verkehrs zu gewährleisten. Hervorhebenswert für den Kontext der Nebenbahnen ist die Tragfähigkeit von Brücken und Oberbau. Hier kann es theoretisch möglich sein, dass die EBO höhere Tragfähigkeit verlangt, als das mittelständische EIU für erforderlich hält.

Insbesondere im Kontext „Bau und Betrieb von Nebenbahnen“, die oft NE-Bahnen sind, müssen die gesetzlichen Anforderrungen der EBO von den innerbetrieblichen Verfahrensanweisungen der DB AG (DB-Regelwerk) unterschieden werden. Die Ril der DB können aus betriebsinternen, unternehmerischen Erwägungen der DB AG im Einzelfall restriktiver sein als die EBO. Die Frage nach der Erhebung der DB-Ril zu „anerkannten Regeln der Technik“ verbunden mit der Ableitung, dass diese auch durch alle anderen Marktteilnehmer zwingend einzuhalten sind, kann im Rahmen dieses Projektes nicht beantwortet werden. Allerdings kann mit Bezug auf die Aufgabenstellung festgestellt werden, dass die Antwort auf diese Frage durchaus kostenwirksam insbesondere für die Nebenbahnen sein dürfte.

Die **BOStrab** regelt Straßenbahnen, Hoch- und Untergrundbahnen, Schwebbahnen u. ä. Im vierten Abschnitt (§ 15 bis 32) werden Anforderungen an Betriebsanlagen (inkl. Sicherungsanlagen) betreffend definiert: Streckenführung, Bahnkörper, Oberbau, Umgrenzung des lichten Raumes, Sicherheitsräume, Bahnübergänge, Signalanlagen, Zugsicherungsanlagen, Nachrichtentechnische Anlagen, Energieversorgungsanlagen, Fahrleitungsanlagen, Rückleitungen, Beleuchtungsanlagen, Rohrleitungen, Brücke, Tunnel, Haltestellen und Aufzüge, Fahrtreppen und Fahrsteige. Eine Nebenbahn betrieben nach BOStrab wäre formal keine Eisenbahn, sondern eine (Überland-) Straßenbahn. Anforderungen an die Leichtigkeit und Sicherheit des Verkehrs sind auch im Kontext einer BOStrab-Bahn einzuhalten. Auch der organisatorische und technische Aufwand für die Errichtung von Bauwerken unter schwierigen betrieblichen Bedingungen sollte nicht unterschätzt werden. Auch unter den Bedingungen der BOStrab sind leistungsbedingte Kosteneffekte wirksam. Auch hier gilt: Wo viel, schnell und oft gefahren wird, steigen die Anforderungen an Bahnübergänge, Bahnsteige, Signale, Weichen bzw. Zugsicherung, um die Leichtigkeit und Sicherheit des Verkehrs zu gewährleisten.

Die **BOA** definiert Anforderungen an die Errichtung von Werkbahnen (Feldbahnen, Grubenbahnen, Torfbahnen, Waldbahnen, Steinbruchbahnen etc.), die als Anschlussbahnen gelten. Bautechnische Bahnanlagen sind im Abschnitt III (§ 11 bis 26) geregelt. Sicherungs- und Fernmeldeanlagen sowie maschinentechnische und elektronische Anlagen sind separat geregelt. Merkmale für folgende Anlagen werden definiert: Unterbau, Oberbau, Spurweite, Längsneigung, Bogengestaltung, Lichtraumumgrenzung, Gleisabstand, Kreuzungen, Brücken und andere Ingenieurbauwerke, Kilometerzeichen und Neigungszeiger, Einfriedungen, Feuerschutzanlagen und Schneeschutzeinrichtungen, höhengleiche Kreuzungen von Gleisen mit Straßen, Wegen oder Plätzen, Laderampen, Ladestraßen, Bahnsteige und Näherung von Straßen, Gleistassen, Arbeitsgruben und Prüfung der bautechnischen Anlagen. Es gilt auch hier: Wo viel, schnell und oft gefahren wird, steigen die Anforderungen, auch wenn keine Personenverkehrsleistungen erbracht werden und die Anlagen nicht im öffentlich zugänglichen Raum errichtet werden.

Die **ESBO** definiert Anforderungen für Bahnen, deren Spurweite unter der Normalspur liegt. Die Bahnanlagen werden in §§ 5 bis 13 geregelt. Merkmale für folgende Anlagen werden definiert: Spurweite, Gleisbogen, Gleisneigung, Belastbarkeit des Oberbaus und der Bauwerke, Umgrenzung des lichten Raumes, Gleisabstand, Bahnübergänge, höhengleiche Kreuzungen von Schienenbahnen, und Bahnsteige, Rampen und Bahnhofsname.

### Erkenntnisse der Auswertung des Regelwerkes

Unter Berücksichtigung des jeweiligen Kontextes sind einige Ähnlichkeiten erkennbar. Der Grundsatz „Wo viel, schnell und oft gefahren wird, steigen die Anforderungen zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs“ ist in allen Bau- und Betriebsordnungen enthalten. Die Spannweite von „simpel“ zu „hoch komplex“ ist in der EBO am größten, die deshalb in sich noch einmal in „Hauptbahn“ und „Nebenbahn“ unterscheidet. Auch die Betriebsanlagen, deren Merkmale durch die Anforderungen definiert werden, sind recht ähnlich: Streckenführung (Gleisbogen und Gleisneigungen), Belastbarkeit des Oberbaus und der Ingenieurbauwerke, Lichtraumumgrenzung, Bahnübergänge und Bahnsteige. Die Parameter werden aber nach zwei unterschiedlichen Philosophien geregelt:

- Explizite „harte“ Vorgabe technischer Parameter, die man zwar nicht alle beachten muss, deren Nichtbeachtung zunächst aber eine „Abweichung“ darstellt, die mit „Nachweis gleicher Sicherheit“ ggü. einer Aufsicht zu rechtfertigen ist – und bei der die Aufsicht eine Erlaubnis erteilen muss (EBO, BOA).
- Anforderungen werden auf Belastungen bezogen, ohne diese konkret zu benennen – sie sind damit gut an lokale Bedingungen anpassbar (BOStrab).

Beispielsweise regelt die BOA in § 12 Oberbau: „Mindestradsatzkraft von 210 kN bei Normalspur und breiteren Spurweiten, 120 kN bei Meterspur und 100 kN bei 750 mm Spurweite“ oder in § 17 Oberbau der BOStrab: „Der Oberbau muss die vom maßgebenden Lastenzug bei der Streckenhöchstgeschwindigkeit ausgeübten statischen und dynamischen Kräfte ohne bleibende Verformung aufnehmen können.“

Formal gesehen besteht ausreichend Möglichkeit zur Kostenoptimierung durch lokales Abweichen von übergeordnetem nationalem Regelwerk. Faktisch bestehen hohe Risiken insb. bei der Nachweisführung, um entsprechende Zustimmung durch Aufsichtsbehörden zu erlangen. Immerhin gibt jede Betriebsordnung auch Sicherheit für die Beteiligten, dass bei Einhaltung alles richtiggemacht wird – auch im Falle eines Unfalls. Bei Neubauten können technische Anforderungen der TSI oder EBO ohne Mehraufwand umgesetzt werden – es muss in diesem Fall ohnehin gebaut werden. Aus der Regelwerksanalyse lassen sich weitere Schlussfolgerungen ziehen:

- Das Produktionssystem der Nebenbahnen lässt sich nach lokalen Gegebenheiten anpassen (z. B. TSI-Streckenklassen, BO-Differenzierung, EBO: Haupt-/Nebenbahn).
- Formal sind europäisch und national auch Abweichungen möglich, die aber das Risiko eines deutlich erhöhten Zulassungsaufwandes haben.
- Die Einhaltung des Regelwerks erfordert umfangreiche Prozesse mit teils erheblichem Umsetzungsaufwand, die durch alle Marktteilnehmer einzuhalten sind – ob Konzern oder Mietelstand.

- In technischer Hinsicht ermöglicht das Regelwerk, dass auch unter einfachen Verhältnissen einfache Bahn-Produktionssysteme errichtet werden können.

In prozessualer Hinsicht nimmt das Regelwerk keine systematische Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit der Produktionsanlage, die Verhältnismäßigkeit der Anforderungen in Art und Menge im konkreten Fall, den Aufwand ihrer Überprüfung oder örtliche Randbedingungen. Zwar ist die Physik überall gleich, aber nicht der Kontext, in dem sie stattfindet. Ein Unternehmen hält die definierten Anforderungen aus Eigeninteresse, u. a. aus kommerziellen Gründen (nur mit einer funktionierenden Anlage lässt sich Geschäft machen) und aus juristischen Gründen (Nachweis nach dem ordnungsgemäßen Geschäftsbetrieb im Schadensfall) ein. Am Regelwerk hängt allerdings der große, zusätzliche Aufwand die Nachweise zu erbringen, dass wirklich das getan wird, was gefordert wird. Besonders im mittelständisch geprägten Nebenbahnsegment kann dies eine signifikante Belastung sein.

## 7 Aufwandsvermeidung, -senkung: Praxis und Probleme

Der hohe Finanzierungsdruck begleitet die Eisenbahn seit ihrer Erfindung. Im Zeitalter des Eisenbahnfiebers und der goldenen Ära der Eisenbahn stand der Renditedruck im Vordergrund: Eisenbahnen mussten kostensparsam betrieben werden, um größtmögliche Rendite zu erwirtschaften. Damit ist die Kostenoptimierung an vielen Stellen inhärent in das System integriert. Beispiele sind:

- optimale Linienführung und Trassierung
- optimale Systemgestaltung, z. B. Anzahl Stationen, Zweigleisigkeit, Anzahl Fahrzeuge, Personal
- Betriebsoptimierung – Maximierung der Leistungsfähigkeit, möglichst wenig Störung durch nichtproduktive Aktivitäten

Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet, ist die Beschäftigung mit der Systemoptimierung, insgesamt und im Einzelnen, allgegenwärtig in der Fachliteratur – oft technisch dominiert, teils aber auch aus Sicht der eisenbahnunternehmensspezifischen Ökonomie. Klassische Strategien der Kostenoptimierung sind beispielsweise vorausschauende Planung und Anlagengestaltung unter Berücksichtigung der laufenden Betriebsaufwendungen (kurzfristig teuer aber langfristig systemverträglich und kostensparsam), Standardisierung von Prozessen und Komponenten, Erhaltung der Lebensfähigkeit der Anlage und ihrer Nutzung, vorausschauendes Anlagenmanagement mit angemessenen Reserven, effiziente und straffe Organisation der Unternehmensbereiche (möglichst wenige interne Schnittstellen) und Arbeitskräfte – im Regelfall hierarchische Systeme auf Basis von „Befehl“ und „Gehorsam“, „eingespielte“ Akteure auf allen Seiten – Wissens- und Erfahrungsweitergabe in ein kollektives Gedächtnis unter Eisenbahnen als wichtige Stütze des praktischen Betriebsalltags für hohe Wahrscheinlichkeit „richtigen“ Handelns, Set aus wiederkehrenden routinierten Lieferanten – Ausschreibungen führen im Regelfall nicht zu Überraschungen und neuen Lieferanten/ zu verwendenden Produkten.

Die große Herausforderung besteht beim Eisenbahnsystem darin, dass ein Kostenoptimum ein theoretisches Konstrukt ist. Die Anlagengröße, deren innere Komplexität aus zahlreichen Gewerken und die Anzahl der äußeren Einflüsse lassen allenfalls eine Annäherung zu. Umso wichtiger ist ein Verständnis um ebendiese Zusammenhänge als wesentlicher Baustein einer Kostenoptimierung. An dieser Stelle sind in den letzten Jahren zahlreiche Effekte wirksam gewesen, die eine konsistente Kostenoptimierung des Eisenbahnsystems sehr erschweren: Während die Bahnreform seit den 1990er Jahren zahlreiche interne Akteure und Schnittstellen geschaffen hat, die zwar jeweils suboptimale Zustände (unter Umständen auch auf Kosten anderer Systemgewerke) anstreben, rückt nach dem Freisetzen erfahrener Arbeitskräfte nun der Fachkräftemangel in den Fokus. Damit verbunden ist ein Wissens- und Erfahrungsverlust, der auch Auswirkungen auf die Möglichkeiten und Grenzen von Optimierung und Innovation hat. Für das gegenständliche Thema der Kostenoptimierung ist insbesondere der Verlust des Systemgedankens zu beklagen.

Die Eisenbahn (in Deutschland, in Europa oder in anderen Teilen der Welt) hat kein Ende der Nutzungsdauer. Es handelt sich um Anlagen, die so lange existieren, wie sie gebraucht werden. Die Be- wirtschaftung solcher Anlagen muss zum Ziel haben, dass sie – so lange sie existieren – möglichst

geringe Aufwendungen verursachen. Dieses Ziel kann man auch dadurch erreichen, dass man Komponenten einsetzt, die zum Zeitpunkt ihrer Errichtung überdimensioniert und teuer sind, die aber noch im Verlaufe ihrer konkreten Nutzungsdauer mit der dann geänderten äußeren Randbedingung bestens umgehen und entsprechende Anforderungen bedienen können. Die Herausforderung der Kostenoptimierung von Eisenbahnsystemen besteht also darin, zukünftige Randbedingungen besonders genau abschätzen zu können – und das Eintreten der Randbedingungen zugunsten vergangener Annahmen zu befördern. Derzeit populäre methodische Ansätze zur Erzeugung temporärer oder lokaler Optima wie Life Cycle Cost Analyse oder Predictive Maintenance unterscheiden sich teils grundsätzlich von diesem Grundansatz, wobei nicht auszuschließen ist, dass sogar systemunverträgliche Lösungen generiert werden.

Eine sehr wirksame kostensenkende Strategie des Eisenbahnsystems heißt Technologiefolgerschaft. Das bedeutet, dass nur in anderen Branchen entwickelte und gereifte Technologien und Anwendungen in das Eisenbahnsystem übernommen werden. Die betriebliche Integration solcher Technologien erfordert Innovationskraft. Die zugehörige technologische Innovation passiert aber nicht innerhalb des Bahnsystems – wenn man nicht bereit ist, den entsprechenden Aufwand dafür zu akzeptieren.

Im Zusammenhang mit dem Einsatz alternativer Antriebstechniken für den Einsatz auf Nebenbahnen ist folgender Zusammenhang festgestellt worden: Es sollte überprüft werden, wie hoch die CO2-Ersparnis ist, wenn kurzfristig Dieselfahrzeuge im Nebenbahndienst ersetzt werden, verglichen mit der Nachhaltigkeit einer möglichst langen Nutzung bestehender Fahrzeuge. Es ist anzunehmen, dass aufgrund der anteilig geringen Verkehrsleistung auch die CO2-Ersparnis bezogen auf den Verkehrsträger Eisenbahn überschaubar und bezogen auf andere Problembereiche des Verkehrswesens sogar sehr gering sein dürfte. Vermutlich wird der Wasserstoff-, Batterie- oder Elektrozug auf den Nebenbahnen vorerst nicht den entscheidenden Beitrag für die Erreichung der Klimaziele im gesamten Verkehrssektor leisten. Er wird die Nebenbahnen aber sicherlich in Bau und Betrieb zunächst teurer machen. Rechnet man die CO2-Emission dann auch noch auf den Platz oder auf die beförderte Person um, ist zu hinterfragen, ob die zusätzlich zu erwartenden Aufwendungen und die Risiken des Einsatzes neuer Technologien zu rechtfertigen sind. Im Sinne der oben erwähnten Technologiefolgerschaft wäre es wohl vernünftiger, den Dieselantrieb auf Nebenbahnen so lange weiter zu nutzen, bis die Risiken der Innovation überwunden sind und die Bahnhaftigkeit hergestellt ist. Das heißt nicht, dass entsprechende Großversuche nicht stattfinden können und fortgesetzt werden sollten. Es heißt eher, dass die Integration in das System „Nebenbahn“ – wenn sie keine Kostensprünge verursachen soll – durchaus 20 bis 30 Jahre dauern kann – erst recht, wenn man die Laufzeiten von Vertragsverträgen berücksichtigt.

### **Identifizierte Probleme, Verbesserungspotenzial, Forschungsbedarf**

Aufgrund der Tatsache, dass die subjektive Wahrnehmung aufwandssteigernder Effekte nicht durch die Datenanalyse bestätigt wurde, wird nachfolgend eine Auswahl von Wortbeiträgen aus den Expertenworkshops im Projektverlauf dargestellt. Es werden Sachverhalte benannt, die aus der Datenlage nicht extrahiert werden konnten, die aber das aktuelle Lagebild komplettieren sollen:

*„Kostensparmaßnahmen können auch zum „Boomerang“ werden – was aber eigentlich nicht passieren darf! Zum Beispiel eine kostenminimierte Reaktivierung einer Nebenbahn unter Verwendung altge-*

*brauchter Schwellen als geförderte Maßnahme. Die Fördermaßnahme ist mit einer Mindestnutzungsdauer belegt. Wenn die altgebrauchten Komponenten aber „nicht durchhalten“, wird bei erforderlicher Ersatzbeschaffung die vorherige Sparmaßnahme zum Nachteil.“*

*„Die Feststellung des Zustandes „Ordnung und Sicherheit“ der Eisenbahnaufsicht kann von Behörde zu Behörde und von Sachbearbeiter zu Sachbearbeiter stark schwanken. Dies ist ein erhebliches Risiko im Projektgeschäft.“*

*„Im Detail ist die Einhaltung technischer Normen teils absolut „an der Realität vorbei“, aber extrem teuer, so z. B. die Errichtung einer vorschriftsgemäßen, barrierefreien Zuwegung an einer Bahnstation im Gebirge, wo maximale Längsneigungen mit erheblichem Aufwand hergestellt werden, die außerhalb des Bahngeländes an etlichen Punkten des örtlichen Wegenetzes aus natürlichen Gründen nicht gegeben sind, noch nie gegeben waren und wohl nie zu errichten sind.“*

*„Obwohl für verwendete Bauteile eine Komponentenzulassung besteht, verlangt die Eisenbahnaufsicht, dass die betreffende Komponente erneut geprüft wird. Die Befestigung eines Ringerders einer elektrotechnischen Anlage ist als Bauteil (Mutter + Schraube) durch die Eisenbahnaufsicht zugelassen. Im vorliegenden Fall forderte der fachtechnische Prüfer einen Nachweis für die Mutter.“*

*„Es sind Regelschwellenabstände einzuhalten, die gemäß Praxiserfahrung enger als notwendig und damit deutlich teurer sind, als es technisch möglich wäre (und in der Vergangenheit legal praktiziert wurde). Bei konsolidiertem „hundertjährigen“ Unterbau ist gemäß Praxiserfahrung auch eine geringere Schotterunterfütterung möglich, wenn nur leichte Fahrzeuge verkehren. Solche „leichten Oberbauformen“ sind allerdings nicht mehr zulässig.“*

Im fachlichen Austausch mit dem forschungsbegleitenden Arbeitskreis haben mehrere Praktiker berichtet, dass die Eisenbahnaufsicht bei Infrastrukturprojekten im Nebenbahnbereich oft die Anwendung der Konzernrichtlinien der DB AG als maßgebliche Regeln der Technik gefordert und durchsetzt haben. Dabei erfüllen z. B. auch die VDV-Richtlinien den Stand der Technik. Dieser Sachverhalt kann im Einzelfall zu signifikanten Mehraufwendungen führen.

Die Eisenbahn ist ein komplexes technisches System. Für die Gewährleistung ihrer Funktionsfähigkeit ist ein hoher Ressourcenaufwand erforderlich. Die hohe Systemleistungsfähigkeit rechtfertigt jedoch diesen Aufwand. Für viele Jahre bestand das Bemühen der Eisenbahner darin, diese Komplexität beherrschbar zu halten. In den letzten Jahren scheint dieses Bemühen immer schwieriger umsetzbar zu sein – auf zahlreichen Ebenen, wie im Projektverlauf an zahlreichen Stellen gezeigt wurde. Die entstehende Volatilität im System lässt sich in den Aufwands- und Kostendaten weniger Unternehmen im gegebenen Projektrahmen nicht nachweisen. Die Expertenrückmeldung diesbezüglich ist jedoch auf breiter Front eindeutig.

Insbesondere die aufwandssteigernden Faktoren, die nicht durch das Eisenbahnunternehmen direkt gesteuert werden können, haben in den vergangenen Jahren an Bedeutung und Dynamik hinzugewonnen. Der unternehmerischen Eigenverantwortung stehen eine Reihe externer kostenwirksamer Einflüsse gegenüber. Öffentlich-rechtlich begründeter Aufwand wird zwar kompensiert, jedoch ist der bürokratische Aufwand von Antragstellung bis Nachweisführung ebenfalls ein beträchtlicher Kostenfaktor.

## Probleme im Segment der Nebenbahn KMU-EIU

Es gibt zahlreiche externe Faktoren, die kostenoptimales Handeln der EU-KMU verhindern – und auf die das einzelne Unternehmen kaum Einfluss hat – und ihnen kaum aus dem Weg gehen kann. Für sich genommen sind einzelne „Lücken“ nicht einmal systemrelevant. Allerdings sorgen Anzahl und Verteilung im System dafür, dass ein „Mehltau aus Kostenfaktoren“ wie Sand im Getriebe wirkt. An neuralgischen Stellen, wie z. B. den Investivprojekten, treten die Faktoren besonders intensiv zutage. Die Workshops und die Systemanalyse zeigen übereinstimmend: Die kostensteigernden Faktoren sind im gesamten System auf vielen Ebenen verteilt und an zahlreiche Akteure/Rollen gebunden. Eine singuläre „Kostenoptimierung“ innerhalb des Unternehmens im Sinne der betriebswirtschaftlich-geprägten Steuerung eines KMU oder eines Projektes als Methode führt kaum weiter.

Abbildung 17 zeigt vorgefundene aufwandsrelevante Tatbestände, die in der Phase der Initialisierung eines KMU-EIU (Neugründung, Wiedereröffnung nach Reaktivierung etc.) wirksam sind.

| Kontext                             | Lücke  | Was kann getan werden?  | Wer kann das tun?   |
|-------------------------------------|--|---|---|
| Erwartung an das System „Eisenbahn“ | Sehr hohe Leistungserwartungen an das System „Eisenbahn“ – oft ohne Berücksichtigung, dass die Leistung nur mit erheblichen Kosten erbringbar ist  | Politik und Öffentlichkeit aufklären: „schnell“ und „häufig“ heißt im Regelfall auch „sehr teuer“   | Wissenschaft, Interessenverbände                                |
| Übergeordnete Anforderungen         | „Wirtschaftlichkeit der Bahnanlage“ ist im übergeordneten Regelwerk an keiner Stelle weder „grundlegende Anforderung“ noch übergeordnetes Ziel. Damit werden Regeln geschaffen – aber strukturell ohne Rücksicht darauf, ob unter den Bedingungen ein wirtschaftlicher Eisenbahnbetrieb überhaupt möglich ist.   | Es muss ein Bekenntnis geben, dass Regelsetzung und Anforderungen eine wirtschaftliche Betriebsführung mit unternehmerischer Gestaltungsfreiheit und Verantwortung nicht verhindern dürfen. | EU, EBA, Regional- und Bundespolitik                            |
| Übergeordnete Anforderungen         | Die Sachverhalte „Sicherheit“ und „Ordnung“ sind in der EBO nicht eindeutig definiert. Sonderwege gelten als Abweichungen; Interpretationen der Sachverhalte „zur sicheren Seite“ können zu erheblichem Mehraufwand führen.  | Festlegung in quantifizierbaren Anforderungen – idealerweise Sicherheitszielen, die erreicht werden müssen, die aber Gestaltungsfreiheit in der Art der Umsetzung lassen.                   | EBA, BMDV   |
| Übergeordnete Anforderungen         | TSI ändern sich im Verhältnis zum Zeitverhalten des Systems und der Lebenserwartung der Komponenten zu häufig, was zu Mehraufwand in Planung, Errichtung und Instandhaltung führt.   | Langfristige Stabilität gesetzlicher und technischer Vorschriften   | ERA   |
| Verkehrsraum                        | Ungebrochen disperse Raumstruktur mit in der Fläche verteilten Verkehrsquellen und Verkehrssenkten, die nachhaltige Bündelung der Verkehrsströme (SPNV, SGV, ÖPNV) verhindert.   | Bekenntnis der jeweiligen Region zur Eisenbahn als Verkehrsträger; Umsetzung in der lokalen und regionalen Raumplanung, offensiv gestaltende Raumplanung mit dem Ziel der Nachhaltigkeit.   | Kommunal- und Regionalpolitik                                   |
| Planungsrahmen                      | Regelsetzung nimmt keine systematische Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit, Verhältnismäßigkeit der Anforderungen in Art und Menge, auf den Aufwand ihrer Überprüfung, auf örtliche Randbedingungen im Kontext der Nebenbahnen und Kleinbetriebe – was insbesondere für KMU-EIU problematisch ist.  | differenzierte Wahrnehmung erforderlich im Sinne einer „systematischen Rücksicht“, vereinfachte Prozesse insb. im KMU-Umfeld und Nebenbahnen  | Wissenschaft, Interessenverbände, Gesetzgeber, Standardisierung |
| Planungsrahmen                      | Fehlanreize im Förderrecht: Die Relation von Anschaffungskosten und laufenden Betriebskosten spielt in der Förderung eine zu geringe Rolle – mit Auswirkung auf die Auswahlprozesse – und langfristig negativer Wirkung auf mittelständisch geprägte Nebenbahnen.  | Überarbeitung des Förderrechts: Im Betrieb / Life Cycle günstige Anlagen sollten förderfähig sein.  | Fördermittelgeber   |
| Planungsrahmen                      | Lösungsansätze für NE-Bahnen (Interpretation des NE-Regelwerkes z. B. VDV oder unternehmensinterne Sicherheitsbetrachtungen der NE-EIU) werden in Einzelfällen durch die Eisenbahnufsicht nicht anerkannt. Es wird argumentiert, dass nur bei Einhaltung des DB-Regelwerks (Ril) die Anforderungen an die Ordnung und Sicherheit als eingehalten angenommen werden können. Für Bau und Betrieb von Nebenbahnen kann die Einhaltung der Ril-Unternehmensstandards der DB AG im Einzelfall zu erheblichen Mehraufwendungen führen. | Die Eisenbahnufsicht muss dazu in der Lage sein, ihre Aufsichtsfunktion dem gesamten gültigen Regelwerk vollenfänglich wahrzunehmen.  | Eisenbahnufsicht  |
| Planungsrahmen                      | Die Möglichkeit zur Anpassung an lokale Bedingungen ist im Regelwerk theoretisch vorhanden, aber durch die Eisenbahnufsicht im lokalen Kontext als nicht ausreichend angesehen.  | Verstärkung der unternehmerischen Eigenverantwortung von NB-EIUs; „ausreichend“ muss definiert sein.  | EBA, EU   |

Abbildung 17: Identifizierter Handlungsbedarf in der Gründungsphase eines EU-KMU.

Auch in der Betriebsphase bzw. in der Phase der normalen aktiven Geschäftstätigkeit verlieren die externen aufwandsrelevanten Faktoren nicht an Einfluss.

Grundsätzliche Handlungsoptionen des KMU-EIU:

- a) Strategie **Marktanpassung** („marktpassiv“): eigenen Ressourcenbedarf vorausschauend erfassen, die Ressourcenverfügbarkeit und damit die Kosten langfristig (ein-)steuern; Abschluss von Rahmenverträgen.
- b) Strategie **Marktgestaltung** („aktiv“): Aktive Steuerung der Marktentwicklung. Langfristig Nachfragespitzen in Investition und Instandhaltung vermeiden (vorausschauende Investitionsplanung); durch eine kontinuierliche/stetige Einkaufs-/Vergabe-/Auftragspolitik dafür sorgen, dass ein gesunder Markt an Dienstleistern, Material und Technik vorhanden ist. Dabei ist die zukünftige Nachfrage/Bedarf für Ressourcen, insbesondere im Eisenbahnsektor gut berechenbar. Die „Gesundheit“ dieses Marktes muss sektorübergreifend und neutral überwacht werden. Wenn ausgewogene Märkte zur Ressourcenversorgung als „Selbstläufer“ nicht entstehen / sich nicht halten, müssen die Bedarfsträger die Ressourcenversorgung selbst übernehmen (eigene Abteilungen, Zweigbetriebe, Tochterunternehmen bzw. Ausgründungen, Verbünde, Beteiligungen). Eingliederung eigener Lieferanten (Insourcing) – was für KMU (allein) nur begrenzt möglich ist.

Eine Gesamtoptimierung ist nur dann möglich, wenn alle zu optimierenden Parameter im Verfahren gleichwertig berücksichtigt werden. Mindestens: Funktionaler Nutzen (Leistungserwartung), Ordnung und Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit. Dies ist derzeit nicht der Fall. Die Verantwortung für die relevanten Parameter ist auf verschiedene Akteure im Sektor verteilt:

- Die unmittelbar im Eisenbahnverkehr operierenden Unternehmen (EVU, EIU) können eine Kostenoptimierung nicht erreichen, weil sie für wesentliche Parameter keine Entscheidungsbefugnis haben.
- Andere Akteure haben aufgrund ihrer Aufgaben/Rolle eine unmittelbare Wirkung auf die Kostenstruktur der gesamten Branche, nicht nur einzelner Akteure. Sie sind jedoch nicht dem Ziel der Wirtschaftlichkeit bzw. Funktionsfähigkeit des Verkehrsträgers (Gesamterfolgsverantwortung) verpflichtet.

Es ist auch kein Thema allein für den „Bau und Betrieb von Nebenbahnen“, sondern im gesamten Eisenbahnsystem. Jedoch tritt es an einer der schwächeren Stellen deutlich hervor (EIU und EVU als KMU formiert, regionale Zusammenhänge mit hohem Kostendruck). Behauptung: Würde man sich den Schienengüterverkehr näher ansehen, käme man zu ähnlichen Erkenntnissen. Die Zuordnung der für die Steuerung einer Optimierung relevanten Parameter muss korrigiert werden.

Schaffung von Spielregeln, an die unterschiedliche Akteure und Rollen gebunden sind, so dass auch eine systemisch inhärente Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems durch alle darin tätigen Subjekte erfolgt. Heißt: So wie mehrere Akteure dem Ziel von Ordnung, Sicherheit, Barrierefreiheit oder Interoperabilität verpflichtet sind, muss auch jeder – auch die regelsetzenden Instanzen – dem Ziel der Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems verpflichtet sein. Daher gehört die Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnsystems explizit als Ziel und grundlegende Anforderung dorthin verankert, wo kostenwirksame Entscheidungen getroffen werden. Nur die unmittelbar im Eisenbahn-

verkehr geschäftstätigen Unternehmen sind für die Zielsetzung und damit alle Parameter verantwortlich. Damit entfällt auch der Aufwand der Synchronisierung der Rollen. Ziele werden innerhalb einer Struktureinheit definiert und die Verantwortung für deren Realisierung übernommen.

# 8 Handlungsempfehlungen

Das vorliegende Projekt hatte insbesondere analysierenden Charakter im Sinne einer Bestandsaufnahme, um eisenbahnbetriebswirtschaftliche Effekte der letzten Jahre zu erschließen, zu sortieren und zu interpretieren. Grundlegende Mechanismen der Eisenbahnbetriebswirtschaft wurden ebenso erfasst wie handfeste praktische Instandhaltungsmaßnahmen vor Ort bei der Erzgebirgsbahn, der Osthannoverschen Eisenbahn oder der Kuhessenbahn. Entsprechend umfassen die Handlungsempfehlungen sehr grundsätzliche Feststellungen und sehr pragmatische Lösungsvorschläge für die Umsetzung.

Eine oberste Handlungsempfehlung lässt sich aus der Gesamtanalyse dieses Projektes wie folgt ableiten:

**Die Eisenbahner müssen ihr Bemühen um Aufwandsreduktion, Kostenersparnis, Effizienz, Rationalisierung usw. auf allen Ebenen stets und unermüdlich fortsetzen.**

An vielen Stellen sind viele Personen und Organisationen aktiv tätig, die mit umfassendem Systemverständnis die relevanten und wirksamen Stellschrauben betätigen, um das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Eisenbahn insgesamt zu verbessern. Das Projekt zeigt aber auch: Es gibt vielschichtigen Handlungsbedarf, weil

- zahlreiche aufwandssteigernde Effekte nicht aus dem Eisenbahnsystem heraus entstehen, sondern durch äußere Einflussnahme externer Akteure eingebracht werden,
- die Gefahr besteht, dass die disperse Struktur des Eisenbahnsektors dazu führen kann, dass Akteure lokale oder partikuläre Optimierung betreiben – auch zulasten des Gesamtsystems – und
- in den kommenden Jahren viele junge und zunächst unerfahrene Eisenbahner ihre Tätigkeit bei der Eisenbahn starten werden, was einen umfassenden Wissensaufbau erfordert.

Es erscheint wie ein Paradoxon des Eisenbahnmarktes, dass zwar im Sinne der Marktwirtschaft die Eisenbahnunternehmen für ihren geschäftlichen Erfolg selbst verantwortlich sind – also auch die mittelständischen EIUs, dass aber gleichzeitig so viele geschäftsfremde Akteure den Handlungsspielraum beeinflussen können, ohne ihrerseits weder die Funktionalität und Wirtschaftlichkeit konkreter Marktteilnehmer noch die des Verkehrsträgers insgesamt verantworten zu müssen. Daher lautet eine weitere Handlungsempfehlung:

**Es müssen kommunikative und methodische Wege entwickelt werden, um alle im Eisenbahnsystem tätigen Personen und Organisationen dazu zu befähigen – und in die Pflicht zu nehmen – dazu beizutragen, die Gesamtfunktionalität und die Gesamtwirtschaftlichkeit des Verkehrsträgers dauerhaft sicherzustellen.**

Es nützt uns nicht viel, wenn wir uns eine Mobilitätseinrichtung aufbauen, die umweltfreundlich, sicher, hochtechnologisiert und interoperabel, jedoch gleichzeitig handlungsunfähig und überteuert ist. Jeder Akteur im Eisenbahnsektor sollte immer auch für Leistungsfähigkeit, Funktionsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit zuständig und verantwortlich sein. Nötigenfalls bedarf es eines politischen

Mandats, auf dessen Basis die Prämissen für die Entwicklung des Eisenbahnsystems im Sinne einer langfristigen Strategie festgelegt sind.

Vor dem Hintergrund der Analyse des Regelwerkes ergibt sich die nächste Handlungsempfehlung:

**Der Sachverhalt „Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnsystems“ ist als weitere grundlegende Anforderung in die Interoperabilitätsrichtlinie sowie neben die Ziele Ordnung und Sicherheit sowie „Einheit des Eisenbahnsystems“ in die Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung (EBO) aufzunehmen bzw. hinzuzufügen.**

Möglicherweise ist das Fehlen dieser Anforderung ein Grund, weshalb überall eifrig an Sicherheit, Ordnung, Einheit des Eisenbahnsystems, Zuverlässigkeit, Gesundheit, Umweltschutz, technische Kompatibilität und Zugänglichkeit gearbeitet wird – im gleichen Kontext jedoch die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage nirgends explizit mitgefordert und damit systematisch mitgeführt werden muss.

Das Eisenbahnsystem ist eine Infrastruktur, die so lange besteht, wie sie gebraucht wird. Sie hat in Richtung Zukunft kein Ende der Nutzungsdauer, wenngleich ihre Bestandteile aus Menschen, Technik und Regeln sehr wohl diese begrenzte Lebensdauer haben. Daraus resultiert die entsprechende Handlungsempfehlung:

**Das Eisenbahnsystem ist als dauerhaft zu erhaltende Wertanlage zu behandeln, deren Wert in der Funktion als Mittel zur Mobilitätsbereitstellung besteht. Sie bedarf einer langfristigen Planung und einer hohen Stabilität. Das betrifft alle wirtschaftlichen Funktionen einschließlich Organisation, Regelsetzung, Finanzierung, Produkt-, Angebots- und Kundenpolitik und Einsatz technischer Mittel. Nach Möglichkeit ist dafür zu sorgen, dass kurzfristig wirksame Impulse begrenzt oder vermieden werden.**

Um das Eisenbahnsystem teuer, handlungsunfähig und zu einem finanziellen „schwarzen Loch“ zu machen, reicht es, den obigen Grundsatz für einige Jahre zu ignorieren. Die Herausforderung allerdings besteht darin, dass der oben formulierte Grundsatz zu einem mindestens ebenso teuren und handlungsgelähmten „Staat im Staate“ führen kann. Daher bedarf das Eisenbahnsystem einer angemessenen Kontrolle, die wenig vergleichbar ist mit der technischen Aufsicht. Die Überwachung bedarf der notwendigen Distanz, aber auch mit dem erforderlichen inneren Verständnis, damit autonomes und langfristig orientiertes Handeln unter Beachtung grundlegender Regeln auch dafür sorgen kann, dass die Leistungsfähigkeit erhalten und der Systemaufwand optimierbar ist.

Neben allgemeinen und grundsätzlichen Schlussfolgerungen lassen sich auch Handlungsempfehlungen für den Kontext der Nebenbahnen ableiten:

Outsourcing und Rahmenverträge ersetzen nicht die langfristige vorausschauende Zeitreihenoptimierung. Wenn aufgrund unterlassener Zeitreihenoptimierung die Nachfrage nach Leistungen im Zeitverlauf stark schwankt, drückt sich dies darin aus, dass es Perioden gibt, in denen die Nachfrage nach Rahmenvertragsleistungen sehr hoch ist (Preise steigen), gefolgt von Perioden, in denen die Nachfrage nach Rahmenvertragsleistungen sehr gering ist. Für den Fall, dass die Dienstleister bzw. Auftragnehmer auf eisenbahnspezifische Leistungen spezialisiert sind, werden sie vom Markt verschwinden – entweder durch Einstellung der Geschäftstätigkeit oder indem sie sich anderen Märkten

und Kunden zuwenden. Es besteht keine Gewähr, dass ein Dienstleister beim nächsten Nachfragezyklus verfügbar ist. Die Kultur der Rahmenverträge bzw. des Outsourcings ermuntert Eisenbahnunternehmen, bisher eigene Ressourcen (und damit verbundene Kosten) aus den Händen zu geben – im Vertrauen darauf, dass die zugehörigen Produkte und Leistungen jederzeit am Markt abrufbar sind. Wenn dies so ist, kann scheinbar auch die langfristige Glättung von Zeitreihen vernachlässigt werden. Die Idee des Outsourcings ist ja, temporäre Spitzen durch externe Ressourcen abzufangen. Demgegenüber zwingt ein konsequentes Vorhalten eigener Ressourcen (und eigener Kosten) das jeweilige Unternehmen, die vorhandenen Ressourcen möglichst gleichmäßig auszulasten. Daraus ergibt sich eine Handlungsempfehlung an die mittelständischen EIUs:

**Die mittelständischen EIU sollen prüfen, ob vertiefte Kooperationen oder Zweckbündnisse die gemeinschaftliche Fähigkeit zur vorausschauenden Marktgestaltung verbessern können – auch um die individuellen Risiken des Outsourcings zu reduzieren.**

Verkehrliche und betriebliche Anforderungen haben große Auswirkungen auf den Mittelbedarf von Eisenbahnen. Heißt: „Viel“, „schnell“ und „schwer“ (also hoher Leistungsanspruch) bewirkt, dass die erforderlichen Produktionsanlagen aufwändig und kostenintensiv sind. Daraus ergeben sich zwei Handlungsempfehlungen:

**Leistungsanspruch und Aufwand müssen aufeinander abgestimmt sein:**

- **Wenn eine Nebenbahn kostengünstig sein soll, kann sie nicht gleichzeitig „viel, schnell und schwer“ leisten.**
- **Dort, wo Verkehrsströme zu bewältigen sind, die nicht „viel, schnell und schwer“ sein müssen, darf die Infrastruktur auch aufwandsarm und kostengünstig gestaltet werden. Planung und Aufsicht müssen dies beim Formulieren von Anforderungen/Planungsvorgaben an Nebenbahnen berücksichtigen.**

Aus der Untersuchung zur Reaktivierung der Strecke Dombühl – Dinkelsbühl lässt sich konkret ableiten, dass hinsichtlich des erforderlichen Investitionsbedarfs die Streckenhöchstgeschwindigkeit von Nebenbahnen nicht höher als 80 km/h sein sollte, um Aufwendungen erforderlicher Sicherungsmaßnahmen zu reduzieren.

Insbesondere unter einfachen betrieblichen Verhältnissen können Infrastrukturanlagen nach unterschiedlichen gültigen Regeln der Technik geplant, errichtet und betrieben werden. Aus den Erkenntnissen des Projektes ergibt sich dabei die Handlungsempfehlung:

**Eine ausreichende Anzahl an Planern und Prüfern müssen vorhanden sein, die mit Eisenbahnen unter einfachen betrieblichen Verhältnissen vertraut sind und Erfahrung im Umgang mit dem anzuwendenden Regelwerk haben – neben europäischen Normen (EN) und den Konzernrichtlinien der DB AG auch mit dem VDV-Regelwerk.**

Ordnung und Sicherheit sollten somit grundsätzlich auch ohne die DB-Ril, z. B. auf direkter Basis von TSI/EN oder ggf. auch durch VDV-Regeln nachgewiesen werden können. Besonders aus Sicht der NE-Bahnen ist ein dringendes Bedürfnis, nicht durch Planung oder Aufsicht zur Anwendung der DB-Ril genötigt zu sein.

Die Untersuchung aufwandssteigernder Auswirkungen des Regelwerkes hat gezeigt, dass die zunehmende Bürokratisierung von Bauprojekten in den vergangenen Jahren zunehmend belastend auf die mittelständischen EIUs wirkt – nicht unbedingt die Einhaltung der technischen Anforderungen selbst. Das führt zur nachfolgenden Handlungsempfehlung:

**Es sollte geprüft werden, ob eine Eigendeklaration der TSI-Konformität durch einen Nebenbahnbetreiber möglich ist, um KMU-EIU von bürokratischen Aufwendungen zu entlasten, aber in der Sache die Konformität der Anforderungen zu erreichen.**

### Weiterer Forschungsbedarf

Wünschenswert wäre ein Forschungsprojekt, in dem untersucht wird, wo derzeit systematische Probleme bestehen, die der Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems entgegenstehen – vom Einzelfall bis zu allgemein wirksamen Mechanismen.

Die Kostenanalyse hat ein methodisches Problem aufgeworfen, was mit einem Beispiel gut dargestellt werden kann: Die Anforderung an die Ausrüstung von Bahnanlagen im Nebenbahnbereich mit einem Lärmschutz tritt insbesondere dort auf, wo größere Baumaßnahmen und Reaktivierungen anstehen. Die zugehörige Verpflichtung sei an dieser Stelle weder kritisiert noch in Frage gestellt. Sie führt aber bei einer Kostenanalyse zu folgendem Paradoxon: Auf die Stückkosten bezogen (Lärmschutz Preis je km) kann der Aufwand über Jahre oder Jahrzehnte stabil geblieben sein, so dass im Rahmen der Datenanalyse der Anschein erweckt wird, dass keine Kostensteigerungen vorhanden sind. Dies widerspiegelt im Wesentlichen die Befunde der in diesem Projekt vorgenommenen Datenanalyse. Die Tatsache jedoch, dass aus Gründen des Planfeststellungsrechts im Rahmen einer Reaktivierung oder Aufwertung einer Nebenbahn überhaupt eine solche Anlage auszustatten ist (die es in der Vergangenheit nicht gegeben hat), wirkt signifikant aufwandssteigernd aus einer Systemsicht. Die Planer und Projektleiter setzen diese Maßnahme entsprechend um, so dass sie in den Büchern und Abrechnungen erscheint und im Rahmen der oben dargestellten Kostenanalyse an anderer Stelle ausgewertet wird. Aber was dabei nicht erfasst wird: Wahrscheinlich gibt es zahlreiche Initiativen auf Reaktivierung, die bereits an einem anderen Punkt aus dem Blickfeld verschwunden sind: Projekte an Nebenbahnen zur Reaktivierung oder Aufwertung, bei denen aufgrund des Einflusses solcher aufwandssteigernden Faktoren bereits an sehr früher Stelle in der Vorplanung die fehlende Wirtschaftlichkeit festgestellt wurde, weshalb diese Vorhaben gar nicht erst datenwirksam wurden. So ist auch die erkennbare Diskrepanz zwischen der Wahrnehmung der befragten Praktiker, Eisenbahner und Bauprojektleiter und den Befunden der Auswertung von Projekten erklärbar. Entsprechend ist empfehlenswert, eine geeignete Methodik zu entwickeln, um zukünftige Kostendaten methodisch konsistent auszuwerten, um die Frage nach „Kostentreibern“ vollumfänglich beantworten zu können.

Bei der Projektbearbeitung wurde deutlich, dass Eisenbahnbetriebswirtschaft zahlreiche methodische Besonderheiten erfordert, um Analyse und Schlussfolgerung korrekt vorzunehmen. Das vorliegende Projekt wurde eher aus der (bau-)technischen und buchhaltungstechnischen Perspektive mittelständischer Eisenbahnunternehmen verfasst. An zahlreichen Stellen – das zeigt auch der vorliegende Bericht – stößt man auf grundsätzliche Fragestellungen und methodische Herausforderungen, die das gesamte Eisenbahnsystem betreffen. Dieser Aspekt muss (wieder) mehr in den Vordergrund gerückt werden. Das betrifft nicht nur die Kostenanalyse und Kostenoptimierung, sondern schluss-

endlich eine ganzheitliche Betriebsoptimierung oder sogar die Optimierung des Verkehrsträgers Eisenbahn insgesamt – insbesondere unter den gegenwärtigen Randbedingungen und mit Blick auf die aktuell bereits sichtbaren Probleme und weitere zukünftige Herausforderungen.

# Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: Kostenpositionen und Kostenanteile von Reaktivierungsprojekten [Quelle: Studie VCDB 2015]  | 13 |
| Abbildung 2: Einheitskosten für EU-geförderte Eisenbahnprojekte [5].....  | 15 |
| Abbildung 3: Modellhafte Darstellung der Kostenoptimierung im KMU-EIU.....  | 29 |
| Abbildung 4: Systematik der ausgewerteten Daten.....  | 35 |
| Abbildung 5: Aufwendungen investiver Projekte sowie anteilige Planungskosten am Beispiel Gleiserneuerung (oben), Weichenerneuerung (unten).....           | 37 |
| Abbildung 6: Zeitreihe normierter Kosten von ausgewählten Investivprojekten.....  | 38 |
| Abbildung 7: Volumina der investiven Maßnahmen der EGB in den Jahren 1996 bis 2020.....   | 40 |
| Abbildung 8: Monetärer Aufwand zur Reaktivierung der Kurhessenbahn (Investitionsbedarf) .....   | 41 |
| Abbildung 9: Aufgaben, Kostenpositionen und Datenstruktur der Instandhaltung.....   | 42 |
| Abbildung 10: Instandhaltungsaufwendungen der EGB 2012 bis 2020 – Gesamtsumme und Durchschnitt pro Strecke.....   | 44 |
| Abbildung 11: Instandhaltungsausgaben am Beispiel Durchlässe (oben), Brücken (unten) .....  | 46 |
| Abbildung 12: Entwicklung der Kostensätze innerhalb geschlossener Rahmenverträge für die Instandhaltung, alle Preise pauschal sowie in Euro und Cent..... | 47 |
| Abbildung 13: Analytischer Ansatz: Blackbox-Modell .....  | 49 |
| Abbildung 14: Kostenwirksamkeit <u>allgemeiner</u> Festlegungen der TSI-INF und der Interoperabilitätsrichtlinie, (ausgewählte Merkmale) .....            | 52 |
| Abbildung 15: Kostenwirksamkeit <u>technischer</u> Festlegungen der TSI-INF und der Interoperabilitätsrichtlinie, (ausgewählte Merkmale) .....            | 52 |
| Abbildung 16: Kostenwirksamkeit allgemeiner und technischer Festlegungen der EBO .....  | 53 |
| Abbildung 17: Identifizierter Handlungsbedarf in der Gründungsphase eines EIU-KMU.....  | 60 |

# Tabellenverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Tabelle 1: Aufstellung der Kostenoptionen .....                                    | 11 |
| Tabelle 2: Investitionsbedarf abhängig von der Streckenhöchstgeschwindigkeit ..... | 14 |
| Tabelle 3: Instandhaltungsaufwendungen.....  | 14 |
| Tabelle 4: Prozentuale Zeitüberschreitungen nach Projektphasen .....               | 16 |
| Tabelle 5: Eisenbahn im Vergleich der Verkehrsträger .....                         | 25 |

# Quellenverzeichnis

- [1] **Lazarini**, Oscar Baron (1877): Baukosten der Eisenbahnen, Wien: Lehmann und Wentzel
- [2] **Intraplan Consult GmbH und VWI GmbH** i. A. des BMDV (2022): Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen im schienengebundenen öffentlichen Personennahverkehr, Version 2016+
- [3] **Pöry PLC und VCDB GmbH** (2015): Nutzen-Kosten-Untersuchung zur Reaktivierung von Schienennetzen für den SPNV nach Standardisierter Bewertung, Hannover
- [4] **Wortmann**, Ingo; **Gummersbach**, Ralf; **Langhof**, Martin (2015): Dokumentation zur Aufwandsabschätzung für eine Wiederaufnahme des Personennahverkehrs auf der Bahnstrecke Dombühl – Dinkelsbühl, Ulm: SWU Verkehr GmbH
- [5] **Europäische Kommission** (2009): Work Package 10: „Efficiency: Unit costs of major projects“
- [6] **Europäische Kommission** (2018): Assessment of unit costs (standard prices) of rail projects
- [7] **Alsalamat**, Hassan (2011): Verfahren zur Ermittlung des Einflusses von infrastrukturellen und betrieblichen Faktoren auf die spezifischen Kosten der Eisenbahninfrastruktur, Dissertation, TU Dresden
- [8] **Beck**, Arne; **Bente**, Heiner; **Schilling**, Martin (2013): An Overview and a Look at Opportunities for Improvement, Discussion Paper No. 2013-12, OECD, International Transport Forum, Railway Efficiency
- [9] **Baumgartner**, J. P. (2001): Prices and Costs in the Railway Sector, École Polytechnique Fédérale de Lausanne
- [10] **Pirath**, Carl (1949): Die Grundlagen der Verkehrswirtschaft, Heidelberg: Springer Berlin
- [11] **Europäisches Parlament** (2016): Richtlinie (EU) 2016/797 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union, Anhang III