



Dipl.-Ing. Marco Willi Bok, BSc

# **Lebenszyklusorientierte Ertragsmodelle der Gleisinfrastruktur**

## **MASTERARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Diplom-Ingenieur

Masterstudium

468 Bauingenieurwissenschaften – Infrastruktur (UG2002/16U)

eingereicht an der

**Technischen Universität Graz**

## **Betreuer**

Dipl.-Ing. Dr.techn. Matthias Landgraf

Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Marschnig

Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft

Graz 09.06.2020



## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

Graz, am .....

.....

(Unterschrift)

## Statutory Declaration

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources. The text document uploaded to TUGRAZonline is identical to the present master's thesis.

Graz, .....

date

.....

(signature)

## Danksagung

Das Ende eines jeden Projektes ist stets auch ein Moment des Innehaltens und Zurückblickens. Auch wenn eine Masterarbeit in keinsten Weise das Ende eines Weges charakterisiert, sondern viel mehr eine Weggabelung zu Beginn einer Reise gleicht, ist dies dennoch eine exzellente Gelegenheit dazu, allen Unterstützern und Unterstützerinnen den ihnen gebührenden Dank auszusprechen.

Zunächst möchte ich mich beim gesamten Team des Instituts für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft bedanken, welches für Fragen immer zugänglich war und deren konstruktives Feedback die Erstellung dieser Arbeit tatkräftig unterstützt hat. Im Speziellen gebührt Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. *Peter Veit*, Dipl.-Ing. Dr.techn. *Matthias Landgraf* und Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. *Stefan Marschnig* mein besonderer Dank.

Des Weiteren möchte ich mich beim Unternehmen *Voestalpine* für die hochaktuelle und anspruchsvolle Aufgabenstellung sowie die eingebrachten Kommentare bedanken.

Der größte Dank gebührt meiner besseren Hälfte und ehrenamtlichen Lektorin *Patricia* und meiner Familie – im Besonderen meinem Vater *Thomas*, meiner Mutter *Tina*, meiner Schwester *Lissi* und meinem Stiefvater *Klaus* – sowie allen Freunden die mich bis zu diesem Punkt begleitet und motiviert haben. Vielen Dank!

Graz, am 09.06.2020

## Kurzfassung

Die Notwendigkeit einer lebenszyklusorientierten Beschaffung der für den Neu-, Aus- und Umbau des Eisenbahninfrastrukturnetzes notwendigen Planungs-, Bau und Instandhaltungsleistungen sowie Gleisinfrastrukturkomponenten hat vielfältige Beweggründe. Eine höhere Qualität des verwendeten Materials bzw. der ausgeführten Instandhaltungsmaßnahmen verlängert konsequenterweise die Lebensdauer der technologischen Komponenten, was wiederum einen positiven Effekt auf die anfallenden Gesamtlebenszykluskosten, die entstehenden Umweltauswirkungen sowie den Eisenbahnverkehr haben kann. Langlebige und nachhaltige Produkte sowie hochwertige Dienst- und Serviceleistungen sind jedoch i.d.R. auch mit höheren Investitionskosten auf Auftraggeber-Seite verbunden, weshalb oftmals günstigere Alternativen zum Einsatz gelangen. Ein solcher Vergleich der Anschaffungskosten nach dem Billigstbieterprinzip vernachlässigt die direkten Folgekosten über den Lebenszyklus der Gleisinfrastruktur, wodurch sich oftmals nicht das auf lange Sicht wirtschaftlichste System, sondern die initial preiswertere Alternative durchsetzt. Das Resultat ist ein erzwungener Wettbewerb auf Preisbasis, in welchem kaum Anreize für eine qualitative Weiterentwicklung des Leistungsangebotes der Industriepartner über deren Kostenoptimierung hinaus bestehen. Dies beeinflusst das Gesamtsystem Eisenbahn bzw. alle beteiligten Parteien langfristig auf negative Art und Weise.

Ein optimales Anlagenmanagement bedarf demnach einer kooperativen und holistischen Betrachtung aller Lebenszyklusphasen, von der Planung, der Komponenten-Herstellung, der baulichen Umsetzung und der Instandhaltung bis hin zum Um- und Rückbau. Die vorliegende Arbeit befasst sich damit, wie Hersteller von Gleisinfrastrukturkomponenten durch innovative Ertragsmodelle von einer gesamtheitlichen Lebenszyklusbetrachtung profitieren können und dadurch neben einem Wettbewerbsvorteil auch einen kollektiven Mehrwert für Eisenbahninfrastrukturbetreiber und Eisenbahnverkehrsunternehmen und Endnutzer herbeiführen können. Hierfür werden allgemeine Ertragsmechanismen abgeleitet, die bezüglich ihrer Applikabilität untersucht und zu gleisinfrastrukturspezifischen Ertragsmodellen weiterentwickelt werden. Es erfolgt hierbei eine spezielle Fokussierung auf Verkaufsstrategien für die Eisenbahnschiene. Die Potenziale und Risiken der entworfenen lebenszyklusorientierten Ertragsmodelle werden anschließend systematisch analysiert und in einer Potenzial-Risiko-Matrix dargestellt. Hierfür werden die technologischen, ökonomischen und ökologischen Einflussfaktoren aus dem Fahrweg, die wechselseitige Beziehung der Gleisinfrastruktur zum Eisenbahnverkehr sowie die bauvertraglichen, rechtlichen und strategischen Grundvoraussetzungen als Bewertungskriterien herangezogen. Abschließend erfolgt eine schrittweise Erläuterung, wie die generischen Erkenntnisse dieser Arbeit auf unternehmensinterne Randbedingungen sowie auf spezielle Anforderungen unterschiedlicher Eisenbahngesellschaften angepasst und anschließend am Markt umgesetzt werden können.

## Abstract

The general imperative to pursue a life cycle-oriented procurement regarding the planning, construction and maintenance of railway construction projects as well as the track infrastructure components themselves has a variety of different motives beyond the optimisation of life cycle costs. A superior quality of products and services contributes directly to the prolongation of the track infrastructures technical and ecological lifespan, which in turn benefits the total life cycle costs, the environmental impact and the rail transportation services. However, long-lasting and sustainable products as well as high-quality services are usually linked to higher investment costs for the client. In a tendering process, in which different solutions are solely (or mostly) compared based on the acquisition costs, the lowest bid takes precedence independent of the overall life cycle. Such a comparison neglects the direct follow-up costs in the service life of the track infrastructure and the dismantling phase. Therefore, the initially cheaper alternative often prevails over the most economical and sustainable system. The result of this current procurement process is an inevitable competition on a price basis, in which there are scarcely any incentives for further development of the overall quality of products and services beyond their cost-efficiency. This has a negative long-term effect on every organisation involved as well as the railway assets.

An optimised asset management requires a cooperative and holistic consideration of all life cycle phases: from infrastructure design, through component manufacture, constructional realisation and maintenance, to conversion and dismantling. This thesis encompasses different strategies regarding earning models for manufacturers of track infrastructure components with a specific consideration of the railway tracks. However, the main emphasis is on a collective added value for the producers, the railway infrastructure operators, the railway transport companies and the end users over the lifespan of the track infrastructure. For this purpose, universal profit mechanisms are derived, which are examined regarding their applicability and are further developed into earning models specific to rail manufacturers. The anticipated potentials and risks of the designed life cycle-oriented earnings models are then systematically analysed and assessed in a potential-risk matrix. The technological, economic and ecological boundary conditions of the track infrastructure, the interrelation of the rail and the railway traffic, the contractual and legal requirements as well as the strategic considerations are taken into account as evaluation criteria. Finally, a gradual implementation strategy explains the transition from the generic findings of this work to a company-specific implementation. In this last step, in-house processes and special requirements of different railway companies and their respective impact on the realisation process are discussed.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Ausgangssituation.....	3
1.2	Zielsetzung .....	4
1.3	Forschungsfragen .....	5
2	Allgemeine Grundlagen .....	6
2.1	Begrifflichkeiten.....	6
2.1.1	Lebenszyklus .....	6
2.1.2	Ertragsmodell .....	8
2.1.3	Gleisinfrastruktur .....	9
2.2	Ökonomische Bedeutung einer Lebenszyklusbetrachtung .....	12
2.2.1	Investitionskosten der Gleisinfrastruktur .....	13
2.2.2	Instandhaltungskosten der Gleisinfrastruktur .....	15
2.2.3	Rückbaukosten der Gleisinfrastruktur.....	17
2.2.4	Betrieberschwerniskosten der Gleisinfrastruktur.....	19
2.2.5	Zusammenfassende Darstellung der Gleisinfrastruktur-Lebenskosten.....	20
2.3	Ökologische Bedeutung einer Lebenszyklusbetrachtung .....	21
2.3.1	Bauwirtschaftliche Ebene.....	22
2.3.2	Verkehrswirtschaftliche Ebene.....	23
2.3.3	Gleisspezifische Ebene .....	25
2.4	Bedeutung einer Lebenszyklusbetrachtung für den Betrieb.....	28
2.5	Zusammenfassende Darstellung .....	29
3	Ableitung lebenszyklusorientierter Ertragsmodelle .....	30
3.1	Übersicht möglicher Ertragsmechanismen .....	30
3.2	Clusterung von Ertragsmechanismen.....	36
3.3	Ableitung lebenszyklusorientierter Ertragsmodelle.....	39
3.3.1	Bündelung artverwandter Ertragsmechanismen.....	40
3.3.2	Eignungsbewertung .....	41
3.4	Entwicklung geeigneter Ertragsmodelle .....	43
3.4.1	Ertragsmodell 1 – LCC-Champion .....	44
3.4.2	Ertragsmodell 2 – Lease-a-Track .....	46
3.4.3	Ertragsmodell 3 – Availability Fee.....	47
3.4.4	Ertragsmodell 4 – Cross-Subsidisation .....	50
3.4.5	Ertragsmodell 5 – Life Cycle Cooperation.....	51
3.4.6	Sonstige Ertragsmodelle.....	54
4	Randbedingungen der Gleisinfrastruktur.....	57
4.1	Technologische Randbedingungen.....	57
4.1.1	Belastung, Einwirkung und Widerstand.....	57
4.1.2	Mikro-Lebenszyklus und Makro-Lebenszyklus.....	59
4.1.3	Planungsphasen, Oberbautypen und betriebliche Infrastrukturplanung .....	60
4.1.4	Schienenherstellung .....	62
4.1.5	Gleisneubau und Gleisumbau .....	62
4.1.6	Instandhaltung .....	64
4.1.7	Schienenfehler .....	66
4.1.8	Sicherheit in der Instandhaltung .....	68
4.1.9	Bedeutung eines ganzheitlichen Wissensmanagements .....	69
4.2	Ökonomische Randbedingungen .....	70
4.2.1	Planungsphase.....	70
4.2.2	Instandhaltung und Gleisumbau .....	71

4.2.3	Sonstige finanzwirtschaftliche Randbedingungen .....	74
4.3	Betriebliche Randbedingungen.....	75
4.3.1	Betriebliche Infrastrukturplanung .....	76
4.3.2	Einfluss des Betriebs auf die Instandhaltung und den Gleisumbau .....	77
4.3.3	Sonstige betriebliche Randbedingungen .....	80
4.4	Sonstige Randbedingungen .....	81
4.4.1	Bauvertragliche Randbedingungen.....	82
4.4.2	Rechtliche Randbedingungen .....	83
4.4.3	Strategische Randbedingungen .....	84
5	Analyse und Umsetzung geeigneter Ertragsmodelle .....	88
5.1	Methodik und Zielsetzung der Potenzial-Risiko-Matrix.....	88
5.1.1	Vorgehensweise .....	88
5.1.2	Potenzialanalyse.....	89
5.1.3	Risikoanalyse.....	91
5.1.4	Potenzial-Risiko-Matrix.....	92
5.2	Potenzialanalyse .....	94
5.2.1	Technologische Potenzialkriterien .....	94
5.2.2	Ökonomische Potenzialkriterien.....	96
5.2.3	Betriebliche Potenzialkriterien .....	97
5.2.4	Sonstige Potenzialkriterien .....	99
5.2.5	Potenzialbewertung der Ertragsmodelle.....	101
5.2.6	Potenzialprofil .....	107
5.3	Risikoanalyse .....	107
5.3.1	Technologische Risikoparameter.....	108
5.3.2	Ökonomische Risikoparameter .....	109
5.3.3	Betriebliche Risikoparameter.....	111
5.3.4	Sonstige Risikoparameter .....	113
5.3.5	Risikobewertung der Ertragsmodelle .....	114
5.3.6	Risikoprofil .....	120
5.4	Potenzial-Risiko-Matrix .....	120
5.5	Organisationsspezifische Implikationen auf Auftragsgeberseite .....	122
5.5.1	Organisationsinternes Know-how.....	122
5.5.2	Besonderheiten bei Privatbahnen .....	126
5.6	Umsetzungsstrategie.....	129
5.6.1	Spezifizierung der Potenzial-Risiko-Analyse .....	129
5.6.2	Einbindung des EM4 Cross-Subsidisation in das Geschäftsmodell eines Schienenherstellers .....	131
6	Fazit .....	136
6.1	Zusammenfassung.....	137
6.2	Beantwortung der Forschungsfragen .....	139
6.3	Ausblick und künftige Entwicklungen .....	141
	Literaturverzeichnis .....	142

## Abbildungsverzeichnis

Bild 2-1 Lebenszyklusmodell der Schiene nach Danzer .....	8
Bild 2-2 Das magische Dreieck .....	9
Bild 2-3 Prinzipieller Aufbau des Bahnkörpers .....	11
Bild 2-4 Schematische Darstellung der Life Cycle Costs .....	13
Bild 2-5 Kreislauf der Fahrwegstrategien .....	16
Bild 2-6 Lebenszykluskosten (eigene Abbildung in Anlehnung an ÖNORM B 1801-2) .....	20
Bild 2-7 Zusammensetzung der normalisierten Jahreskosten .....	21
Bild 2-8 Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr (Deutschland) .....	24
Bild 2-9 Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Güterverkehr (Deutschland) .....	24
Bild 2-10 Sicherheitsrelevanter Bereich .....	27
Bild 3-1 Einordnung der Ertragsbegriffe.....	30
Bild 3-2 Ertragsmechanismen der Geschäftsmodell-Muster nach Gassmann et al. ....	32
Bild 3-3 Übersicht von Ertragskonzepten mit Beispielen (Cash-In-Toolbox).....	36
Bild 3-4 Ertragsmechanismen je Ertragskonzept.....	39
Bild 3-5 Eignungsbewertung der infrage kommenden Ertragsmechanismen .....	42
Bild 3-6 Gewinnstufen der Ertragsmodelle (in Anlehnung an Hungenberg) .....	44
Bild 3-7 Ausprägungsstufen des Ertragsmodells Life Cycle Cooperation .....	53
Bild 4-1 Unterscheidung in Mikro- und Makro-Lebenszyklen der Gleisinfrastruktur .....	60
Bild 4-2 Annuitätenverlauf bei zu später Re-Investition .....	72
Bild 4-3 Annuitätenverlauf beim Einsatz einer Reinigungsmaschine in einem Teilbereich.....	72
Bild 4-4 Prognose des Stopfbedarfs .....	73
Bild 4-5 Mögliche Fälle zur Projektreihung .....	74
Bild 4-6 Anschaffungskosten in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit .....	80
Bild 5-1 Vorgehensweise der Potenzial-Risiko-Analyse.....	89
Bild 5-2 Bewertungstabelle - Potenzialanalyse.....	90
Bild 5-3 Bewertungstabelle - Risikoanalyse .....	92
Bild 5-4 Potenzial-Risiko-Matrix .....	93
Bild 5-5 Potenzialanalyse LCC-Champion .....	102
Bild 5-6 Potenzialanalyse Lease-a-Track.....	103
Bild 5-7 Potenzialanalyse Availability Fee.....	104
Bild 5-8 Potenzialanalyse Cross-Subsidisation .....	105
Bild 5-9 Potenzialanalyse Life Cycle Cooperation .....	106
Bild 5-10 Potenzialprofil .....	107
Bild 5-11 Risikoanalyse LCC-Champion .....	115
Bild 5-12 Risikoanalyse Lease-a-Track .....	116
Bild 5-13 Risikoanalyse Availability Fee .....	117
Bild 5-14 Risikoanalyse Cross-Subsidisation.....	118
Bild 5-15 Risikoanalyse Life Cycle Cooperation .....	119
Bild 5-16 Risikoprofil.....	120

Bild 5-17 Risiko-Potenzial-Matrix .....	121
Bild 5-18 Einfaches Anbieter-Nachfrager-Modell als Ausgangspunkt nach Meffert, Burmann und Kirchgeorg.....	123
Bild 5-19 Qualitative Potenziale und Risiken infolge hohen Know-hows des EIU .....	125
Bild 5-20 Qualitative Potenziale und Risiken infolge geringen Know-hows des EIU .....	126
Bild 5-21 Vorgehensmodell der Geschäftsmodell-Innovation (nach Schallmo) .....	131
Bild 5-22 Der Business Model Canvas (nach Osterwalder und Pigneur) .....	132
Bild 5-23 Möglicher Geschäftsmodell-Prototyp für das Ertragsmodell Cross-Subsidisation .....	133

# 1 Einleitung

In den hochentwickelten, westlichen Industrienationen wichen die radikalen Revolutionen, kriegerischen Auseinandersetzungen und substanziellen Reformbewegungen – welche die nationalen Entwicklungen über Jahrtausende dominierten – gegen Ende des 20. Jahrhunderts unserer Zeitrechnung größtenteils einem evolutionären, friedlichen und demokratischen Wachstumsprozess. Sowohl die Menschheit als Gesamtes, als auch einzelne Unternehmen und Industriezweige, sind in dieser Zeit der Hochkonjunktur und des Wirtschaftswachstums immer kürzeren Veränderungs- bzw. Innovationszyklen unterworfen. Das Bestreben nach stetiger Verbesserung und anhaltendem Wachstum hat viele Gründe – bspw. intrinsische Verbesserungsbestrebungen einzelner Personen sowie extrinsische Herausforderungen resultierend aus der Globalisierung, der Industrialisierung und der Emanzipation – es liegt jedoch nicht in der Sphäre der vorliegenden Arbeit diese zu ergründen. Festzuhalten ist an dieser: Einzelne Unternehmen sowie ganze Industrien sind fortwährend steigenden technologischen, funktionalen, sozialen und ökologischen Entwicklungen und auch Ansprüchen ausgesetzt.

Dieser Sachverhalt ist unveränderbar, jedoch kann eine unternehmerische Reaktion auf verschiedenste Art und Weise erfolgen. Das bewusste Festhalten an traditionellen Geschäftsmodellen hat sich hierbei in den seltensten Fällen als erfolgsversprechend herausgestellt (s. *Kodak* und *Thomas Cook*). Den fortwährenden Wandel als Chance zu verstehen und zu nutzen erscheint hierbei der weitaus aussichtsreichere Weg zu sein; nicht nur für die operativ tätigen Unternehmen, sondern auch für die Wirtschaftlichkeit, die Nachhaltigkeit und die Effizienz ganzer Branchen. Dies kann sowohl durch den Einsatz neuartiger Technologien (s. *Tesla* bzw. *KLH*), die Nutzung digitaler Möglichkeiten (s. *Google* und *Amazon*), das Erkennen von neuen Märkten (s. *Beyond Meat* und *Nestle/Nespresso*) sowie durch die Implementierung neuer Managementsysteme (s. *Toyota* bzw. *Lean Management*) oder durch ein exzellentes Marketing (s. *Apple* und *Lego*) erfolgen. Im Falle der vorliegenden Arbeit werden alternative Ertragsmodelle (s. *Hapimag*, *Xerox*, *Rolls-Royce Group* und *JCDecaux*) als mögliche Lösungen strategischer Natur auf die branchenspezifischen Problemstellungen untersucht.

In der Bauwirtschaft sind Differenzierungen, auf welche Art und Weise auch immer, weitestgehend die Ausnahme, weshalb in vielen Fällen der Preis allein ausschlaggebend für die Auftragsvergabe bzw. die Auswahl eines Produktes ist. Der Fokus von Unternehmen liegt hierbei nicht auf innovativen Produkten, komplementären Dienst- und Serviceleistungen oder einem Überdenken bestehender Prozessabläufe, Wertversprechen und Wertschöpfungsketten. Vielmehr erfolgt i.d.R. eine ausschließliche Optimierung der alt bewährten Abläufe, Materialien und Schnittstellen – ein bewusstes Festhalten an traditionellen

Geschäftsmodellen. Dies führt zu einer Situation, in der die Bauwirtschaft einen der geringsten Digitalisierungsgrade<sup>1</sup> aufweist und seit Jahrzehnten die Arbeitsproduktivität<sup>2</sup> nicht steigern hat können. Das Resultat sind minimale Gewinnspannen im unteren einstelligen Prozentbereich für die ausführenden Firmen, eine gesellschaftliche Wahrnehmung der Branche geprägt von Mehrkostenforderungen, Bauzeitüberschreitungen und Qualitätsmängeln sowie eine über Jahrzehnte nahezu unveränderte Ausgangslage für Bauherren und Auftraggeber in Bezug auf Kosten, Bauzeit und Qualität.

Im Bau von Gleisinfrastrukturen sowie im Anlagenmanagement treten viele dieser allgemeinen Probleme der Bauwirtschaft ebenfalls auf, wobei die Industrialisierung um ein Vielfaches höher ist als in anderen Baubranchen. Diverse Gleisbaumaschinen sind für den Bau und die Instandhaltung bzw. Instandsetzung von Gleisanlagen seit langer Zeit die Norm (Vgl. Kap. 4.1). Vor allem hochgradig standardisierte und industrialisierte Eisenbahn-Großprojekte in China haben gezeigt, dass ein enormes Potenzial bezogen auf die Baukosten (vor allem von Linienbaustellen wie Eisenbahnstrecken) besteht.<sup>3</sup> Dies stellt jedoch eine reine Innovation auf technologischer Ebene dar. Strategische Differenzierungen der ausführenden Baufirmen bzw. der Produzenten von Gleiskomponenten sind ebenso Mangelware wie in der übrigen Bauwirtschaft. Unternehmen sind demnach, mit Ausnahme der Qualität der Produkte, völlig austauschbar. An sich ist eine ausschließlich technologische bzw. qualitative Differenzierung nicht problematisch, jedoch bei den derzeitigen Vergabeverfahren mit primärem Fokus auf Errichtungskosten bzw. Anschaffungskosten besteht kaum eine Möglichkeit diese qualitativen Unterschiede und deren positiven Implikationen über den gesamten Lebenszyklus entsprechend zu berücksichtigen.

Inhalt der vorliegenden Arbeit ist demnach, zu untersuchen, wie Hersteller bzw. Produzenten von Gleiskomponenten durch lebenszyklusorientierte Ertragsmodelle eine Alternative zur bestehenden *Billigstbietervergabe* entwickeln können. Die Konsequenzen für das Geschäftsmodell der Produzenten von Gleiskomponenten werden hierbei genauso kritisch untersucht wie die jeweiligen Auswirkungen für die unterschiedlichen Eisenbahninfrastrukturbetreiber. Dies ermöglicht eine Berücksichtigung der symbiotischen Interessen von Auftragnehmer (Produzenten und Baufirmen) und Auftraggeber (Eisenbahninfrastrukturbetreiber), aber auch der Nutzer von Gleisinfrastruktur (Eisenbahnverkehrsunternehmen).

In weiterer Folge werden die Ausgangssituation der vorliegenden Arbeit beschrieben, die Zielsetzung formuliert und die zu beantwortenden Forschungsfragen auf dem betrachteten Gebiet aufgestellt.

<sup>1</sup> Vgl. GANDHI, P.; KHANNA, S.; RAMASWAMY, S.: Which Industries Are the Most Digital (and Why)?. hbr.org/2016/04/a-chart-that-shows-which-industries-are-the-most-digital-and-why. Datum des Zugriffs: 20.12.2019

<sup>2</sup> Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR FINANZEN: Produktivität in Deutschland – Messbarkeit und Entwicklung. <https://www.bundesfinanzministerium.de/Monatsberichte/2017/10/Inhalte/Kapitel-3-Analysen/3-1-Produktivitaetsentwicklung-Deutschland.html>. Datum des Zugriffs: 20.12.2019

<sup>3</sup> Vgl. BARBOSA, F. et al.: Reinventing construction: A route to higher productivity. S. 116

## 1.1 Ausgangssituation

In der Bauwirtschaft allgemein hat sich über Jahrzehnte eine Situation ergeben, in der die günstigste Variante, bezogen auf die Errichtungskosten, oftmals der wirtschaftlichsten Variante, in Bezug auf den gesamten Lebenszyklus, vorgezogen wird. Die Gesamtkosten eines Systems bzw. eines Produktes (eng. Total Cost of Ownership – TCO bzw. Life Cycle Costs – LCC) von der Anschaffung bis zum Rückbau sind oftmals nicht entscheidend in der Vergabe von Bauleistungen. Dies gilt auch im Neu-, Aus- und Umbau der Eisenbahninfrastruktur. Die Nichtbeachtung von qualitativen bzw. langfristigen Eigenschaften und Implikationen führt nicht nur zu direkten und indirekten Mehrkosten über den Lebenszyklus für den Eigentümer bzw. Betreiber von Bauwerken allgemein und Gleisanlagen im Speziellen, sondern auch zu einer Vernachlässigung von nicht-monetären Gesichtspunkten wie Lebensdauer, Verfügbarkeit, Energie- und Ressourcenbedarf sowie Wiederverwertbarkeit. Durch eine unverhältnismäßig hohe Bewertung der Anschaffungs- bzw. Errichtungskosten in der Auftragsvergabe ist ein aussagekräftiger Vergleich unterschiedlicher Bausysteme und Produkte über die gesamte Lebensdauer eines Bauwerkes in den meisten Fällen nicht möglich.

Es werden von Auftraggeberseite demnach kaum Anreize geschaffen um qualitative, ökologische und lebenszyklusorientierte Innovationen voranzutreiben. Die logische Folge für bauausführende Unternehmen und Produzenten von Baumaterialien sowie Gleisinfrastrukturprodukten ist eine Fokussierung auf die Senkung der initialen Bauwerkerrichtungskosten. Das Resultat hiervon ist ein Preiskampf der Unternehmen, der konsequenterweise zu geringen Gewinnmargen führt, welche wiederum wenig finanziellen Spielraum für Innovationen bzw. Forschung und Entwicklung zulassen. All dies führt zu einer stagnierenden Produktivität der Bauwirtschaft in Vergleich zu anderen Branchen bzw. Industriezweigen, wodurch ein jährlicher globalwirtschaftlicher Schaden von über 1.6 Billionen US-Dollar entsteht.<sup>4</sup>

Zusammengefasst fehlen in der Vergabe von Bauleistungen bzw. im Vertrieb von Bauprodukten derzeit flächendeckend Möglichkeiten um geringere Lebenszykluskosten, eine längere Lebensdauer, ein verringerter Wartungs- und Instandhaltungsaufwand sowie eine höhere ökologische Nachhaltigkeit entsprechend zu berücksichtigen und zu vergüten. Dies gilt im Tiefbau sowie im Hochbau, im Straßenbau sowie im Eisenbahnbau, etc. Lediglich durch eine monetäre Berücksichtigung aller lebenszyklusorientierten Aspekte kann eine Verbesserung der Bauwerksqualität, der Gesamtkosten sowie der ökologischen Verträglichkeit sichergestellt werden. Hiervon profitieren schlussendlich Auftraggeber und Auftragnehmer gleichermaßen.

<sup>4</sup> Vgl. BARBOSA, F. et al.: Reinventing construction: A route to higher productivity. S. 17ff.

Im vorliegenden Fall der Gleisinfrastruktur kann eine lebenszyklusoptimierte Errichtung bzw. Beschaffung aus zwei unterschiedlichen Sphären herbeigeführt werden:

- Lebenszyklusorientierte Vergabemodelle der Eisenbahninfrastrukturbetreiber (Auftraggeberseite)
- Lebenszyklusorientierte Ertragsmodelle der Produzenten von Gleisinfrastrukturkomponenten (Auftragnehmerseite)

Im nachfolgenden Kapitel wird erläutert, aus welchem Blickwinkel in der vorliegenden Arbeit mögliche Lösungsansätze entwickelt werden. Es ist an dieser Stelle jedoch anzumerken, dass schlussendlich eine Verbesserung des Status-quo über den gesamten Lebenszyklus für alle Parteien – Produzent bzw. Hersteller, Kunde und Nutzer – angestrebt wird. Die Bedeutung einer solch gesamtheitlich Betrachtung über die Errichtungs- bzw. Anschaffungskosten hinaus sowie die jeweiligen Folgen für Auftraggeber und Auftragnehmer werden in Kapitel 2.2 ausführlich beschrieben.

## 1.2 Zielsetzung

In der vorliegenden Arbeit werden *lebenszyklusorientierte Ertragsmodelle für Produzenten von Gleisinfrastrukturkomponenten* abgeleitet und deren Implikationen für beide der zuvor angeführten Sphären (Auftraggeber und Auftragnehmer) untersucht. Hierbei wird als repräsentatives Beispiel für eine Gleiskomponente die Schiene herangezogen. Eine Betrachtung von Produzenten-Seite lässt sich primär darauf zurückführen, dass eine erfolgreiche strategische Innovation (wie auch eine technologische Innovation) zumeist durch den Anbieter von Produkten bzw. Dienstleistungen erfolgt und nicht vom Markt bzw. von Kunden diktiert wird.<sup>5</sup>

Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit besteht demnach in der Ableitung und Bewertung möglicher innovativer Ertragsmodelle für Produzenten von Gleisinfrastrukturkomponenten zur monetären, technologischen, betrieblichen aber auch ökologischen Optimierung von Eisenbahnnetzen über den gesamten Lebenszyklus.

Eine Veränderung des bestehenden Vergabeverfahrens im Bau von Gleisinfrastruktur auf einem nationalen sowie internationalen Level ist ausdrücklich **nicht** Inhalt der vorliegenden Arbeit. Die bauvertraglichen Rahmenbedingungen werden in Kapitel 4.4 erläutert und auf mögliche vergaberechtliche Konflikte bzw. bauvertragliche Hemmnisse bei der Implementierung von lebenszyklusorientierten Ertragsmodellen in der Praxis wird in Kapitel 5.3.4

<sup>5</sup> Dies spiegelt sich auch in der jeweiligen Entstehungsgeschichte der in Kapitel 3.1 angeführten Geschäftsmodelle wieder.

hingewiesen. Das langfristige Ziel sollte es sein, einen lebenszyklusorientierten Vergabeprozess durchzusetzen – entsprechende Ertragsmodelle seitens der Industrie stellen hierbei einen ersten Anreiz für eine tiefgreifende Veränderung dar.

### 1.3 Forschungsfragen

Grundsätzlich besteht, um Fehlinterpretationen zu vermeiden, zunächst der Bedarf die wesentlichen Begrifflichkeiten für die behandelten Themen in der vorliegenden Arbeit einzuordnen und eindeutige Definitionen vorzunehmen. Anschließend wird die Bedeutung einer Lebenszyklusbetrachtung aus ökonomischer, ökologischer und eisenbahnbetrieblicher Sicht dargestellt. Dies ist erforderlich, um die Sinnhaftigkeit des lebenszyklusorientierten Neu-, Aus- und Umbaus von Gleisanlagen sowie schlussendlich auch von lebenszyklusorientierten Ertragsmodellen und somit dem Inhalt der vorliegenden Arbeit zu untermauern. Anschließend ist festzustellen, welche Systematiken in Literatur und Praxis vorliegen, um als Unternehmen Erträge abschöpfen zu können. Diese Ertragsmechanismen bzw. Ertragskonzepte werden eingeordnet und bezüglich ihrer Eignung bewertet, um lebenszyklusorientierte Ertragsmodelle zu definieren. Des Weiteren stellt sich die Frage, welche unveränderbaren Randbedingungen – technologischer, ökonomischer, betrieblicher und sonstiger Natur – bei der Analyse einzelner Ertragsmodelle für den Einsatz in der Gleisinfrastruktur berücksichtigt werden sollten. Abschließend werden die als geeignet kategorisierten Ertragsmodelle bezüglich ihrer Potenziale und Risiken untersucht. Außerdem ist die Frage zu beantworten, welche Implikationen bei der Umsetzung der einzelnen Ertragsmodelle durch unterschiedliche Organisationsstrukturen von Eisenbahninfrastrukturbetreibern sowie unternehmensspezifische Besonderheiten von Schienenhersteller zu beachten sind.

Die Forschungsfragen der vorliegenden Arbeit können demnach wie folgt formuliert werden:

- Welche Bedeutung hat eine Lebenszyklusbetrachtung für die Gleisinfrastruktur und wie sind die relevanten Begrifflichkeiten definiert? (Vgl. Kap.2)
- Welche Ertragsmechanismen bzw. Ertragskonzepte lassen sich zu lebenszyklusorientierten Ertragsmodellen zusammenfassen? (Vgl. Kap.3)
- Welche Randbedingungen sind für Ertragsmodelle der Gleisinfrastruktur zu berücksichtigen? (Vgl. Kap. 4)
- Welche Potenziale und Risiken haben die einzelnen lebenszyklusorientierten Ertragsmodelle; welche organisationsspezifischen Implikationen sind hierbei zu berücksichtigen und welche Umsetzungsstrategien ergeben sich hieraus? (Vgl. Kap. 5)

## 2 Allgemeine Grundlagen

Eine Lebenszyklusbetrachtung, allgemein sowie im Kontext von Ertragsmodellen in der Gleisinfrastruktur, benötigt zunächst eine ausführliche Einordnung der relevanten *Begrifflichkeiten*. Diese Definitionen erfolgen nachfolgend im ersten Abschnitt. Anschließend wird die *ökonomische Bedeutung einer Lebenszyklusbetrachtung* erläutert, wobei an dieser Stelle auch die einzelnen Kostenkategorien entlang der gesamten Lebensdauer eines Gleises näher erörtert werden. Zuletzt wird die *ökologische Bedeutung einer Lebenszyklusbetrachtung* im Eisenbahnwesen sowie die eigentliche *Bedeutung einer Lebenszyklusbetrachtung für den Eisenbahnbetrieb* selbst beschrieben. Die nachfolgende, ausführliche Darlegung der essenziellen Grundlagen fungiert als Basis der vorliegenden Arbeit, da hiermit ein notwendiges holistisches Grundverständnis auf die relevanten Themengebiete für die nachfolgenden Kapitel geschaffen wird.

### 2.1 Begrifflichkeiten

Dieses Kapitel beinhaltet all jene Grundbegriffe, welche für ein Verständnis der fortführend behandelnden Thematiken als relevant erscheinen. Hierbei erfolgt zunächst eine Einordnung des Begriffes *Lebenszyklus*. Anschließend werden der Begriff *Ertragsmodell* hergeleitet und die *Gleisinfrastruktur* als Gesamtes definiert. Außerdem erfolgt eine Übersicht über die einzelnen Gleisinfrastrukturkomponenten. Hieraus ergibt sich schlussendlich ein detaillierter Überblick über die namensgebenden Inhalte der vorliegenden Arbeit.

#### 2.1.1 Lebenszyklus

Der Begriff Lebenszyklus beschreibt in der deutschen Sprache grundsätzlich den periodischen Ablauf der Existenz von etwas.<sup>6</sup> Dies bedeutet, dass nach Ende eines Zyklus stets ein neuer beginnt bzw. zumindest die Voraussetzungen dafür geschaffen sind. Die Zeitdauer einer einzelnen Periode sowie die einzelnen aufeinanderfolgenden Phasen von Beginn bis Ende variieren hierbei stark in Abhängigkeit vom Kontext bzw. dem Blickwinkel.

In der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre wird unter einem (Produkt-)Lebenszyklus primär die Lebensdauer eines Produktes am Markt verstanden. Die Grundprämisse lautet hierbei, dass Produkte eine begrenzte Lebensdauer haben und während dieser Dauer bestimmte Phasen durchlaufen. Die Phasenfolge beginnt mit der Entwicklungsperiode (beginnend mit der Produktidee), gefolgt von Markteinführungs-, Wachstums- und Reifephase,

<sup>6</sup> Vgl. DUDEN: Lebenszyklus, der. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Lebenszyklus>. Datum des Zugriffs: 05.01.2020

und endet mit der Sättigungs- und Degenerationsphase. Die Nachfrage, sowie die Rentabilität des eingesetzten Kapitals steigen mit Beginn der Einführungsphase zunächst an und fallen anschließend in den letzten Phasen des Lebenszyklus ab.<sup>7</sup> Der betriebswirtschaftliche Lebenszyklus befasst sich demnach mit der Marktentwicklung einer Produktart und nicht mit dem Lebenszyklus des eigentlichen Produktes bzw. Gegenstandes. Dieser Lebenszyklusansatz ist für die vorliegende Arbeit **nicht** relevant.

Die Umweltmanagementsystemnorm ISO 14001 beschreibt dahingehend den Lebensweg eines Produktes bzw. einer Dienstleistung, welcher aus aufeinander folgenden und miteinander verknüpften Phasen besteht. Die Phasenfolge wird ausgelöst durch die notwendigen Rohstoffe bzw. deren Gewinnung und/oder Erzeugung. Anschließend folgen die ökonomischen Prozesse der Produktion, Herstellung, Nutzung sowie der Behandlungen am Ende der Lebensdauer und der endgültigen Beseitigung.<sup>8</sup> Anschließend beginnt entweder ein neuer Lebenszyklus oder es wird Recycling wird ein Kreislauf, wobei durch die Wiederverwendung von Rohstoffen eine sog. Kreislaufwirtschaft<sup>9</sup> entsteht. Dieser Lebenszyklusansatz beschreibt demnach den Lebensweg des eigentlichen Produktes (bzw. des Bauwerkes in der Bauwirtschaft oder der Gleisinfrastrukturkomponenten in der Bahnindustrie).

Die entsprechenden Lebenszyklusphasen eines Bauwerkes bzw. Bauproduktes entlang des Lebensweges werden in ÖNORM EN 15804 wie folgt definiert:<sup>10</sup>

- Herstellungsphase
- Errichtungsphase
- Nutzungsphase
- Entsorgungsphase

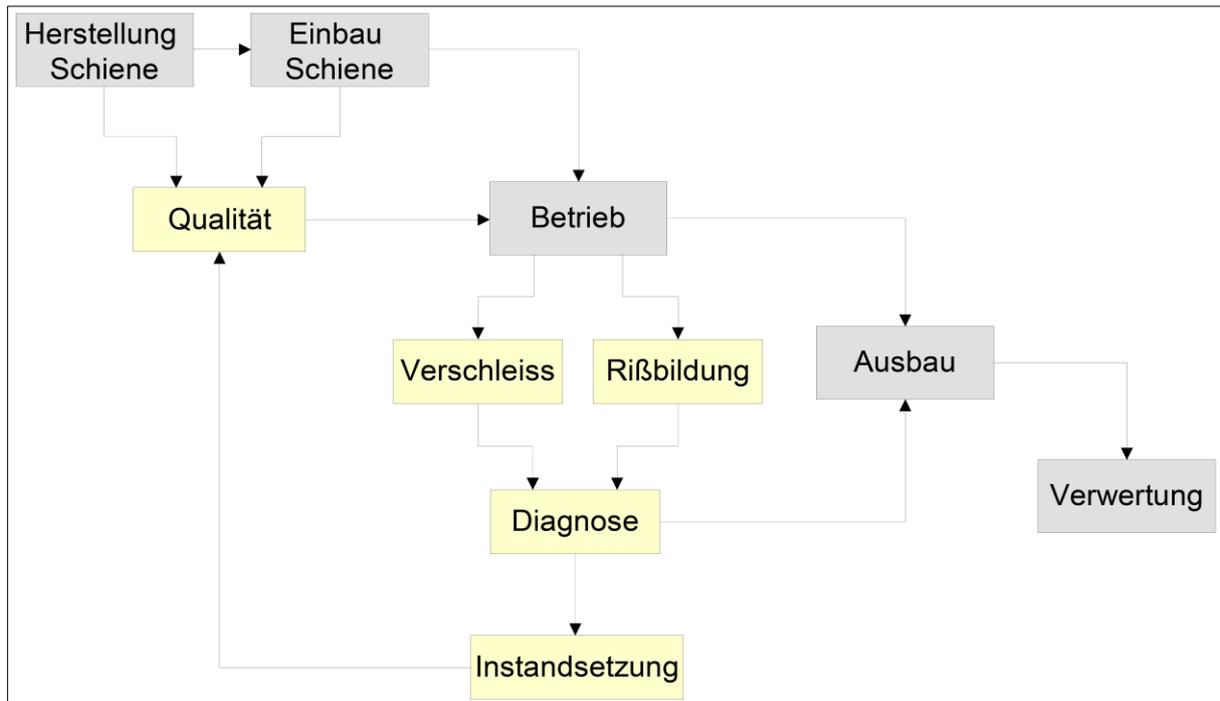
Diese vier Phasen werden von jedem Bauwerk und jedem Bauprodukt durchlaufen und beschreiben jenen Lebenszyklus, welcher für die vorliegende Arbeit maßgebend ist. Der Lebenszyklus der gesamten Gleisinfrastruktur wird hierbei fortführend als Makro-Lebenszyklus bzw. der Lebenszyklus einzelner Gleisinfrastrukturkomponenten als Mikro-Lebenszyklus bezeichnet. Diese Unterscheidung wurde eigens zur eindeutigen Differenzierung der Gleisinfrastruktur als Gesamtes sowie der individuellen Lebenszyklen der Teilkomponenten für die vorliegende Arbeit entwickelt. Eine genauere Erläuterung dieses Sachverhalts erfolgt in Kapitel 2.2. In folgender Abbildung ist abschließend ein Lebenszyklusmodell der Schiene mit den Phasen der Herstellung, Errichtung bzw. des Einbaus, des Betriebs und der Nutzung sowie des Rückbaus bzw. Ausbaus und der Verwertung dargestellt.

<sup>7</sup> Vgl. WEBER, W.; KABST, R.; BAUM, M.: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. S. 218-219

<sup>8</sup> Vgl. AUSTRIAN STANDARDS: ÖNORM EN ISO 14001:2015 11 15 (Umweltmanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung) S. 1ff.

<sup>9</sup> Im Gegensatz zur Linearwirtschaft, in welcher am Ende der Lebensdauer eines Produktes die Rohstoffe deponiert werden, verfolgt die Kreislaufwirtschaft das Ziel, möglichst viele Rohstoffe am Ende der Lebensdauer eines Produktes zurückzugewinnen und anschließend in der Produktion wiederzuverwenden.

<sup>10</sup> Vgl. AUSTRIAN STANDARDS: ÖNORM EN 15804:2014 04 15 (Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte) S. 1ff.

Bild 2-1 Lebenszyklusmodell der Schiene nach Danzer<sup>11</sup>

### 2.1.2 Ertragsmodell

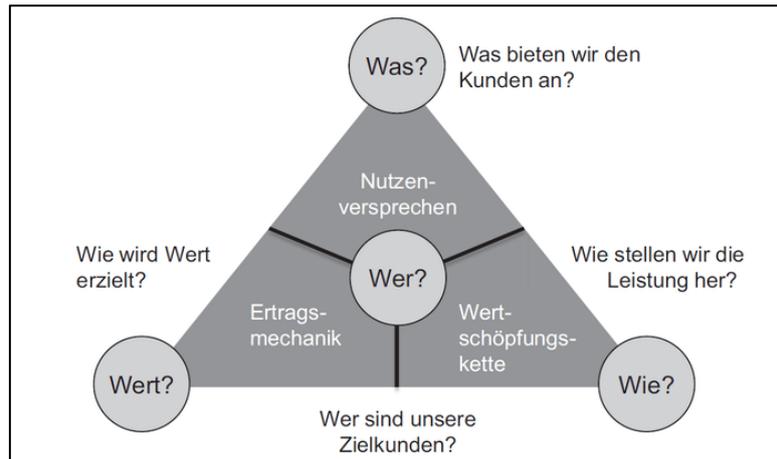
Ein Ertragsmodell ist grundsätzlich eine Komponente (auch Dimension genannt) des Geschäftsmodells eines Unternehmens. Unter einem Geschäftsmodell wird hierbei lt. Schallmo folgende Definition verstanden:

*„Ein Geschäftsmodell ist die Grundlogik eines Unternehmens, die beschreibt, welcher Nutzen auf welche Weise für Kunden und Partner gestiftet wird. Ein Geschäftsmodell beantwortet die Frage, wie der gestiftete Nutzen in Form von Umsätzen an das Unternehmen zurückfließt. Der gestiftete Nutzen ermöglicht eine Differenzierung gegenüber Wettbewerbern, die Festigung von Kundenbeziehungen und die Erzielung eines Wettbewerbsvorteils.“<sup>12</sup>*

Die Beschreibung eines Geschäftsmodells erfolgt je nach literarischer Quelle anhand unterschiedlicher Einteilungen und Darstellungsmethoden (bspw. Canvas). Eine auf das Wesentliche reduzierte Variante ist das nachfolgend dargestellte sog. magische Dreieck nach Gassmann, Frankenberger und Csik.

<sup>11</sup> DANZER, P.: Prognose der Lebenszykluskosten (LCC) von Fahrbahnkomponenten am Beispiel der Vignolschiene. Tagungsbericht. S. 19-3

<sup>12</sup> SCHALLMO, D.: Geschäftsmodell-Innovation. S. 22

Bild 2-2 Das magische Dreieck<sup>13</sup>

Dieses Modell besteht aus vier grundsätzlichen Fragen, deren Beantwortung eine Beschreibung des Geschäftsmodells eines Unternehmens ermöglicht. Sie lauten wie folgt:<sup>14</sup>

- Der Kunde – Wer sind die Zielkunden?
- Das Nutzenversprechen – Was wird den Kunden angeboten?
- Die Wertschöpfungskette – Wie wird die Leistung hergestellt?
- Die Ertragsmechanik – Wie wird Wert erzielt?

Die Ertragsmechanik ist in diesem vereinfachten Modell die Antwort darauf, wie ein Unternehmen mit Geschäften einen Wert erzielen kann, wobei hierbei primär von monetären Erträgen gesprochen wird. Durch die Konkretisierung einer Ertragsmechanik bzw. eines Ertragskonzepts entsteht ein Ertragsmodell, welches in der vorliegenden Arbeit wie folgt definiert ist:

*„Das Ertragsmodell (Value Capture) setzt fest, wie der Wert, den das Unternehmen für seine Kunden schafft in Form von Erträgen an das Unternehmen zurückfließt beziehungsweise „eingefangen“ werden kann.“<sup>15</sup>*

### 2.1.3 Gleisinfrastruktur

Die Eisenbahninfrastruktur besteht in der Europäischen Union laut Anhang 1 der *Richtlinie zur Schaffung eines einheitlichen europäischen Eisenbahnraumes* grundsätzlich aus den folgenden Anlagen:<sup>16</sup>

<sup>13</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 6

<sup>14</sup> Ebd.

<sup>15</sup> BIEGER, T.; REINHOLD, S.: Das wertbasierte Geschäftsmodell - Ein aktualisierter Strukturansatz. In: Innovative Geschäftsmodelle. S. 33

<sup>16</sup> EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT DER EUROPÄISCHEN UNION: Richtlinie 2012/34/EU zur Schaffung eines einheitlichen europäischen Eisenbahnraums, ABI 2012 L 343/32. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:343:0032:0077:DE:PDF>. Datum des Zugriffs: 06.01.2020

- Grundstücke
- Bahnkörper und Planum, Personenbahnsteige und Laderampen, Seitenstreifen und -wege, Einfriedungen, Feuerschutzstreifen, Heizanlagen für Weichen, Gleiskreuzungen, Schneezäune
- Kunstbauten: Bahnunter- und -überführungen, Stützmauern und Schutzbauten
- Schienengleiche Übergänge inkl. zur Sicherung erforderliche Anlagen
- Oberbau: Schienen, Schwellen, Kleineisen zur Schienenverbindung, Bettung inkl. Kies und Sand, Weichen und Gleiskreuzungen, Drehscheiben und Schiebebühnen
- Zugangswege für Passagiere und Güter inkl. Zufahrtsstraßen und Fußgängerzugang
- Sicherungs-, Signal- und Fernmeldeanlagen
- Beleuchtungsanlagen
- Anlagen zur Erzeugung, Umwandlung, Verteilung und Zuleitung von Strom
- Dienstgebäude des Wegedienstes inkl. der Erhebung des Beförderungsentgeltes

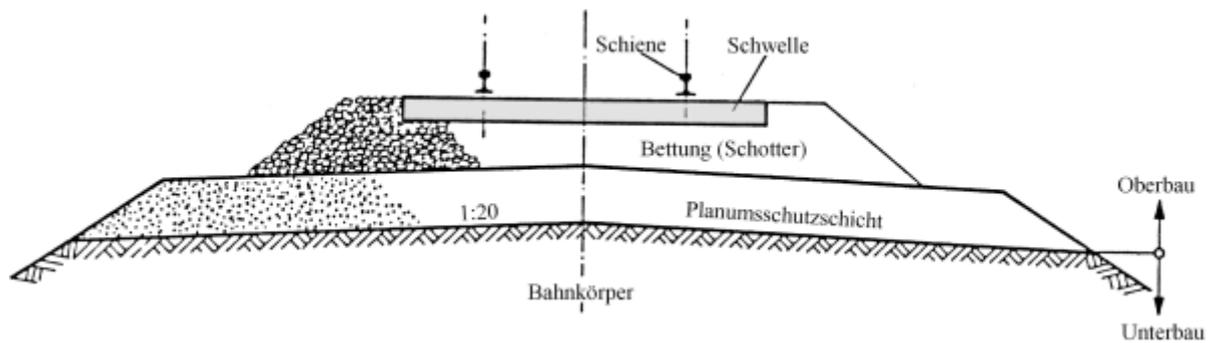
Weiterführend erfolgt eine primäre Fokussierung auf den Fahrweg, der sog. Gleisinfrastruktur, weshalb von den angeführten Anlagen lediglich die Komponenten des Oberbaus sowie deren Interaktionen mit Bestandteilen des Unterbaus bzw. des Untergrundes genauer untersucht werden. In weiterer Folge abgeleitete Ertragsmechanismen, Ertragskonzepte und sogar die konkreten Ertragsmodelle (Vgl. Kap. 3) können unter Umständen jedoch auch für diese nicht direkt behandelten Bestandteile der Bahnanlagen bzw. die jeweiligen Teilelemente hiervon genutzt werden. Es liegt jedoch nicht in der Sphäre der vorliegenden Arbeit die Art und Weise einer Implementierung außerhalb der Gleisinfrastruktur zu untersuchen.

Der Fahrweg bzw. die Gleisinfrastruktur trägt die anfallenden Lasten durch mehrere Komponenten in den Untergrund ab. Diese stehen in einer starken Wechselwirkung zueinander. Die Lastabtragung der großen punktuell eingebrachten Radlasten – am Berührungspunkt zwischen Rad und Schiene (Hertz'sche Fläche) wird auf ca. 3 cm<sup>2</sup> eine Spannung von ca. 30.000 N/cm<sup>2</sup> aufgebracht – erfolgt durch eine zunehmende Fläche bis in den anstehenden Boden. Durch eine möglichst optimale Ausgestaltung des Oberbaus und des Unterbaus soll diese Spannung auf rund 6 N/cm<sup>2</sup> verringert werden, indem die eingeleiteten Radlasten auf 10.000 cm<sup>2</sup> verteilt werden.<sup>17</sup>

Der prinzipielle Aufbau eines Bahnkörpers mit Schotteroberbau wird in der nachfolgenden Abbildung im Profil dargestellt.

---

<sup>17</sup> Vgl. LANDGRAF, M.: Zustandsbeschreibung des Fahrwegs der Eisenbahn – Von der Messdatenanalyse zum Anlagenmanagement. Dissertation. S. 5

Bild 2-3 Prinzipieller Aufbau des Bahnkörpers<sup>18</sup>

Die Komponenten der Gleisinfrastruktur, für welche fortführend lebenszyklusorientierte Ertragsmodelle abgeleitet und analysiert werden, lauten demnach wie folgt:

- Schiene
- Befestigung
- Schwelle
- Schotter
- (Unterbau)

Die in Kapitel 4.1 näher beschriebene alternative Oberbaukonstruktion *Feste Fahrbahn* besteht ebenfalls aus Schienen und Befestigungen sowie optional auch aus Schwellen, jedoch entfällt der Schotter auf Kosten eines komplexeren Unterbaus.

Grundsätzlich wird in weiterer Folge die Schiene als konkretes Beispiel für die Ableitung von Ertragsmodellen herangezogen, da diese Komponente sich für einen wesentlichen Teil des Instandhaltungsbudgets und somit der Lebenszykluskosten verantwortlich zeigt. Es ist jedoch an dieser Stelle anzumerken, dass Gleiserneuerungsmaßnahmen nur in den seltensten Fällen durch einen mangelhaften Schienenzustand verursacht werden.<sup>19</sup> Wie bereits zuvor erwähnt, ist ein reibungsloses Zusammenwirken aller Komponenten für eine einwandfreie Funktionsweise des Gleises zwingend erforderlich. Aus diesem Grund haben sämtliche Komponenten des Oberbaus (und Unterbaus) ein erhebliches Potenzial durch eine Lebenszyklusbetrachtung eine Verbesserung des Status-Quo zu erreichen.

Hinsichtlich der Zuständigkeiten kann seit der Neuordnung des Eisenbahnwesens in Europa zwischen *Eisenbahninfrastrukturunternehmen* (EIU) bzw. im Verlauf der Arbeit auch als Eisenbahninfrastrukturbetreiber bezeichnet und *Eisenbahnverkehrsunternehmen* (EVU) unterschieden werden, welche jedoch oftmals in einer Eisenbahngesellschaft bzw. einem sog. Mutterkonzern zusammengefasst werden – s. Österreichische Bundesbahn (ÖBB). Die

<sup>18</sup> IHME, J.: Schienenfahrzeugtechnik. S. 14

<sup>19</sup> Vgl. LANDGRAF, M.: Zustandsbeschreibung des Fahrwegs der Eisenbahn – Von der Messdatenanalyse zum Anlagenmanagement. Dissertation. S. 5

Unternehmenszwecke von einem EIU sind hierbei das Bauen und Unterhalten des Schienenweges und einer Koordination der Trassenwünsche der EVU sowie die Führung von Betriebsleit- und Sicherungssystemen. Ein EVU wiederum erbringt die Verkehrsleistung bzw. den Zugverkehr auf der vom EIU betriebenen Gleisinfrastruktur. Die Fahrpläne werden hierbei – in Abhängigkeit von der Bestellung des EVU hinsichtlich der benötigten räumlichen und zeitlichen Inanspruchnahme der Infrastruktur für die Zugfahrt – von EIU im Rahmen der Fahrplankonstruktion durchgeführt.<sup>20</sup> In weiterer Folge der vorliegenden Arbeit kann ein EIU primär als Auftraggeber angesehen werden, wobei das EVU als Endnutzer auftritt.

## 2.2 Ökonomische Bedeutung einer Lebenszyklusbetrachtung

Bei der Beschaffung von Waren und Dienstleistungen ist das preisgünstigste Angebot oftmals nicht das wirtschaftlichste. Billige Produkte bzw. Systeme verursachen im Vergleich zu teureren Alternativen in vielen Fällen höhere Folgekosten. Diese ergeben sich beispielsweise aus einem höheren Energieverbrauch während der Nutzungsphase, einer geringeren Funktions- bzw. Lebensdauer, gradual steigenden Installations- und Wartungskosten sowie aus den Endkosten der Nutzungsdauer (insbesondere Abholungs-, Entsorgungs- und Recyclingkosten).<sup>21</sup>

Zu unterscheiden sind hierbei die Differenz zwischen dem am Markt angebotenen Preis einer Leistung und den für deren Erfüllung aufzubringenden Kosten. Der Preis für ein Produkt wird grundsätzlich von Angebot und Nachfrage am Markt bestimmt, wohingegen die Kosten betriebs- und periodenbezogene Werteinsätze zur Leistungserstellung bzw. Leistungsverwertung sind und exakt ermittelt bzw. in ihre Anteile zerlegt werden können.<sup>22,23</sup> Der Fokus in diesem Unterkapitel liegt auf den anfallenden Kosten von Leistungen entlang des Lebenszyklus, während in den nachfolgenden Kapiteln die Preisgestaltung bzw. die Art und Weise der Vergütung der anfallenden Kosten eine vorrangige Rolle spielt.

Fortführend werden sämtliche Kosten in den vier Lebenszyklusphasen der Gleisinfrastruktur (Makro-Lebenszyklus) sowie die Implikationen für einzelne Komponenten (Mikro-Lebenszyklus) näher betrachtet und dargestellt. Hierunter fallen die Investitionskosten in der Herstellungs- und Errichtungsphase, die Instandhaltungskosten in der Nutzungsphase sowie die Rückbaukosten in der Entsorgungsphase. Die inhaltlichen Unterschiede in den beiden Betrachtungsweisen (Makro und Mikro) werden in Kapitel 2.2.2 erläutert. Außerdem

<sup>20</sup> Vgl. PACHL, J.: Betriebsführung der Infrastruktur. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 428

<sup>21</sup> Vgl. UMWELTBUNDESAMT: Berechnung der Lebenszykluskosten. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaftskonsum/umweltfreundliche-beschaffung/berechnung-der-lebenszykluskosten>. Datum des Zugriffs: 06.01.2020

<sup>22</sup> Vgl. BACH, N. et al.: Organisation – Gestaltung wertschöpfungsorientierter Architekturen, Prozesse und Strukturen. S. 51

<sup>23</sup> Vgl. SCHMIDL, A.; THEUERMAN, C.; MAIER, A.: Rechnungswesen, Steuern und Betriebswirtschaft in der Bauwirtschaft. S. 12

werden die sog. Betriebserschwerungskosten beschrieben. Die eigentliche Planung und Konzeptionierung von neuer Gleisinfrastruktur werden hierbei in der vorliegenden Arbeit lediglich überblicksmäßig in Kapitel 4 behandelt. In der nachfolgenden Abbildung werden die sog. Life Cycle Costs (LCC) schematisch und im Kontext zur Verantwortlichkeitssphäre dargestellt.

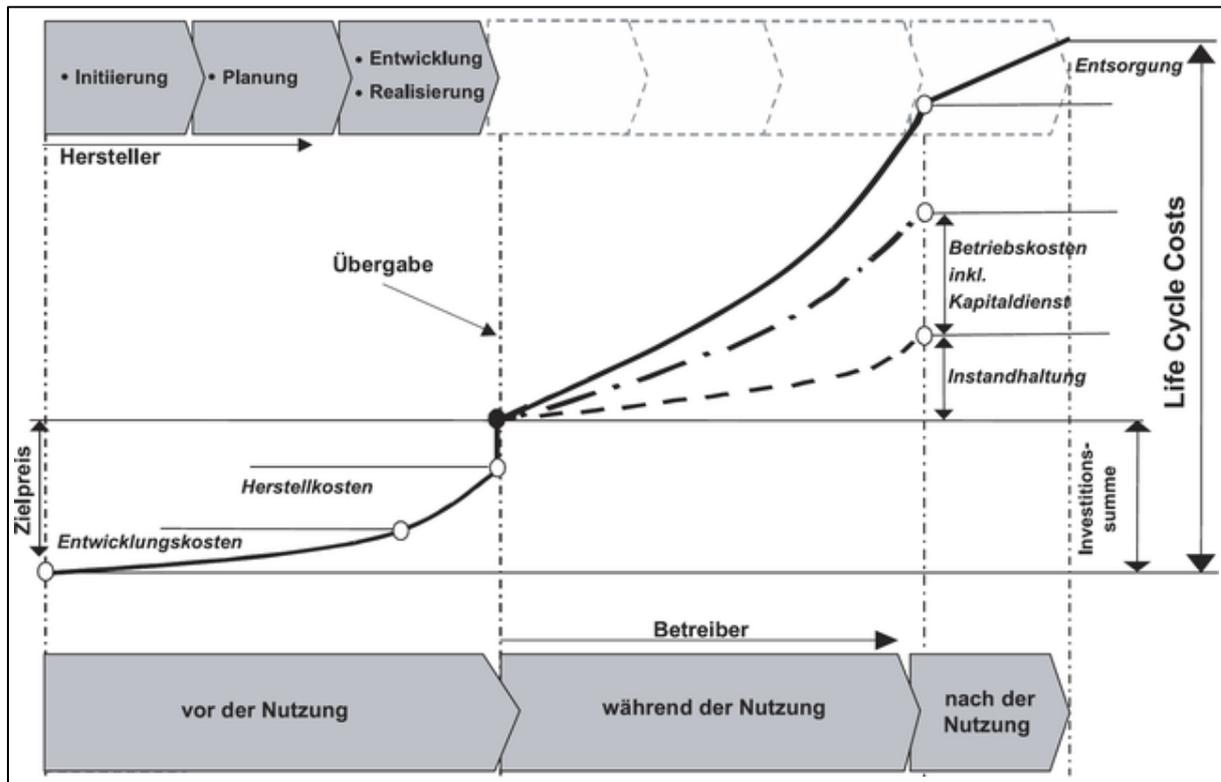


Bild 2-4 Schematische Darstellung der Life Cycle Costs<sup>24</sup>

### 2.2.1 Investitionskosten der Gleisinfrastruktur

Die Anschaffungskosten auf Auftraggeber- bzw. Kundenseite bestehen im Allgemeinen aus dem Anschaffungspreis einer Leistung sowie aus Anschaffungsnebenkosten wie Gebühren, Finanzierungskosten, Provisionen, Notariatskosten, Grunderwerbssteuern, etc.<sup>25</sup> In der österreichischen Bauwirtschaft erfolgt die Ermittlung des Anschaffungspreises grundsätzlich durch die sog. Kalkulationsformblätter der ÖNORM 2061<sup>26</sup>. Hierdurch werden die exakten Errichtungskosten – Lohnkosten und sonstige Kosten (Materialkosten, Gerätekosten, Subunternehmerkosten, etc.) – bestimmt. Zusätzlich zu den eigentlichen Errichtungskosten sind die Grundstückskosten in Euro [€] sowie indirekte Kosten – Wagnis und Gewinn,

<sup>24</sup> VDI-FACHBEREICH FABRIKPLANUNG UND -BETRIEB: VDI 2884 Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von Life Cycle Costing (LCC) 2005-12. VDI-Richtlinie. S. 5

<sup>25</sup> Vgl. GABLER WIRTSCHAFTSLEXIKON: Anschaffungskosten. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/anschaffungskosten-29431/version-253037>. Datum des Zugriffs: 06.01.2020

<sup>26</sup> AUSTRIAN STANDARDS: ÖNORM B 2061:1999 09 01 (Preisermittlung für Bauleistungen – Verfahrensnorm) S. 15 (Anhang A)

Umsatzsteuer, etwaige Nachlässe und Zentralregiekosten – prozentuell [%] zu den Errichtungskosten für die gesamten Anschaffungskosten zu berücksichtigen.<sup>27</sup> Der vom Auftraggeber zu entrichtende Anschaffungspreis ist demnach im Bauwesen an die anfallenden direkten und indirekten Kosten der Auftragnehmer gebunden.

Im Falle der Gleisinfrastruktur ergeben sich die Investitionskosten für den Eisenbahninfrastrukturbetreiber somit primär aus den Lohnkosten und den Gerätekosten des bauausführenden Unternehmens (bzw. dem hieraus resultierenden Preis) sowie aus den Materialpreisen der Produzenten von Gleisinfrastrukturkomponenten (inkl. deren Material- und Lohnkosten sowie sonstigen Betriebskosten).

In Bezug auf die Lebenszyklusphasen eines Bauwerkes lt. ÖNORM EN 15804 (Vgl. Kap. 2.1.1) fallen demnach in der Herstellungsphase die Produktionskosten der Gleisinfrastrukturkomponenten an, welche schlussendlich unter Berücksichtigung von marktkonformen Gewinnspannen, Transportkosten und Nebenkosten den Materialpreis ergeben. Der primäre Kostenverursacher in dieser Lebenszyklusphase sind demnach eindeutig die Hersteller von Gleisinfrastrukturkomponenten. In der Errichtungsphase bzw. Bauphase hingegen, sind die Lohnkosten des bauausführenden Unternehmens sowie die hierfür notwendige maschinelle Ausrüstung ausschlaggebend für die Investitionskosten. Der Lohnanteil ist im Neu-, Aus- und Umbau der Gleisinfrastruktur, aufgrund der hohen Materialpreise sowie der in Europa üblichen Mechanisierung und Automatisierung, in der Produktion und Bauausführung i.d.R. erheblich geringer als bspw. in den Wohn- und Bürobauten des Hochbaus.

Grundsätzlich zeigen sich die Investitionskosten (über die gesamte Lebensdauer der Gleisanlage) für über 50% der Gesamtkosten verantwortlich.<sup>28</sup> Bezüglich der Investitionskosten der Gleisinfrastruktur bzw. des Eisenbahnoberbaus gelten außerdem die folgenden Annahmen:<sup>29</sup>

- Die Investitionskosten verteilen sich zu je einem Drittel auf Schienen, Schwellen (inkl. Schienenbefestigung) und Gleisschotter.
- Die Investitionskosten der Schienen sind proportional zum Schienenmetergewicht, die Anschaffungskosten der Schwellen sind proportional zur spezifischen Schwellenmasse und die Anschaffungskosten des Schotterquerschnittsfläche.
- Die Investitionskosten steigen mit der maximalen Geschwindigkeit der Eisenbahn; vor allem bei einer angestrebten Geschwindigkeit von mehr als 230 km/h.
- Die Investitionskosten sind abhängig von der statischen Radkraft.

<sup>27</sup> Vgl. JACOB, D.; MÜLLER, C.: Estimating in Heavy Construction – Roads, Bridges, Tunnels, Foundations. S. 100ff.

<sup>28</sup> Vgl. VEIT, P.: Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnungen. Vorlesungsskriptum. S. 26

<sup>29</sup> Vgl. GERBER, U.: Auslegung des Eisenbahnoberbaus. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 64

Sämtliche (Re-)Investitionskosten im Rahmen von Instandsetzungsmaßnahmen während der Lebensdauer einer Gleisanlage werden im nachfolgenden Kapitel behandelt. Eine vertiefte Unterscheidung in Makro- und Mikro-Lebenszyklus ist in dieser Kostenhauptgruppe nicht erforderlich.

### 2.2.2 Instandhaltungskosten der Gleisinfrastruktur

Die Instandhaltungs- bzw. Nutzungskosten eines Bauwerkes bestehen primär aus den Kostengruppen Bauwerksbetrieb (Verwaltung, technischer Betrieb, Ver- und Entsorgung, Reinigung und Pflege sowie Sicherheit) sowie Instandsetzung. Ersteres beinhaltet die kontinuierliche Sicherstellung der Benutzbarkeit bzw. die fortlaufende Instandhaltung, u.a. durch ständige Inspektion, Wartung, kleinen Reparaturen, Gärtnerarbeiten und eine Gewährleistung der Energieversorgung. Instandsetzungsmaßnahmen stellen grundsätzlich Re-Investitionen in die bestehenden Anlagen dar und behandeln große Um- und Ausbaumaßnahmen.<sup>30</sup> Zusätzlich zu den beiden Hauptkostengruppen treten durch die immensen Anschaffungskosten von solchen umfangreichen Re-Investitionen hohen Kapitalbindung- bzw. Abschreibungskosten über den Lebenszyklus auf.<sup>31</sup>

Entscheidend dafür, dass die begrenzten finanziellen Ressourcen aus wirtschaftlicher Sicht am günstigsten eingesetzt werden, ist ein durchgängiges Life Cycle Management (LCM). Die wirtschaftlichen Indikatoren und Parameter müssen hierbei vor Definition etwaiger Instandsetzungsmaßnahmen festgelegt und von Projektbewertung, über Projektreihung bzw. Priorisierung bis hin zur Budgetaufteilung untersucht werden. Die Entscheidung, ob eine umfangreiche Instandsetzungsmaßnahme erforderlich ist, ist demnach keine rein technische Frage. Vielmehr muss der wirtschaftlich sinnvollste Zeitpunkt für eine Re-Investition gefunden werden. Diese Balancierung von Instandhaltung und Instandsetzung bzw. Re-Investition sowie eine Abkehr von einer Maßnahmenentscheidung, in alleiniger Abhängigkeit von der technischen Nutzungsdauer, sind die zentralen Aufgaben einer lebenszyklusorientierten Bewirtschaftung der Gleisinfrastruktur. Erreicht werden diese durch eine dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung über die Nutzungsdauer der Gleisinfrastruktur unter Berücksichtigung der Kapitalbindungskosten, Betriebserschwerungskosten und einem marktkonformen Realzinssatz (i.d.R. bei Infrastrukturanlagen zw. 3 und 5%). Durch eine abschnittsweise Betrachtung des Annuitätenverlaufes kann somit der wirtschaftlich optimale Re-Investitionszeitpunkt errechnet werden und somit ein Anstieg der Instandhaltungskosten verhindert werden.<sup>32</sup> Solche LCM- bzw. LCC-Strategien bei Erneuerungsprojekten werden in der Praxis bereits umgesetzt, um die finanziell aufwendig (Re-)Investition

<sup>30</sup> Vgl. AUSTRIAN STANDARDS: ÖNORM B 1801-2:2011 04 01 (Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 2: Objekt-Folgekosten)S. 4-6

<sup>31</sup> Vgl. VEIT, P.: Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnungen. Vorlesungsskriptum. S. 26

<sup>32</sup> Vgl. MARSCHNIG, S.; VEIT, P.: Nachhaltige Bewirtschaftung der Infrastruktur unter Budgetrestriktionen. In: ZEVrail, 6/7/2012. S. 2-3

in die Gleisinfrasturktur auf ihre Nachhaltigkeit zu prüfen, jedoch sind diese mit Stand 2012 noch sehr zeitaufwendig und demnach nicht flächendeckend die Norm.<sup>33</sup>

Für die wirtschaftliche Bewertung der Instandhaltung haben die Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB), in Zusammenarbeit mit dem Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft (EBW) der Technischen Universität Graz, 1996 damit begonnen, ein LCC-Modell zu entwickeln. Die grundsätzliche Vorgehensweise dieser Instandhaltungsstrategie der Gleisinfrasturktur bzw. des Fahrweges ist nachfolgend dargestellt. Das übergeordnete Ziel dieser Systematik ist, das Erkennen des optimalen (Re-)Investitionszeitpunkts.

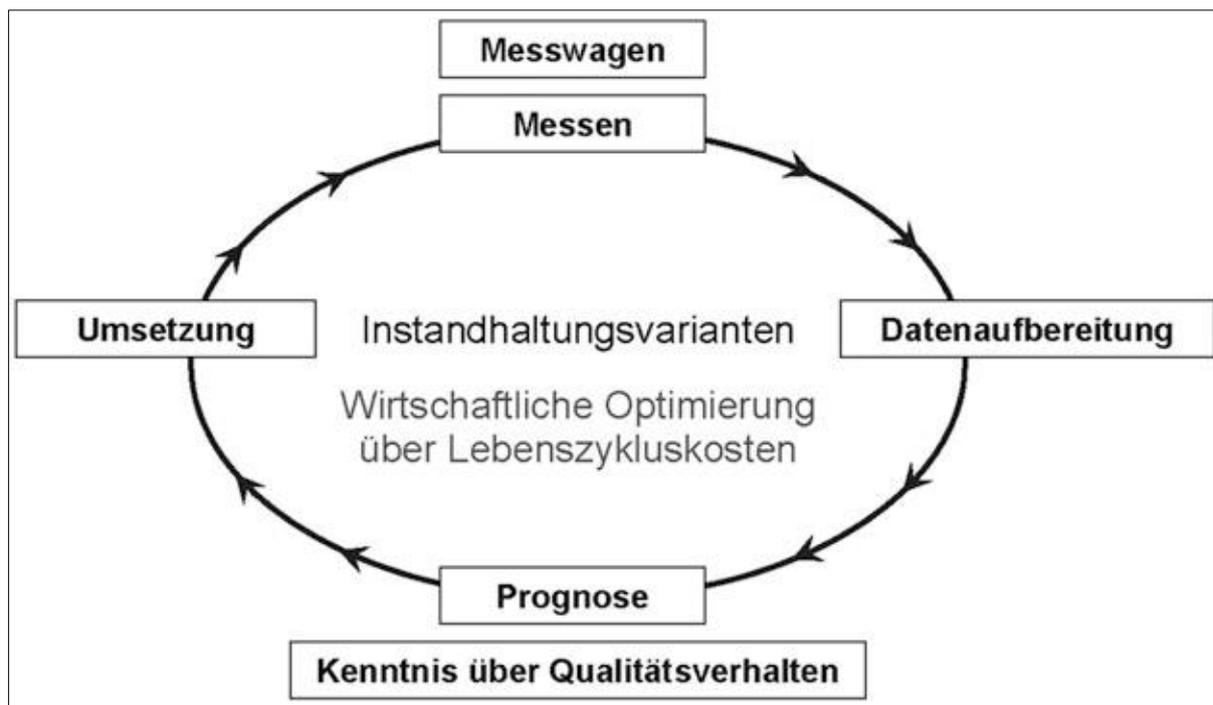


Bild 2-5 Kreislauf der Fahrwegstrategien<sup>34</sup>

Aus ökonomischer Sicht ist zu beachten, dass eine höhere Langlebigkeit und Belastbarkeit der Gleisinfrasturktur i.d.R. zu einer initialen Erhöhung der (Re-)Investitionskosten führt. Auf längere Sicht hat jedoch eine sinkende Ausfallwahrscheinlichkeit eine Verminderung der Instandhaltungskosten zur Folge. Zusätzlich führt eine längere Haltbarkeit des Eisenbahnoberbaus zu längeren Zeitspannen, in denen auf erneute Instandsetzungsmaßnahmen verzichtet werden kann.<sup>35</sup> Eine Abwägung der (Re-)Investitionskosten in Abhängigkeit von den Instandhaltungskosten in Form einer ausführlichen Lebenszykluskostenrechnung ist im modernen Gleisbau unausweichlich.

Abschließend ist an dieser Stelle festzuhalten, dass die Instandsetzung im Lebenszyklus der Gleisinfrasturktur nicht immer eindeutig der Instandhaltung zuzuordnen ist, da diese

<sup>33</sup> Vgl. MARSCHNIG, S.; VEIT, P.: Life Cycle Management in der Realität. In: ZEVrail, 9/2012. S. 5ff.

<sup>34</sup> VEIT, P.: Instandhaltung und Anlagenmanagement des Fahrweges. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 1010

<sup>35</sup> Vgl. GERBER, U.: Auslegung des Eisenbahnoberbaus. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 66

aus dem Blickwinkel der einzelnen Komponenten oftmals im Rückbau bzw. in der Entsorgung der selbigen resultiert oder einen Prozess der Rezyklierung einleitet. Somit unterscheidet sich in dieser Lebenszyklusphase der Makro-Lebenszyklus vom Mikro-Lebenszyklus in Abhängigkeit der konkreten Instandhaltungstätigkeit.

Die Separierung des Lebenszyklus der Gesamtanlage (Makro) sowie der einzelnen Komponenten (Mikro) wird anschließend anhand von drei ausgewählten Praxisbeispielen erläutert:

- Das Schleifen einer Schiene ist sowohl im Mikro- als auch im Makro-Lebenszyklus Teil der Instandhaltung.
- Der Austausch einer Schiene im Rahmen einer Instandsetzungsmaßnahme ist wiederum einerseits Bestandteil der Instandhaltung der Gleisinfrastruktur (Makro-Lebenszyklus) und andererseits Teil der Rückbauphase der Gleisinfrastrukturkomponente Schiene (Mikro-Lebenszyklus) zuzuordnen.
- Eine maschinelle Gleisschotterreinigung ist aus Sicht des Mikro-Lebenszyklus grundsätzlich der Rückbauphase zuzuordnen; es erfolgt jedoch eine bedingte Rezyklierung im Sinne einer Kreislaufwirtschaft, da zwischen 40 und 70% des ausgebauten Gleisschotters direkt wiederverwendet werden kann.

Eine Erläuterung der unterschiedlichen Lebenszyklusphasen in Abhängigkeit vom Betrachtungsumfang bzw. Blickwinkel sowie anhand von konkreten Beispielen aus technologistscher Sicht erfolgt in Kapitel 4.1.2.

### 2.2.3 Rückbaukosten der Gleisinfrastruktur

Die Phase des Abbruchs und der Bauwerks- bzw. Komponentenbeseitigung beendet die Lebensdauer eines Bauwerkes bzw. einer Komponente.<sup>36</sup> Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben ist hierbei zu unterscheiden ob die komplette Anlage zurückgebaut wird (Rückbau im Sinne des Makro- bzw. Gleisinfrastruktur-Lebenszyklus) oder lediglich einzelne Komponenten erneuert werden (Rückbau im Sinne des Mikro- bzw. Komponenten-Lebenszyklus).

Bei der Art der Abfälle können unterschiedliche Einordnungen getroffen werden. So definiert bspw. das Kreislaufwirtschaftsgesetz der Bundesrepublik Deutschland in §3 Abfälle als Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss. Das angeführte Gesetz differenziert hierbei in Abfälle, die verwertet werden (bspw. zur Energieumwandlung, zur Herstellung neuer Erzeugnisse, etc.) und Abfälle zur

<sup>36</sup> Vgl. AUSTRIAN STANDARDS: ÖNORM B 1801-2:2011 04 01 (Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 2: Objekt-Folgekosten)S. 4ff.

Beseitigung (ursprüngliche Zweckbestimmung entfällt ohne einen neuen unmittelbaren Verwendungszweck).<sup>37</sup>

Artikel 4 der EU-Abfallrahmenrichtlinie definiert im Kontext der Abfallvermeidung und -bewirtschaftung eine Abfallhierarchie. Diese wird wie folgt festgelegt:<sup>38</sup>

- Vermeidung
- Vorbereitung zur Wiederverwendung
- Recycling
- sonstige Verwertung, z.B. energetische Verwertung
- Beseitigung

Entsprechend dieser Einteilung sowie in Abhängigkeit an die konkreten Abfälle entstehen unterschiedliche Kosten im Rückbau der Gleisinfrastruktur. Zusätzlich zur eigentlichen Verwertung bzw. Beseitigung entstehen Kosten im Abbruch, im Rückbau von Betriebsgebäuden und weiteren Eisenbahnanlagen (Vgl. Kap. 2.1.3), im Transport, in der Zwischenlagerung, etc. Spezielle Bestimmungen und erforderliche Nachweise für Komponenten des Ober- und Unterbaus – bspw. in Bezug auf die chemische oder sonstige Kontamination von Holzschwellen, Altschotter sowie der Foundationsschicht – müssen bei einer Kostenabschätzung ebenfalls beachtet werden.<sup>39</sup>

Der Rückbau von Gleisanlagen beginnt zumeist durch den Ausbau von Gleisjochen bzw. Weichenstücken. Die Länge der Gleisjoche richtet sich nach dem vorgesehenen Transportmittel oder nach den Anforderungen an den Wiedereinbau. Außerdem ist eine Kampfmitelerkundung oftmals notwendig, da Gleisanlagen im Bereich von Bahnhöfen (Güter- / Verschiebebahnhof) und Ausbesserungswerken wie auch im Bereich freier Fahrstrecken im 2. Weltkrieg häufig Ziele von Bombenabwürfen waren.<sup>40</sup> Grundsätzlich sind kontinuierliche, maschinelle Um- bzw. Rückbauten bei einer Gleisanlage heutzutage die Norm.

Quantitative Kennwerte wie bspw. der prozentuelle Anteil der Rückbaukosten an den Gesamtlebenszykluskosten sind aufgrund mangelnder Untersuchungen nur schwer einzuschätzen. Eine bauwirtschaftliche Studie im Hochbau hat jedoch ergeben, dass die Entsorgungskosten selbst einen vergleichsweise geringen Anteil an den allgemeinen Rückbaukosten haben, da sich der maschinelle Rückbau als relevantester Kostentreiber herauskris-

<sup>37</sup> Vgl. BUNDESAMT DER JUSTIZ: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen. [www.gesetze-im-internet.de/krwg/index.html#BJNR021210012BJNE000100000](http://www.gesetze-im-internet.de/krwg/index.html#BJNR021210012BJNE000100000). Datum des Zugriffs: 13.01.2020

<sup>38</sup> Vgl. EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT DER EUROPÄISCHEN UNION: Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle, ABI 2008 L 312/3. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32008L0098>. Datum des Zugriffs: 13.01.2020

<sup>39</sup> Vgl. SCHWARZ, H.: Umweltschutz. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 972ff.

<sup>40</sup> Vgl. LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN: Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz (MALBO), Band 20. Leistungsbuch Altlasten und Flächenentwicklung. S. 469

tallisiert hat. Außerdem wurde der Anteil der Rückbaukosten im Verhältnis zu den Investitions- bzw. Errichtungskosten mit 8% bis 22% ermittelt.<sup>41</sup> Ob dieser Sachverhalt im Gleisbau auch nachweisbar ist, muss durch spezielle Arbeitsstudien erst überprüft werden.

#### 2.2.4 Betriebserschwerungskosten der Gleisinfrastruktur

Ein weiterer zu berücksichtigender Kostenfaktor im Neu-, Aus- und Umbau der Gleisinfrastruktur sind sog. Betriebserschwerungskosten (BEK). Grundsätzlich können Störungen im Betrieb von Eisenbahnen von der Infrastrukturbetreibergesellschaft, dem Eisenbahnverkehrsunternehmen sowie von Dritten verursacht werden. Die resultierenden Folgekosten werden hierbei an verschiedenen Stellen entlang des Lebenszyklus ausgabewirksam. Analysen der Lebenszykluskosten des Oberbaus bzw. der Gleisinfrastruktur zeigen die hohe Bedeutung der BEK.<sup>42</sup>

BEK sind von der Sperrpausendauer und -anzahl bei Eisenbahnbaustellen abhängig und haben v.a. bei hoch belasteten Hauptgleisen eine hohe Relevanz, während auf Nebenstrecken der Einfluss nahezu unbedeutend ist. Im Allgemeinen erfolgt eine Einteilung in die folgenden Kostengruppen:<sup>43</sup>

- Verspätungskosten (auch Folgeverspätungen) durch Baustellenbetrieb
- Kosten für Zugumleitungen und deren Auswirkungen
- Kosten für Schienenersatzverkehr
- Externe Kosten (z.B. Imageverlust)

Demnach sind BEK die betrieblichen Folgekosten von (Re-)Investitionen und Instandsetzungsmaßnahmen – sprich die „Folgekosten der Folgekosten“. Durch unzureichende Instandhaltung und Instandsetzung sowie einer Überschreitung der Nutzungsdauer der Gleisinfrastruktur bzw. einzelner Komponenten können ebenfalls BEK anfallen, da Dauerlangsamfahrstellen eingerichtet werden müssen. Ab einer Zugzahl von über 100 (2-gleisige Strecke) pro Tag und Richtung überschreiten die jährlichen BEK laut einer Analyse des Instituts für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft (EBW) der Technischen Universität Graz die jährlichen Instandhaltungskosten.<sup>44</sup> Wenn von Lebenszykluskosten der Gleisinfrastruktur gesprochen wird ist demnach eine Berücksichtigung der Betriebserschwerungskosten zwingend erforderlich.

<sup>41</sup> Vgl. TINKHOF, O. M. et al.: Entwicklung einer praxisorientierten replizierbaren Rückbaustrategie zur Forcierung des verwertungsorientierten Rückbaus. Bericht. S. 30

<sup>42</sup> Vgl. VEIT, P.; PETRI, K.: Betriebserschwerungskosten – ein Baustein zur Systemoptimierung. In: ZEVrail, 5/2008. S. 1ff.

<sup>43</sup> Vgl. SIEFER, T.; LÜCKING, L.: Systemanalyse von Weichenumbaumaschinen. In: EI – Eisenbahningenieur (57), 6/2006. S. 36

<sup>44</sup> Vgl. VEIT, P.: Instandhaltung und Anlagenmanagement des Fahrwegs. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 1014

## 2.2.5 Zusammenfassende Darstellung der Gleisinfrastruktur-Lebenskosten

In der nachfolgenden Abbildung sind eine Zusammenfassung sowie der Zusammenhang der in diesem Unterkapitel beschriebenen Kostengruppen ersichtlich.

<b>Kostengruppen</b>			
Anschaffungsnebenkosten			<b>Anschaffungs- bzw. Investitionskosten</b>
Grundstückkosten			
Lohnkosten	<b>Baukosten</b>	<b>Errichtungskosten</b>	
Materialkosten			
Gerätekosten			
Sonstige Baukosten			
Indirekte Errichtungskosten und Nebenleistungen			
Planungsleistungen			
Reserven			
Verwaltung	<b>Betriebskosten</b>	<b>Instandhaltungs- bzw. Nutzungskosten</b>	
Technischer Betrieb			
Ver- und Entsorgung			
Reinigung und Pflege			
Sicherheit			
Instandsetzungskosten			
Rückbaukosten			
			<b>Folgekosten</b>
Betriebserschwerniskosten			

Bild 2-6 Lebenszykluskosten (eigene Abbildung in Anlehnung an ÖNORM B 1801-2<sup>45</sup>)

In Kapitel 2.2.1 wurde bereits angeführt, dass die Investitionskosten eine Größenordnung von ungefähr 50% aufweisen. Eine größenmäßige Zusammensetzung der übrigen Lebenszykluskosten – unterteilt in Abschreibung, Betriebserschwerniskosten und Instandhaltung – ist im Kontext einer Liegedauerverlängerung durch Dauerlangsamfahren, einer Minimalinstandhaltung sowie einer Liegedauerverlängerung durch Schwellenbesohlung in Kombination mit nachhaltigen Lösungen (innovative Komponenten und optimierte Instandhaltung) nachfolgend normalisiert dargestellt. Diese Grafik verdeutlicht die Bedeutung einer

<sup>45</sup> Vgl. AUSTRIAN STANDARDS: ÖNORM B 1801-2:2011 04 01 (Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 2: Objekt-Folgekosten)S. 6

hohen Qualität in Investition und Instandhaltung, da ansonsten mit einem erheblichen Anstieg der Lebenszykluskosten (LCC) zu rechnen ist. Das langfristige Ziel einer lebenszyklusorientierten Gleisinfrastruktur sollte demnach eine lange Nutzungsdauer bei gleichzeitig hoher Verfügbarkeit sein.

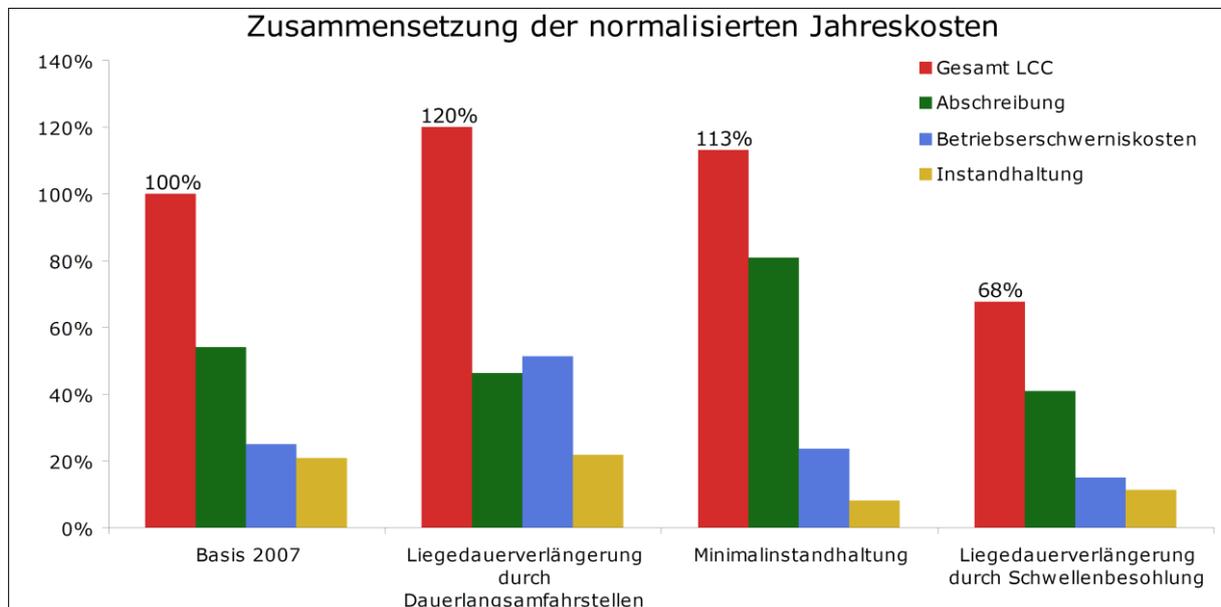


Bild 2-7 Zusammensetzung der normalisierten Jahreskosten<sup>46</sup>

Die Lebenszykluskosten (ohne Abschreibung) für hochbelastete Hauptstrecken mit einer Zugzahl von 150 je Richtung und Tag setzen sich beispielsweise im Betrieb der Deutschen Bahn (DB) aus durchschnittlich 47% Instandsetzungskosten, 20% Instandhaltungskosten und 33% Betriebserschwerungskosten zusammen.<sup>47</sup>

### 2.3 Ökologische Bedeutung einer Lebenszyklusbetrachtung

Die ökologische Bedeutung einer Lebenszyklusbetrachtung ist ebenso facettenreich und bedeutsam wie ihr ökonomisches Äquivalent. Nachdem im vorherigen Kapitel anhand der Lebenszykluskosten bereits eine ausführliche Darstellung der einzelnen Lebenszyklusphasen erfolgt ist, wird in weiterer Folge auf eine erneute Beschreibung der einzelnen Phasen verzichtet. Anstatt dessen erfolgt fortführend eine Beschreibung der ökologischen Signifikanz auf bauwirtschaftlicher Ebene, verkehrswirtschaftlicher Ebene sowie auf gleisspezifischer Ebene. In der Bewertung der Ertragsmodelle spielen die ökologischen Einflüsse lediglich eine untergeordnete Rolle. Aufgrund deren allgemeinen Signifikanz werden diese

<sup>46</sup> VEIT, P.: Fahrweginstandhaltung – Theorie und Praxis. [https://online.tugraz.at/tug\\_online/voe\\_main2.getvolltext?pCurrPk=71516](https://online.tugraz.at/tug_online/voe_main2.getvolltext?pCurrPk=71516). Datum des Zugriffs: 14.01.2020

<sup>47</sup> Vgl. ALSALAMAT, H.: Verfahren zur Ermittlung des Einflusses von infrastrukturellen und betrieblichen Faktoren auf die spezifischen Kosten der Eisenbahninfrastruktur. Dissertation. S. 29

dennoch in weiterer Folge ausführlich erläutert. Eine weitere Ökologisierung des Eisenbahnbetriebs durch alternative Ertragsmodelle ist nach Ansicht des Autors der vorliegenden Arbeit nur bedingt herbeizuführen und nur durch eine Überarbeitung der vorherrschenden Vergabebestimmungen vonseiten des Auftraggebers möglich. Die nachfolgenden Ausführungen sollen die Notwendigkeit solcher Maßnahmen hervorheben. Diverse unabhängige und zwischenstaatliche Publikationen – bspw. durch das Büro des Hohen Kommissars für Menschenrechte (OHCHR)<sup>48</sup>, den Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen bzw. den Weltklimarat (IPCC)<sup>49,50</sup> oder der Biodiversitätskonvention (CBD)<sup>51</sup> – unterstreichen die allgemeine Bedeutung einer kritischen Auseinandersetzung mit umweltrelevanten Thematiken. Die allgemeine Notwendigkeit einer interdisziplinären Entwicklung von Lösungsstrategien zur Mitigierung der weitreichenden Folgen des Klimawandels und anderen von Menschen geschaffenen Umweltkatastrophen wird an dieser Stelle demnach mit Verweis an die angeführten Quellen als ausreichend erwiesen angesehen.

### 2.3.1 Bauwirtschaftliche Ebene

Der globale Ressourcenbedarf erreichte im Jahr 2017 nahezu 90 Milliarden metrische Tonnen, mit stark steigendem Trend. Die Effizienz der Ressourcennutzung und -verwertung bestimmt schlussendlich die anfallenden Abfälle sowie die freigesetzten Emissionen. Ein lebenszyklusorientiertes Ressourcenmanagement – mit dem Ziel einer Kreislaufwirtschaft – ist demnach eine der Schlüsselstrategien für nachhaltigen Umweltschutz.<sup>52</sup>

Für die Bauwirtschaft besteht diesbezüglich eine hohe Dringlichkeit, da diese einen immensen Anteil am globalen Ressourcenverbrauch hat. Alleine in Österreich werden seit den 80er-Jahren zwischen 100-105 Millionen metrische Tonnen bzw. 12-15 metrische Tonnen pro Kopf und Jahr an mineralischen Baurohstoffen wie Sand, Kies, Ton und Naturstein für die Errichtung von Bauwerken verwendet.<sup>53</sup> Im Vergleich dazu lag im Jahr 2012 der Materialverbrauch aller österreichischen Industriezweige bei 187 Millionen metrische Tonnen bzw. 22 metrische Tonnen pro Kopf. Damit liegt Österreich deutlich über dem jährlichen globalen Durchschnittsverbrauch von ca. 10 Tonnen pro Kopf sowie auch über dem europäischen Durchschnitt von etwas mehr als 13 Tonnen pro Kopf.<sup>54</sup> In Österreich werden

<sup>48</sup> HUMAN RIGHTS COUNCIL : Climate change and poverty. [https://www.ohchr.org/Documents/Issues/Poverty/A\\_HRC\\_41\\_39.pdf](https://www.ohchr.org/Documents/Issues/Poverty/A_HRC_41_39.pdf). Datum des Zugriffs: 15.01.2020

<sup>49</sup> INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE: Global Warming of 1.5°C. [https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15\\_spm\\_final.pdf](https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf). Datum des Zugriffs: 15.01.2020

<sup>50</sup> INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE: The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. <https://www.ipcc.ch/srocc/download-report-2/>. Datum des Zugriffs: 15.01.2020

<sup>51</sup> CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY: Zero Draft of the Post-2020 Global Biodiversity Framework. <https://www.cbd.int/doc/c/efb0/1f84/a892b98d2982a829962b6371/wg2020-02-03-en.pdf>. Datum des Zugriffs: 17.01.2020

<sup>52</sup> Vgl. INTERNATIONAL RESOURCE PANEL: Assessing Global Resource Use – A systems approach to resource efficiency and pollution reduction. A Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. S. 8

<sup>53</sup> Vgl. BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS – SEKTION ENERGIE UND BERGBAU: Baurohstoffe. <https://www.bmnt.gv.at/energie-bergbau/bergbau/mineralische-rohstoffe/Baurohstoffe.html>. Datum des Zugriffs: 16.01.2020

<sup>54</sup> BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT; BUNDESMINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND WIRTSCHAFT: Ressourcennutzung in Österreich. Bericht. S. 6

demzufolge jährlich mehr mineralische Baustoffe pro Kopf verbraucht, als in anderen Nationen im Gesamten durchschnittlich benötigt werden.

Ein ähnliches Bild zeichnet sich im Bereich des Abfallaufkommens ab. In Österreich sind die Bau- und Abbruchabfälle im Zeitraum von 2009 bis 2017 um rund 70% auf rund 12 Millionen Tonnen angestiegen. Im gleichen Zeitfenster hat sich das Aushubmaterial aus dem Bauwesen – insbesondere durch große Bauvorhaben wie dem Bau des Semmering- und des Brenner-Basistunnels oder der Errichtung der Koralmbahn durch die Österreichischen Bundesbahnen – um 51% auf rund 35 Millionen Tonnen gesteigert. Bei einem Primärabfallaufkommen (ohne Sekundärabfälle aus der Behandlung von Primärabfällen) in Österreich von rund 61 Millionen Tonnen umfasst der Abfallanteil der Bauwirtschaft demnach mehr als zwei Drittel am Gesamtaufkommen.<sup>55</sup>

Zudem verursachen der Betrieb von Bauwerken und die industrielle Produktion von Baustoffen bzw. Bauprodukten einen erheblichen Anteil der globalen Treibhausgasemissionen, u.a. durch den immensen Energiebedarf. Diese Thematik wird jedoch erst im Kontext der nachfolgenden Ebene detailliert betrachtet.

Bei einer Lebenszyklusbetrachtung aus ökologischer Sicht ist auf Ebene der Bauwirtschaft zusammenfassend vor allem auf einen nachhaltigen Umgang mit den notwendigen Ressourcen zu achten – sowohl in der Herstellungsphase (Ressourcenverbrauch) als auch in der Rückbauphase (Abfallvermeidung/Recycling). Die Vermeidung von endlichen mineralischen und fossilen Rohstoffen zugunsten nachwachsender Alternativen ist hierbei eine mögliche Lösungsstrategie. Außerdem ist eine Reduktion des notwendigen Energiebedarfs und der daraus resultierenden Treibhausgasemissionen in allen Lebenszyklusphasen zu berücksichtigen.

### 2.3.2 Verkehrswirtschaftliche Ebene

Nachdem auf der zuvor erläuterten bauwirtschaftlichen Ebene primär die notwendigen Ressourcen für die Errichtung von Bauwerken sowie die daraus resultierenden Abfälle betrachtet wurden, werden auf verkehrswirtschaftlicher Ebene vor allem die ökologischen Folgen des Betriebs der selbigen untersucht. Hierbei ist vor allem die Treibhausgas-Emission<sup>56</sup> von enormer Bedeutung.

Im Zeitraum von 1990 bis 2014 haben sich die österreichweiten Treibhausgas-Emissionen des Sektors Verkehr um 57,6% erhöht. Im selben Zeitraum konnten die übrigen emissionsrelevanten Sektoren (Energie und Industrie, Gebäude, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft) ihre CO<sub>2</sub>-Äquivalente-Emission stark reduzieren. Zwar sanken die Emissionen des

<sup>55</sup> BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS : Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich. Statusbericht. S. 8-11

<sup>56</sup> Treibhausgas-Emission setzt sich zusammen aus Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid bzw. Lachgas, Fluorierte Gase, ...

Verkehrssektors im Betrachtungsraum von 2005 bis 2014, jedoch beträgt der Anteil an der gesamten nationalen Treibhausgas-Emission (ohne Berücksichtigung des Emissionshandels) nach wie vor 45%.<sup>57</sup> Das langfristige Ziel einer weitgehenden Treibhausgas-Neutralität liegt demnach u.a. durch den angeführten Anteil des Verkehrssektors in weiter Ferne.

Warum ein leistungsstarker, zuverlässiger und lebenszyklusorientierter Eisenbahnbetrieb eine Lösung für den immensen Emissionsanteil des Verkehrssektors darstellt, lässt sich durch eine statistische Erhebung des Ifeu-Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg im Auftrag des deutschen Umweltbundesamtes begründen. Das hierbei entwickelte *Transport Emission Model* (TREMOM) ermöglicht eine umfassende Emissionserhebung aller Verkehrsträger.<sup>58</sup> Eine Gegenüberstellung der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im deutschen Personen- und Güterverkehr ist nachfolgend dargestellt.

Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr in Deutschland – Bezugsjahr 2018									
		Pkw	Flugzeug, Inland	Eisenbahn, Fernverkehr	Fernlinienbus	sonstige Reisebusse <sup>6</sup>	Eisenbahn, Nahverkehr	Linienbus	Straßen-, Stadt- und U-Bahn
Treibhausgase <sup>1</sup>	g/Pkm	147	230 <sup>3</sup>	32 <sup>2</sup>	29	31	58	80	58
Kohlenmonoxid	g/Pkm	1,00	0,48	0,02	0,02	0,04	0,04	0,06	0,04
Flüchtige Kohlenwasserstoffe <sup>4</sup>	g/Pkm	0,14	0,13	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,00
Stickoxide	g/Pkm	0,43	1,01	0,04	0,06	0,11	0,20	0,32	0,05
Feinstaub <sup>5</sup>	g/Pkm	0,004	0,011	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,000
Auslastung		1,5 Pers./Pkw	71%	56%	55%	64%	28%	19%	19%

g/Pkm = Gramm pro Personenkilometer, inkl. der Emissionen aus der Bereitstellung und Umwandlung der Energieträger in Strom, Benzin und Kerosin

<sup>1</sup> CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>= angegeben in CO<sub>2</sub>-Äquivalente

<sup>2</sup> Die in der Tabelle ausgewiesenen Emissionsfaktoren für die Bahn basieren auf Angaben zum durchschnittlichen Strom-Mix in Deutschland. Emissionsfaktoren, die auf unternehmens- oder sektorenbezogenen Strombezügen basieren (s. z.B. den „Umweltmobilcheck“ der Deutschen Bahn AG), weichen daher von den in der Tabelle dargestellten Werten ab.

<sup>3</sup> inkl. Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte

<sup>4</sup> ohne Methan

<sup>5</sup> ohne Abrieb von Reifen, Straßenbelag, Bremsen, Oberleitungen

<sup>6</sup> Gruppenfahrten, Tagesfahrten (z.B. Busrundreisen, Klassenfahrten, „Kaffeefahrten“)

Bild 2-8 Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr (Deutschland)<sup>59</sup>

Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Güterverkehr in Deutschland – Bezugsjahr 2018				
		Lkw <sup>2</sup>	Güterbahn <sup>3</sup>	Binnenschiff
Treibhausgase <sup>1</sup>	g/tkm	112	18	34
Kohlenmonoxid	g/tkm	0,099	0,013	0,071
Flüchtige Kohlenwasserstoffe <sup>4</sup>	g/tkm	0,037	0,003	0,029
Stickoxide	g/tkm	0,269	0,037	0,425
Feinstaub <sup>5</sup>	g/tkm	0,004	0,000	0,010

g/Pkm = Gramm pro Personenkilometer, inkl. der Emissionen aus der Bereitstellung und Umwandlung der Energieträger in Strom, Benzin und Kerosin

<sup>1</sup> CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>= angegeben in CO<sub>2</sub>-Äquivalente

<sup>2</sup> LKW = LKW ab 3,5t, Sattelzüge, Lastzüge

<sup>3</sup> Die in der Tabelle ausgewiesenen Emissionsfaktoren für die Bahn basieren auf Angaben zum durchschnittlichen Strom-Mix in Deutschland. Emissionsfaktoren, die auf unternehmens- oder sektorenbezogenen Strombezügen basieren (s. z.B. den „Umweltmobilcheck“ der Deutschen Bahn AG), weichen daher von den in der Tabelle dargestellten Werten ab.

<sup>4</sup> ohne Methan

<sup>5</sup> ohne Abrieb von Reifen, Straßenbelag, Bremsen, Oberleitungen

Bild 2-9 Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Güterverkehr (Deutschland)<sup>60</sup>

<sup>57</sup> ZECHMEISTER, A. et al.: Klimaschutzbericht 2016 S. 35-38

<sup>58</sup> Vgl. UMWELTBUNDESAMT: Emissionsdaten. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#textpart-1>. Datum des Zugriffs: 16.01.2020

<sup>59</sup> Ebd.

<sup>60</sup> Ebd.

Die dargestellten Ergebnisse können als Begründung dafür herangezogen werden, dass ein hoher Eisenbahnanteil im Modal-Split aus ökologischer Sicht unbedingt anzustreben ist. Im Personenverkehr liegt mit Stand 2012 der Anteil an öffentlichem Verkehr (Bus und Bahn) in Österreich bei 24% während im Güterverkehr der Eisenbahnanteil 32% beträgt.<sup>61</sup> Um die Emissions-Anteile der Eisenbahn weiter zu senken, ist außerdem ein hoher Anteil von erneuerbaren Energieträgern im (Bahn-)Strom-Mix voranzutreiben. Die Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) halten hierbei europaweit eine Vorreiterrolle inne, indem sie nach eigenen Angaben 100% der Bahnstromversorgung mit grünem Strom deckt.<sup>62</sup>

Neben den ausführlich geschilderten Emissionsproblemen des Verkehrssektors haben die diversen Verkehrsträger außerdem durch mehrere Aspekte einen entscheidenden Einfluss auf die Ökosphäre. Beispiele hierfür sind die Trennwirkung neuer Fahrwege auf endogene Lebensräume, die Beeinflussung des Grundwassers, die Lärmemission sowie die Prägung des Landschaftsbildes. In der vorliegenden Arbeit erfolgt jedoch eine Fokussierung auf die Minimierung der Treibhausgas-Emissionen des Verkehrssektors.

Bei einer Lebenszyklusbetrachtung aus ökologischer Sicht ist auf Ebene der Verkehrswirtschaft zusammenfassend vor allem auf eine Reduktion der Treibhausgas-Emissionen sowie einem möglichst hohen Anteil an nachhaltiger Primärenergiequellen zu achten. Durch eine lebenszyklusorientierte Gleisinfrastruktur kann u.a. eine Minimierung von Ausfallzeiten, Verspätungen und Dauerlangsamfahrstrecken die Attraktivität der Eisenbahn und somit deren Anteil am Modal-Split weiter steigern. Eine Optimierung der Kosten über den Lebenszyklus und eine damit ermöglichte Senkung der Fahrtkosten bzw. Ticketpreise sind ebenfalls Möglichkeiten zur Anreizsteigerung von schienengebundenen Verkehrsmitteln. Dieses Beispiel veranschaulicht die Verflechtung von ökonomischen, ökologischen und teilweise sozialen Aspekten einer Lebenszyklusbetrachtung.

### 2.3.3 Gleisspezifische Ebene

Auch wenn die Eisenbahn, wie im vorherigen Unterkapitel nachgewiesen, im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln aus ökologischer Sicht im Vorteil ist, sind auch eisenbahnspezifische bzw. gleisspezifische Faktoren des Umweltschutzes zu beachten. Hierunter fallen, neben der bereits in Kapitel 2.3.1 diskutierten Entsorgungsproblematik durch von Bau- und Instandhaltungsmaßnahmen verschuldete Abfälle, primär die folgenden Aspekte:<sup>63</sup>

<sup>61</sup> Vgl. BUNDESMINISTERIN FÜR VERKEHR, INNOVATION UND TECHNOLOGIE: Gesamtverkehrsplan für Österreich S. 23-24

<sup>62</sup> Vgl. ÖSTERREICHISCHE BUNDESBAHNEN (ÖBB): 100% grüner Bahnstrom = neues Kapitel beim Klimaschutz. <https://presse.oebb.at/de/presseinformationen/100-prozent-gruener-bahnstrom-neues-kapitel-beim-klimaschutz>. Datum des Zugriffs: 16.01.2020

<sup>63</sup> Vgl. SCHWARZ, H.: Umweltschutz. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 932ff.

- Schutz vor Lärm und Erschütterungen

Beim Neu- und Ausbau der Gleisinfrasturktur müssen gesetzlich vorgegebene Immissionsgrenzwerte eingehalten werden; diese beziehen sich auf den Luftschall sowie den Körperschall. Werden diese Grenzwerte überschritten, müssen entsprechende Schallschutzmaßnahmen vorgenommen werden. Diese können sowohl baulicher als auch betrieblicher Natur (bspw. Dauerlangsamfahrstrecken) sein. Außerdem können passive Lärmschutzmaßnahmen (bspw. der Einbau von Schallschutzfenster und -türen bei betroffenen Gebäuden) vorgenommen werden. Innovative Lärmschutzmaßnahmen beinhalten Techniken zur Minderung des Rollgeräusches wie Schienenstegdämpfer (SSD), Schienenstegabschirmungen (SSA), Aufsätze für Schallschutzwände sowie gleisnahe, niedrige Schallschutzwände (nSSW). In Sonderbereichen können außerdem Maßnahmen zur Reduktion des Brückendröhnens und zur Minderung von Quietschgeräuschen erforderlich sein.

Sämtliche Schallschutzmaßnahmen sind bereits bei der Planung, sprich vor der Herstellungs- und Errichtungsphase, zu definieren, da nachträgliche Anpassungen – im Worst-Case Szenario unter laufendem Betrieb – i.d.R. höhere Folgekosten nach sich ziehen. Der Schutz vor Lärm und Erschütterungen kann demnach zu erheblichen ökologischen, aber auch ökonomischen Problemen führen, wenn keine Lebenszyklusbetrachtungen in der Planung und Errichtung von Gleisanlagen einfließen.

- Vegetationskontrolle

Der sicherheitsrelevante Bereich entlang des Fahrweges der Eisenbahn setzt sich aus dem Bereich im Gleis bzw. der eigentlichen Gleisinfrasturktur inkl. Rand- und Rangierwege sowie dem Bereich am Gleis mit den angrenzenden Flächen zusammen. Außerdem wird in eine sechs Meter breite Rückschnittzone (das sog. U-Profil) und eine Stabilisierungszone unterschieden. Bei dem Bereich im Gleis werden primär chemische Verfahren eingesetzt, während beim Bereich am Gleis üblicherweise mechanische Verfahren zum Einsatz gelangen. (Vgl. Bild 2-9) In beiden Bereichen ist die Erfüllung der Betriebssicherheit in Bezug auf die Funktionsfähigkeit, Signalsicht sowie Sicherheitsabstände zu den elektrischen Einrichtungen zu gewährleisten.

Aus ökologischer Sicht ist hierbei in der Vegetationskontrolle im Gleisbereich vor allem die Verwendung von Herbiziden problematisch. Die Verwendung von thermischen oder mechanischen Verfahren im Gleisbereich stellt derzeit keine valide Alternative im Gleisbereich dar. Eingesetzt werden im Bahnbetrieb demnach vor allem Blattherbizide, welche lediglich auf den vorhandenen Aufwuchs wirken, sowie Bodenherbizide mit präventiver Wirkung. Die Auswirkungen der international weitverbreiteten Breitbandherbizide bzw. deren verwendeten Wirkstoffe wie Glyphosat, Flumioxazin und Flazasulfuron auf die umgebende

Umwelt werden von Fachkreisen und der Öffentlichkeit gleichermaßen, vor allem aufgrund der hohen Versickerungsrate im Gleisbereich, teilweise sehr kritisch betrachtet.

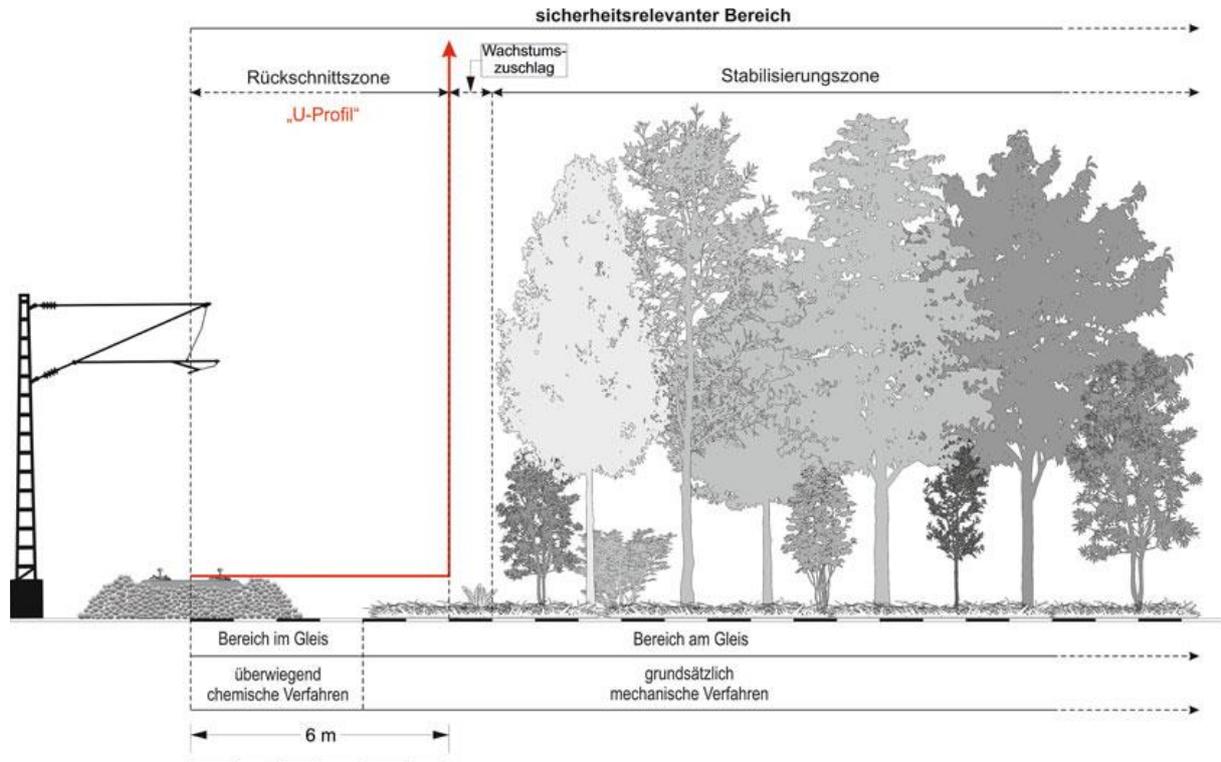


Bild 2-10 Sicherheitsrelevanter Bereich<sup>64</sup>

Von erhöhter Bedeutung für die Lebenszyklusbetrachtung – auch aus ökonomischer Sicht – ist die Begrünung des Bereiches am Gleis (Vgl. Bild 2-9), in welchem durch die Anwendung mechanischer Verfahren in der Vegetationskontrolle weniger chemische Auswirkungen auf die dort wachsende Fauna und Flora vorliegen. Die von diesem Bereich bzw. dieser Zone ausgehenden Gefahren auf den Eisenbahnbetrieb selbst sowie gegenüber Dritter und der Gefahr von Drittgründen gegenüber dem Eisenbahnbetrieb, müssen hierbei auf ein Minimum beschränkt werden. Höher ökologische Diversität erfordert i.d.R. einen höheren monetären und zeitlichen Aufwand in der Instandhaltung zur Sicherstellung eines gefahrenfreien Befahrens der jeweiligen Gleisabschnitte. Aus diesem Grund ist ein Mittelweg aus artgerechter und wenig wartungsintensiver Begrünung des Bereichs am Gleis im Sinne einer lebenszyklusoptimierten Gleisinfrastruktur zu berücksichtigen.

- Schutz von Natur und Landschaft

Aufgrund des globalen Artenrückgangs ist der Eingriff auf die Natur und Landschaft zunehmend auch im Eisenbahnwesen kritisch zu hinterfragen. In der Konzeptions- bzw. Planungsphase sind demnach u.a. eine Umweltverträglichkeitsprüfung, eine Überprüfung des

<sup>64</sup> SCHWARZ, H.: Umweltschutz. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 952

Status-Quo-Erhalts, der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes, die Erhaltung der biologischen Vielfalt in Flora und Fauna sowie artenschutzrechtliche Bestimmungen bei Bau- und Instandhaltungsmaßnahmen europaweit vorgeschrieben.

Ökologische Maßnahmen führen konsequenterweise zu Mehrkosten vor der eigentlichen Errichtung eines Bauwerks. Sie ermöglichen jedoch über die gesamte Lebensdauer des selbigen eine Minimierung der negativen Beeinträchtigung bestehender Lebensräume, ein Entgegenwirken des globalen Rückgangs an Biodiversität und somit eine generationenübergreifende Wahrung von Flora und Fauna. Ein kritisches Hinterfragen der vorherrschenden Interaktion zwischen Mensch und Natur ist mit Stand 2020 sowohl in der Gesellschaft, als auch in der Politik westlicher Industrienationen, tief verankert. Eine frühzeitige Adaption bestehender Geschäftspraktiken in Hinblick auf ökologische Verträglichkeit ermöglicht eine enorme Chance bezüglich der strategischen Positionierung von Unternehmen sowie ganzer Branchen. Der Eisenbahnverkehr besitzt aufgrund der angeführten Merkmale ein enormes Potenzial, um von der globalen Sensibilisierung bezüglich ökosozialer Gerechtigkeit zu profitieren und das Transportwesen in eine grüne Zukunft zu befördern.

## 2.4 Bedeutung einer Lebenszyklusbetrachtung für den Betrieb

Das übergeordnete Ziel einer lebenszyklusorientierten Errichtung und Instandhaltung der Gleisinfrastruktur muss schlussendlich ein bestmöglicher Eisenbahnbetrieb darstellen. Zusätzlich zu den möglichst geringen Kosten (ökonomische Bedeutung) und Umweltbeeinträchtigungen (ökologische Bedeutung) ist somit eine störungsfreie Benutzbarkeit der Gleisinfrastruktur durch das Eisenbahnverkehrsunternehmen bis zum Rückbau des Fahrweges zu gewährleisten. Daher wird nachfolgend die Bedeutung einer lebenszyklusoptimierten Gleisinfrastruktur unter dem Gesichtspunkt des Eisenbahnbetriebs beschrieben. Auf die Anforderungen an einen optimalen Betrieb selbst (bspw. eine hohe Zugauslastung, ein optimaler Zugfahrplan, etc.) wird fortführend nicht näher eingegangen.

In der Herstellungs- und Errichtungsphase wird grundsätzlich eine möglichst rasche Fertigstellung der Gleisinfrastruktur angestrebt. Eine – bei großen Infrastrukturprojekten wie vor allem Eisenbahntunnel übliche – lange Planungs- und Bauzeit ist stets mit immensen Finanzierungskosten verbunden. Erst mit der Fertigstellung und Inbetriebnahme einer Bahnstrecke können die Investitionskosten durch deren Benutzungsgebühr sukzessive abgebaut werden. Um möglichst hohe jährliche Markterlöse erzielen zu können und damit die Zinszahlungen, resultierend aus der notwendigen Vorfinanzierung von (Re-)Investitionen in die Gleisinfrastruktur, auf ein Minimum zu beschränken, ist demnach eine möglichst beeinträchtigungsfreie Benutzung des Fahrweges erforderlich. Um diese zu gewährleisten,

sind regelmäßige Instandhaltungsmaßnahmen notwendig, welche jedoch wiederum auf Kosten des Betriebs durchgeführt werden müssen und demnach Betriebserschwerungskosten erzeugen (Vgl. Kap. 2.2.4). Darum gilt es abzuwägen, welche Instandhaltungsmaßnahmen wann und in welchem Umfang durchgeführt werden müssen um negative Auswirkungen auf den Betrieb gering zu halten bzw. gänzlich zu vermeiden.

Die betriebliche Bedeutung einer Lebenszyklusbetrachtung lässt sich demnach auf möglichst kurze Gleissperren bzw. Gleisbeeinträchtigungen für Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen in und um den Bereich der Gleisinfrastruktur sowie im Generellen kurze Bauzeiten zusammenfassen. Außerdem sollten aus Sicht des Eisenbahnbetriebs so wenige Maßnahmen wie technisch notwendig bzw. wirtschaftlich sinnvoll für eine störungsfreie Benutzung der Fahrtrasse erforderlich sein. Um dies zu erreichen sowie und die Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit der Gleisinfrastruktur zu maximieren sind langlebige, qualitativ hochwertige Produkte bzw. Systeme erforderlich. Da diese i.d.R. mit hohen Anschaffungskosten verbunden sind, sind im Sinne einer lebenszyklusorientierten Vergabe bereits frühzeitig betriebliche Verluste durch einen höheren Instandhaltungsaufwand zu berücksichtigen. Nur so kann ein transparenter und fairer Vergleich unterschiedlicher Produkte und Systeme erfolgen.

Welche betriebliche Einflussfaktoren bei einem lebenszyklusorientierten Bau und einer Instandhaltung von Gleisinfrastruktur zu berücksichtigen sind – und welche Einflüsse aus dem Eisenbahnbetrieb hierbei eine Rolle spielen – wird in Kapitel 4.3 *Betriebliche Randbedingungen* ausführlich erläutert.

## 2.5 Zusammenfassende Darstellung

Die Ausführungen in den vorherigen Unterkapiteln lassen sich im Wesentlichen auf das nachfolgende Zitat des Professors für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der Technischen Universität Graz zusammenfassen:

*„Das Ziel ist ein optimales Anlagemanagement, der Weg dazu sind optimierte Investitions- und Instandsetzungsstrategien.“<sup>65</sup>*

In weiterer Folge wird erläutert, wie Unternehmen durch lebenszyklusorientierten Ertragsmodelle zur strategischen Erreichung dieses mittelfristigen Zieles beitragen können. Hierfür werden unterschiedliche Modelle abgeleitet, beschrieben und kritisch analysiert. Die in diesem zweiten Kapitel geschilderten ökonomischen, ökologischen und betrieblichen Überlegungen, bilden für dieses Vorgehen die essenzielle Grundlage bzw. unterstreichen die Notwendigkeit von lebenszyklusorientierten Strategien.

<sup>65</sup> VEIT, P.: Instandhaltung und Anlagenmanagement des Fahrwegs. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 1006

### 3 Ableitung lebenszyklusorientierter Ertragsmodelle

Die Ableitung von lebenszyklusorientierten Ertragsmodellen für den Vertrieb von Gleisinfrastrukturkomponenten erfordert zunächst einen Überblick über alle möglichen Varianten bzw. Mechanismen um monetäre Erträge einfangen zu können. Diese unterschiedlichen Philosophien – die in unterschiedlichen Branchen bereits erfolgreich umgesetzt wurden – beschreiben, wie ein Unternehmen mit dessen am Markt angebotenen Produkten bzw. Dienstleistungen einen finanziellen Gegenwert erzielen und damit auf lange Sicht dessen Fortbestehen sichern kann. Das Ziel dieses ersten Schrittes ist eine *Übersicht der möglichen Ertragsmechanismen*. Anschließend werden gleiche bzw. ähnliche Ertragsmechanismen einer übergeordneten Logik bzw. eines gemeinsamen Charakteristikums zugeordnet. Diese *Clusterung zu Ertragskonzepten* ermöglicht eine übersichtliche Darstellung aller möglichen Varianten. Im Kapitel *Ableitung lebenszyklusorientierter Ertragsmodelle* werden gleiche bzw. ähnliche Ertragsmechanismen gebündelt, anschließend werden deren Anwendbarkeit in Bezug auf die Gleisinfrastrukturkomponenten, im Sinne einer Lebenszyklusbetrachtung sowie die prozentuelle Auswirkung auf das Ertragsvolumen in einer Bewertungsmatrix durch einen sog. Applikabilitätsfaktor bestimmt. Des Weiteren werden die als geeignet eingeschätzten Konzepte zu konkreten Ertragsmodellen weiterentwickelt. Die detaillierte *Beschreibung geeigneter Ertragsmodelle* erfolgt demnach im Anschluss an das Ausschlussverfahren. Die nachfolgende schrittweise Ableitung lebenszyklusorientierter Ertragsmodelle ermöglicht schlussendlich deren vertiefte Analyse (Vgl. Kap. 5) unter Berücksichtigung der gleisspezifischen Randbedingungen (Vgl. Kap. 4).

#### 3.1 Übersicht möglicher Ertragsmechanismen

Bevor die einzelnen Ertragsmechanismen näher beschrieben werden erfolgt zunächst eine Definition, wie die Begriffe *Ertragskonzept*, *Ertragsmechanismus* und *Ertragsmodell* in weiterer Folge zu verstehen sind. In der nachfolgenden Abbildung werden die drei Begriffe in Abhängigkeit an ihren jeweiligen Detaillierungsgrad dargestellt.

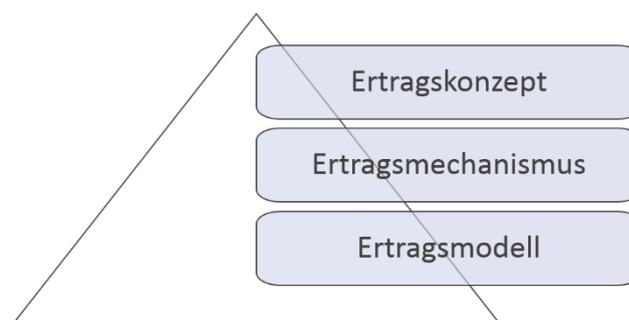


Bild 3-1 Einordnung der Ertragsbegriffe

Ein Ertragskonzept beschreibt demnach lediglich ein allgemeines, branchen- und unternehmensunabhängiges Charakteristikum bzw. eine generelle Idee wie Erträge eingefangen werden können. Ein Ertragsmechanismus beschreibt jeweils eine mögliche, stark vereinfachte Umsetzung eines Konzeptes, zumeist generischer Natur. Durch eine Konkretisierung des Ertragsmechanismus entsteht schlussendlich ein detailliertes und branchenspezifisches Ertragsmodell, welches in einem Unternehmen umgesetzt werden kann. Durch vereinfachte Ertragsmechanismen können die in der Praxis umgesetzten Philosophien übersichtlich dargestellt werden. Diese können wiederum einem Ertragskonzept zugeordnet werden, um eine Einteilung zu ermöglichen. Die Ausgestaltung von konkreten Ertragsmodellen für Gleisinfrastrukturkomponenten erfolgt auf Basis dieser Übersicht.

Wie bereits in Kapitel 2.1.2 erläutert, ist ein Ertragsmodell grundsätzlich ein Teil des Geschäftsmodells eines Unternehmens. Die Innovationsforscher *Gassmann, Frankenberger* und *Csik* von der St. Galler Business School haben in ihrem *Business Model Navigator* erforscht, dass 90% aller neuen Geschäftsmodelle nicht wirklich neu sind, sondern auf 55 Mustern basieren. Hierbei besitzen 36 der von den Autoren entwickelten Geschäftsmodell-Muster ein klar definiertes Ertragsmechanismus. Bei den übrigen 19 Mustern handelt es sich um allgemeine Geschäftsmodelle, bei welchen die Art und Weise der monetären Ertragsgenerierung nebensächlich ist bzw. unterschiedliche Mechanismen hierfür angewandt werden können. Hierunter fallen bspw. das Muster 11 *Digitalisierung*, das Muster 19 *From-Push-to-Pull* bzw. Lean Management oder das Muster 42 *Reverse Engineering* bzw. Imitieren von Konkurrenten. Weitere Muster behandeln lediglich die Geldbeschaffung bzw. eine Finanzierungsart (bspw. Nr. 8 *Crowdfunding*<sup>66</sup>) und haben eine Reduktion der Personalkosten (Nr. 45 *Self-Service*) oder eine alternative Vertriebsfläche (Nr. 46 *Shop-in-Shop*) bzw. Vertriebsart (Nr. 12 *Direct Selling*) zum Ziel.<sup>67</sup>

Nachfolgend werden die 36 für die Ableitung von Ertragsmechanismen relevanten Geschäftsmodell-Muster beschrieben sowie repräsentative Unternehmen für diese Muster aufgelistet. Dadurch wird die Frage beantwortet, wie Unternehmen, welche diese Geschäftsmodelle in der Praxis umgesetzt haben, mit den jeweiligen Strategien Erträge generieren. Die Nummerierung bezieht sich hierbei auf die ursprüngliche Bezifferung in der zitierten Originalquelle.

<sup>66</sup> Crowdfunding ist eine internetbasierte Finanzierungsmöglichkeit, bei der die kapitalsuchenden Projektinitiatoren auf einer Crowdfunding-Plattform für ihr Projekt werben, um dadurch das zur Projektrealisierung notwendige Kapital von einer Vielzahl von Kapitalgebern einzuwerben. Die Kapitalgeber können hierfür je nach Art des Crowdfunding eine monetäre oder eine nicht monetäre Gegenleistung erhalten. (Quelle: GABLER BANKLEXIKON: Crowdfunding. <https://www.gabler-banklexikon.de/definition/crowdfunding-81513/version-347448>. Datum des Zugriffs: 22.01.2020)

<sup>67</sup> Vgl. GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 17ff.

## Ableitung lebenszyklusorientierter Ertragsmodelle

Nr.	Bez.	Bsp.	Kurzbeschreibung	Ertragsmechanismus
1	Add-on	Ryanair, SAP, BMW	Ein Basisangebot wird zu einem wettbewerbsfähigen Preis angeboten, welches durch zahlreiche Extras erweitert werden kann. Diese treiben den Endpreis nach oben, wodurch der Kunde schlussendlich oftmals mehr als initial erwartet ausgibt. Sein Vorteil liegt in einem variablen Angebot, welches er an seine spezifischen Bedürfnisse anpassen kann.	Erhöhung des eigentlichen Kaufpreises durch Extras und Zusatzoptionen aus einer Aufpreisliste
3	Aikido	Swatch, Nintendo, Cirque du Soleil	AIKIDO ist eine japanische Kampfkunst, in der die Stärke eines Angreifers gegen ihn selbst verwendet wird. In Form eines Geschäftsmodells bedeutet AIKIDO, dass ein Unternehmen etwas anbietet, das diametral zum Paradigma der Konkurrenz entgegensteht. Dieses neue Angebot zieht vor allem jene Kunden an, die Ideen oder Konzepte jenseits des Mainstream-Angebots bevorzugen.	Quasi beliebige Preisgestaltung durch Alleinstellungsmerkmale
4	Auction	eBay, Zopa, MyHammer	Die Idee dieses Musters besteht darin, ein Produkt oder eine Dienstleistung an den Höchstbietenden zu verkaufen. Der Endpreis wird festgestellt, wenn eine bestimmte Endzeit erreicht oder kein höheres Angebot gemacht wird. Dies ermöglicht dem Unternehmen die höchste Zahlungsbereitschaft des Kunden abzuschöpfen. Der Kunde profitiert von der Möglichkeit, Einfluss auf den Preis eines Produkts ausüben zu können.	Finaler Kaufpreis wird durch eine Versteigerung bestimmt
5	Barter	P&G, Pepsi, Lufthansa	BARTER sind Tauschgeschäfte, durch die eine Ware ohne den Austausch monetärer Leistungen an den Kunden übergeben wird. Der Kunde bietet im Gegenzug etwas, das dem Unternehmen von Wert ist. Die ausgetauschten Güter müssen keine direkte Verbindung aufweisen und werden in der Regel von beiden Parteien unterschiedlich bewertet.	Unentgeltliches Kooperationsgeschäft
6	Cash Machine	American Express, Amazon, PayPal	CASH MACHINE bedeutet, dass ein Unternehmen schneller Einnahmen generiert, als es die hierfür notwendigen Ausgaben tätigen muss. Durch den negativen Geldumschlag kommt es zur Freisetzung zusätzlicher Liquidität, welche für anderweitige Zwecke, wie zum Beispiel zur Schuldentilgung oder Investition, aufgewendet werden kann.	Geldumschlag = durchschn. Lagerdauer + Zahlungsziel des Kunden - Zahlungsziel der Lieferanten
7	Cross Selling	Shell, Tchibo, Aldi	In diesem Muster wird das Leistungsangebot eines Unternehmens um komplementäre Produkte und Dienstleistungen ergänzt. Das Ziel dieses Musters besteht darin, Zusatzverkäufe zu dem bereits bestehenden Leistungsangebot des Unternehmens zu generieren. Hierdurch lassen sich sowohl die bestehenden Kundenbeziehungen, als auch die Ressourcen und Fähigkeiten des Unternehmens besser nutzen.	Kontinuierliche Zusatzverkäufe zum bestehenden Leistungsangebot
10	Customer Loyalty	American Airlines	Ziel dieses Musters ist die Loyalisierung von Kunden, indem diese in Form von Bonusprogrammen für ihre Treue belohnt werden. Durch die Belohnung entsteht eine emotionale Beziehung zu dem Unternehmen, welche die Kunden wiederum stärker an das Unternehmen bindet.	Mehreinnahmen durch Bonusprogramme
13	E-Commerce	Dell, Amazon, Dollar Shave Club	Traditionelle Produkte oder Dienstleistungen werden über Online-Kanäle angeboten. Hierdurch können die Kosten für den Betrieb einer physischen Infrastruktur umgangen werden. Kunden profitieren von einer höheren Verfügbarkeit, während das Unternehmen in der Lage ist, seinen Vertrieb mit internen Prozessen stärker zu integrieren.	Digitale Verkaufsstrategien (bspw. Datamining und ähnliche Analysen)
14	Experience Selling	Harley Davidson, IKEA, Red Bull	Neben der Bereitstellung von Produkten oder Dienstleistungen stehen die damit verbundenen Eindrücke und Erlebnisse des Kunden im Mittelpunkt. Die wahrnehmbare Umwelt des Kunden wird im Rahmen dieses Musters aktiv beeinflusst, zum Beispiel indem Promotion, Ladeneinrichtung, Verkaufspersonal, Produktfunktionalität und Verpackung konsistent aufeinander abgestimmt werden.	Höhere Umsätze bzw. Preise durch eine Emotionalisierung von Produkten bzw. Dienstleistungen

Bild 3-2 Ertragsmechanismen der Geschäftsmodell-Muster nach Gassmann et al.<sup>68</sup>

<sup>68</sup> weiterentwickelt aus: GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 75

## Ableitung lebenszyklusorientierter Ertragsmodelle

Nr.	Bez.	Bsp.	Kurzbeschreibung	Ertragsmechanismus
15	Flatrate	SBB, Sandals Resorts, Netflix	Bei diesem Muster zahlt der Kunde einen Pauschalpreis für eine Leistung und kann diese hierfür in unbegrenzten Mengen nutzen. Der Kunde muss sich hierdurch nicht in seinem Konsum einschränken und behält die volle Kostenkontrolle.	Pauschalpreis für unbegrenzten Konsum
16	Fractionalized Ownership	Hapimag, NetJets, écurie25	FRACTIONALIZED OWNERSHIP beschreibt den geteilten Erwerb eines Objekts innerhalb einer Gemeinschaft von Eigentümern. Typischerweise handelt es sich dabei um ein kapitalintensives Produkt, welches jedoch nicht häufig benötigt wird. Der Kunde profitiert von den Eigentumsrechten, ohne dafür das gesamte Kapital allein zur Verfügung stellen zu müssen.	Stückelung des Kaufpreises an mehrere Käufer des selben Produktes bzw. der selben Dienstleistung
17	Franchising	McDonald's, Starbucks, McFit	FRANCHISING bezeichnet eine Kooperation, bei der ein sogenannter Franchise-Geber einem Franchise-Nehmer die kommerzielle Nutzung seines Geschäftskonzepts für ein Entgelt überlässt. Der Franchise-Geber besitzt den Markennamen, die Produkte und die Corporate Identity. Diese werden an unabhängige Franchise-Nehmer lizenziert, die das Risiko der lokalen Operationen tragen.	Verkauf und kooperative Nutzung eines Geschäftskonzepts
18	Freemium	Skype, Spotify, Dropbox	Die Basisversion eines Angebots wird gratis offeriert, wohingegen für die Premiumversion ein entsprechender Aufpreis verlangt wird. Mit der kostenlosen Bereitstellung der Basisversion soll eine möglichst große Nutzergruppe gewonnen werden, in der sich - so die Hoffnung - genügend Nutzer finden lassen, welche bereit sind, für die Premiumversion zu bezahlen.	Gratis Basisversion, kostenpflichtige Premiumversion (Vgl. Nr. 33)
20	Guaranteed Availability	NetJets, IBM, Hilti	Im Rahmen dieses Musters wird auf ein Produkt oder eine Dienstleistung eine Art Verfügbarkeitsgarantie vergeben, wodurch dieses jederzeit von dem Kunden genutzt werden kann. Ziel ist das Minimieren von Ausfallkosten, welche durch die Nicht-Verfügbarkeit entstehen.	Verkauf eines Produktes oder eines Servicepaketes mit gekoppelter Verfügbarkeitsgarantie
21	Hidden Revenue	JCDecaux, Google, Facebook	Bei diesem Muster generiert ein Unternehmen seinen Hauptumsatz nicht durch das Verkaufen eines Produkts oder einer Dienstleistung, sondern durch das Kommerzialisieren einer Werbefläche, welche daran geknüpft ist. Hierdurch ergibt sich die Konstellation, in der das Unternehmen seine Einnahmen nicht durch die klassischen Kunden als solches, sondern durch die Werbekunden generiert, wodurch es zu einer Trennung von Einkommen und Kunde kommt.	Kommerzialisierung einer Werbefläche in Verbindung mit dem verkauften Produkt substituiert den Kaufpreis teilweise oder vollständig
25	Leverage Customer Data	Amazon, Google, Facebook	Im Zentrum dieses Musters steht das Sammeln von Kundendaten, um diese im Anschluss gewinnbringend nutzen zu können. Möglichkeiten zur Kommerzialisierung bieten sich bspw. durch den direkten Verkauf der Daten an Dritte oder durch die eigene Nutzung, z. B. zur Verbesserung der Wirksamkeit von Werbung.	Verkauf von Informationen aus gesammelten Kundendaten
26	License	IBM, ARM Ltd., Walt Disney	Das Unternehmen konzentriert sich auf die Entwicklung von geistigem Eigentum, welches an andere Unternehmen lizenziert wird. Im Fokus stehen somit nicht die eigene Umsetzung und Verwertung von Wissen in Form von eigenen Produkten, sondern vielmehr die Kommerzialisierung seiner Nutzungsrechte.	Einnahmen durch Lizenzgebühren von diversen Produkten bzw. Dienstleistungen
27	Lock-in	Gillette, Microsoft, Nestlé Nespresso	Kunden werden in dem Ökosystem eines Anbieters „eingesperrt“. Der Wechsel zu anderen Anbietern ist durch erhebliche Umstellungskosten deutlich erschwert, was das Unternehmen davor schützen soll, Kunden zu verlieren. LOCK-IN wird entweder durch technologische Mechanismen oder erhebliche Interdependenzen von Produkten oder Dienstleistungen erzeugt.	Quersubventionierung eines (günstigen) Basisprodukts durch das Erzwingen eines Kaufes von Komplementärprodukten (Vgl. Nr. 39)
28	Long Tail	eBay, Netflix, YouTube	Statt sich auf Blockbuster-Produkte zu konzentrieren, wird der Hauptteil der Einnahmen durch einen "LONG TAIL" an Nischenprodukten generiert. Einzeln werden diese Produkte weder in großen Mengen nachgefragt, noch ermöglichen sie hohe Margen. Wenn jedoch eine hohe Anzahl davon in ausreichend großen Mengen angeboten wird, können sich diese lukrativ kleine Gewinne aufsummieren.	Verkauf von vielen verschiedenen Nischenprodukten

Fortsetzung Bild 3-2

## Ableitung lebenszyklusorientierter Ertragsmodelle

Nr.	Bez.	Bsp.	Kurzbeschreibung	Ertragsmechanismus
29	Make more of it	Porsche, Amazon, BASF	Know-how und andere verfügbare Ressourcen eines Unternehmens werden nicht nur zur Herstellung eigener Produkte verwendet, sondern darüberhinaus auch anderen Unternehmen in Form einer externen Dienstleistung zur Verfügung gestellt. Ziel ist die Multiplikation von Kompetenzen außerhalb des Kerngeschäfts.	Verkauf von Innovationsvorsprüngen als Dienstleistung
30	Mass Customization	Dell, Levi's, mymuesli	Ein Produkt wird an die individuellen Bedürfnisse des Kunden angepasst, wobei ähnliche Effizienzbedingungen wie bei der Herstellung eines Massenprodukts vorherrschen. Hierdurch erhält der Kunde ein auf sich zugeschnittenes Produkt, ohne einen signifikanten Aufpreis zahlen zu müssen. Möglich gemacht wird dies durch den Einsatz von modularisierten Produktarchitekturen, da diese zu einer Vielfalt an kostengünstigen Produktvarianten führen.	Verkauf individuell anpassbarer Massenprodukte
31	No Frills	Southwest Airlines, Ford	Ein Produkt oder eine Dienstleistung wird auf seinen bzw. ihren Kern reduziert. Die hierdurch realisierten Kosteneinsparungen werden dabei mit dem Kunden geteilt, was eine Kundschaft mit geringerer Kaufkraft oder Zahlungsbereitschaft anspricht.	Verkauf von Massenprodukten als Kostenführer (Vgl. Nr. 50)
32	Open Business Model	Valve Corporation, Abril	In einem offenen Geschäftsmodell gestaltet sich die Zusammenarbeit mit Partnern als eine zentrale Quelle der Wertschöpfung. Unternehmen, die ein offenes Geschäftsmodell verfolgen, suchen aktiv nach neuen Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit Lieferanten, Kunden oder anderen Teilnehmern des Ökosystems, um ihr Geschäft zu öffnen und zu erweitern.	Neue Ertragsströme kooperativ erschließen
33	Open Source	IBM, Mozilla, Wikipedia	Im Rahmen dieses Musters wird ein Produkt nicht von einem einzelnen Unternehmen, sondern von einer öffentlichen Community entwickelt. Geld verdient wird in der Regel durch Dienstleistungen, die komplementär zu dem Produkt angeboten werden, wie z. B. Beratung oder Support.	Gratis Basisversion, kostenpflichtige Zusatzleistungen (Vgl. Nr. 18)
35	Pay per Use	Google, Share now	PAY PER USE bedeutet, dass eine Leistung nicht pauschal, sondern nach ihrer effektiven Nutzung abgerechnet wird. Hierdurch bezahlt der Kunde nur für das, was er tatsächlich verbraucht. Das Unternehmen ist so in der Lage, Kunden anzuziehen, die zusätzliche Flexibilität schätzen.	Fortlaufende nutzungsabhängige Erträge
37	Peer-to-Peer	eBay, Craigslist, Airbnb	Ein Unternehmen positioniert sich als eine Art Anlaufstelle für die zwischenmenschlichen Bedürfnisse einer Gesellschaft, indem es sich auf das Vermitteln von Transaktionen zwischen Privatpersonen spezialisiert. Diese können bspw. in dem Verleihen persönlicher Gegenstände, dem Anbieten von bestimmten Dienstleistungen und Produkten oder dem Teilen von Informationen und Erfahrungswerten bestehen.	Transaktionsgebühren oder andere indirekte Umsatzformen durch die Vermittlung von zwei Parteien
38	Performance-based Contracting	Rolls-Royce, BASF, Xerox	Der Preis für ein Produkt ermittelt sich nicht nach seinem physischen Wert, sondern auf Basis der Leistung, welche damit erbracht wird. Der Hersteller des Produkts ist oftmals stark in den Leistungserstellungsprozess seines Kunden integriert. Spezielles Know-how und Skaleneffekte führen zu niedrigeren Produktions- und Wartungskosten, die an den Kunden weitergegeben werden. Eine Extremvariante dieses Musters stellen sogenannte Betreibermodelle dar, bei denen das Produkt im Besitz des Unternehmens verbleibt und von diesem betrieben wird.	Fortlaufende leistungsabhängige Erträge - Betreibermodell
39	Razor and Blade	Gillette, Hewlett-Packard, Nestlé Nespresso	Das Basisprodukt wird günstig oder gar umsonst angeboten. Das Komplementärprodukt hingegen, welches zur Nutzung des Basisprodukts erforderlich ist, ist teuer und für den Hauptumsatz des Unternehmens verantwortlich. Der niedrige Preis des Basisprodukts senkt die anfängliche Kaufschwelle der Kundschaft, während die folgenden wiederkehrenden Umsätze der Komplementärprodukte zu dessen Quersubventionierung verwendet werden. Es ist üblich, dass das Produkt und die Verbrauchsmaterialien technologisch aneinander gebunden sind, um den Effekt zu verstärken.	Quersubventionierung eines (günstigen) Basisprodukts durch das Erzwingen eines Kaufes von Komplementärprodukten (Vgl. Nr. 27)

Fortsetzung Bild 3-2

## Ableitung lebenszyklusorientierter Ertragsmodelle

Nr.	Bez.	Bsp.	Kurzbeschreibung	Ertragsmechanismus
40	Rent Instead of Buy	Xerox, Mobility Carsharing	Bei diesem Muster wird ein Produkt nicht vom Kunden gekauft, sondern stattdessen von diesem gemietet. Durch das Entfallen der Anschaffungskosten vergrößert sich der finanzielle Spielraum des Nutzers, wodurch sich dieser ehemals unerschwingliche Produkte leisten kann. Zudem können teure Kapitalbindungskosten vermieden werden.	Fortlaufende Erträge in festgelegten Zeitintervallen -Miete (Vgl. Nr. 48)
47	Solution Provider	Tetra Pak, Würth, 3M Services	Ein Unternehmen bietet seinen Kunden nicht nur seine Produkte, sondern eine umfassende Gesamtlösung an integrierten Produkt- und Dienstleistungsangeboten. Da das Unternehmen den gesamten Bedarf rund um das Kundenproblem abdeckt, agiert es als der "Single Point of Contact" des Kunden. Der enge Kontakt mit dem Kunden kann dazu genutzt werden, um wichtige Informationen über ihre Nutzungsgewohnheiten und Bedürfnisse zu gewinnen und so die eigenen Produkte und Dienstleistungen zu verbessern.	Eigentliches Produkt wird inkl. individueller Serviceleistungen und Verbrauchsmaterialien in einem Paket angeboten
48	Subscription	Blacksocks, Netflix, Spotify	Der Kunde bezieht in regelmäßigen Abständen eine Leistung. Die Nutzungsfrequenz und -dauer werden dabei vertraglich mit dem Unternehmen vereinbart und vom Kunden im Voraus oder in regelmäßigen Zeitabständen bezahlt. Während Kunden vor allem von geringeren Nutzungskosten und einer vereinfachten Wiederbeschaffung profitieren, erwirtschaftet das Unternehmen eine stetige Einnahmenquelle.	Fortlaufende Erträge in festgelegten Zeitintervallen - Abonnement (Vgl. Nr. 40)
49	Supermarket	Home Depot, Best Buy, Fressnapf	Im Rahmen dieses Musters bietet ein Unternehmen seinen Kunden eine große Produktvielfalt zu vergleichsweise niedrigen Preisen an. Durch die bewusste Ausweitung des Produktangebots lässt sich ein breites Spektrum an potenziellen Kundenwünschen abdecken. Die gebündelte Nutzung von Vertriebskanälen führt zu einer Realisierung von Größen- und Verbundvorteilen.	Verkauf einer Vielzahl an unterschiedlichen Produkten
50	Target the Poor	Hindustan Unilever, Tata Nano, Walmart	Die angebotenen Produkte oder Dienstleistungen sind nicht auf Premium-Kunden ausgerichtet, sondern auf das Kundensegment, das sich am Fuße der Welteinkommenspyramide befindet. Das Adressieren dieser Konsumentengruppe ist aufgrund ihrer breiten Masse mit großen Ertragsströmen verbunden, auch wenn die Margen der einzelnen Leistungen vergleichsweise gering sind.	Verkauf von Massenprodukten als Kostenführer (Vgl. Nr. 31)
51	Trash-to-Cash	Der Grüne Punkt (DSD), Freitag/lab.ag, H&M	Dieses Muster beschreibt die Wiederverwertung gebrauchter Güter. Abfall- oder Nebenprodukte werden von Unternehmen gekauft, zu neuen Waren verarbeitet und im selben oder in anderen Märkten wieder verkauft. Während die Beschaffungskosten für das Unternehmen hierdurch nahezu eliminiert werden, profitiert der Lieferant von der Möglichkeit einer günstigen Abfallsorgung. Beim Endkunden wird ein potenzielles Umweltbewusstsein adressiert.	Verkauf von verarbeiteten Abfällen- bzw. Nebenprodukten (Upcycling)
53	Ultimate Luxury	Lamborghini, Jumeirah Group	Dieses Muster beschreibt die Strategie eines Unternehmens, sich auf die oberste Ebene der Einkommenspyramide zu konzentrieren. Um die entsprechende Kundschaft anzusprechen, stehen höchste Qualität und exklusive Privilegien im Mittelpunkt. Die notwendigen Investitionen für diese Differenzierung werden durch hohe Preise und Margen gedeckt.	Verkauf von Luxusprodukten bzw. -dienstleistungen zu hohen Margen
54	User Designed	Lego Factory, Amazon Kindle, Apple	Bei diesem Muster ist nicht, wie sonst üblich, das Unternehmen, sondern der Kunde der Erfinder und Verkäufer eines Produkts. Das Unternehmen ist lediglich dafür verantwortlich, den Kunden in der Realisierung seines unternehmerischen Vorhabens zu unterstützen. Es kann hierdurch von der Schöpfungskraft seiner Kunden profitieren. Für den Kunden liegt der Reiz dieses Musters darin, dass er in die Rolle des erfinderischen Unternehmers schlüpfen kann, ohne eine eigene Infrastruktur besitzen zu müssen.	Umsatzbeteiligung wenn zur Verfügung gestellte Services bzw. Produkte vom Kunden verwendet werden

Fortsetzung Bild 3-2

Die in diesem Kapitel dargestellten und beschriebenen Geschäftsmodell-Muster bzw. deren Ertragsmechanismen stellen die Grundlage für die weitere Bearbeitung dar.

### 3.2 Clusterung von Ertragsmechanismen

In weiterer Folge werden die beschriebenen Ertragsmechanismen jeweils einem entsprechenden Ertragskonzept zugeordnet, um eine übersichtliche Darstellung der selbigen zu ermöglichen. Die unterschiedlichen Grundlogiken, mit welchen Unternehmen Erträge erwirtschaften können, sind in dem nachfolgenden Diagramm dargestellt.

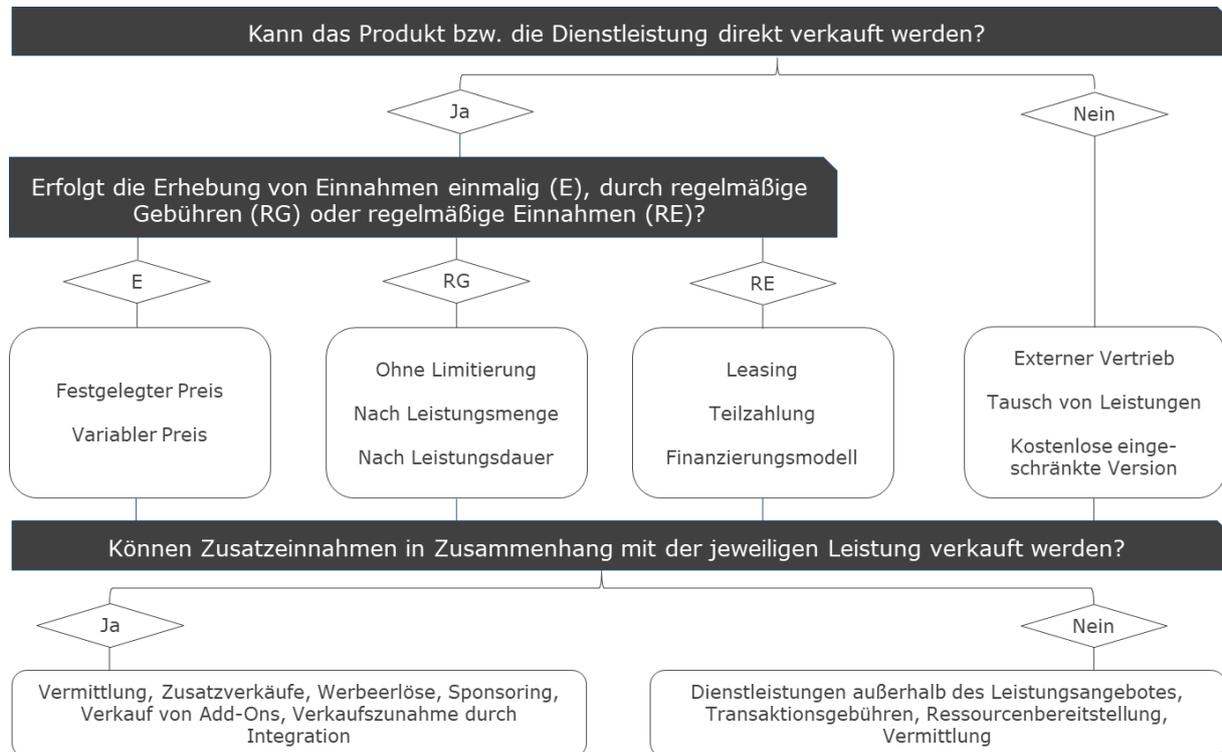


Bild 3-3 Übersicht von Ertragskonzepten mit Beispielen (Cash-In-Toolbox)<sup>69</sup>

Aus der dargestellten *Cash-In-Toolbox* lassen sich die folgenden vier Ertragskonzepte ableiten:

- *Ertragskonzept 1: Einmalige Einnahmen*

Der Unternehmensertrag wird durch einen einmaligen Verkauf eines Produktes oder einer Dienstleistung generiert; bspw. durch den Verkauf von *one-way* oder *round trip* Zugtickets.

- *Ertragskonzept 2: Regelmäßige Gebühren / Einnahmen*

Durch die wiederholte Nutzung eines Produktes oder einer Dienstleistung entstehen Gebühren, welche zu regelmäßigen Unternehmenserträgen führen; bspw. durch den Verkauf von Monats- und Jahresticket. Alternativ hierzu können regelmäßige Zahlungen, welche beim Erwerb eines Produktes oder einer Dienstleistung vertraglich vereinbart werden (u.a.

<sup>69</sup> weiterentwickelt aus: KANDOLF, T.: Systematische Geschäftsmodellentwicklung – Der Weg zum marktfähigen Geschäftsmodell. S. 88

in Form eines Tilgungsplanes oder monatlichen Leasingraten), den Unternehmensertrag generieren; bspw. durch das Vermieten einer Wohnung.

- *Ertragskonzept 3: Kein direkter Verkauf möglich*

Das Produkt bzw. die Dienstleistung kann nicht direkt für einen monetären Gegenwert an den Kunden veräußert werden; bspw. kostenlose Apps für das Smartphone.

- *Ertragskonzept 4: Quersubventionierung*

Der Großteil bzw. in extremen Fällen sogar die Gesamtheit der Unternehmenserträge werden durch den Verkauf von Komplementärprodukten und Serviceleistungen des Basisproduktes bzw. der Basisdienstleistung generiert; bspw. bei einem Klingenrasierer.

Eine konkrete Zuordnung der in Kapitel 3.1 beschriebenen Geschäftsmodell-Mustern bzw. deren Ertragsmechanismen, zu einer der sechs angeführten Kategorien ist in Einzelfällen nicht möglich. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass bei der jeweiligen Unternehmensstrategie unterschiedliche Ertragskonzepte für die Erwirtschaftung von Unternehmenserträgen in Frage kommen. Daher ist ein zusätzliches *Ertragskonzept 5: Diverses* erforderlich.

Unter *Ertragskonzept 1 – Einmalige Einnahmen* fallen hierbei folgende **12** Geschäftsmodell-Muster bzw. Ertragsmechanismen:

- Nr. 4 Auction: Finaler Kaufpreis wird durch eine Versteigerung bestimmt
- Nr. 16 Fractionalized Ownership: Stückelung des Kaufpreises an mehrere Käufer desselben Produktes bzw. derselben Dienstleistung
- Nr. 25 Leverage Customer Data: Verkauf gesammelter Kundendaten
- Nr. 28 Long Tail: Verkauf von vielen verschiedenen Nischenprodukten
- Nr. 29 Make more of it: Verkauf von Innovationsvorsprüngen als Dienstleistung
- Nr. 30 Mass Customization: Verkauf individuell anpassbarer Massenprodukten
- Nr. 31 No Frills: Verkauf von Massenprodukten als Kostenführer
- Nr. 47 Solution Provider: Eigentliches Produkt wird inkl. individuelle Serviceleistungen und Verbrauchsmaterialien in einem Paket angeboten
- Nr. 49 Supermarket: Verkauf einer Vielzahl unterschiedlicher Produkte
- Nr. 50 Target the Poor: Verkauf von Massenprodukten als Kostenführer
- Nr. 51 Trash-to-Cash: Verkauf von weiterverarbeiteten Abfall- bzw. Nebenprodukten
- Nr. 53 Ultimate Luxury: Verkauf von Luxusprodukten bzw. -dienstleistungen zu hohen Margen

Dem *Ertragskonzept 2 – Regelmäßige Gebühren / Einnahmen* können die folgenden **8** Geschäftsmodell-Muster bzw. Ertragsmechanismen zugeordnet werden:

- Nr. 15 Flatrate: Pauschalpreis für unbegrenzten Konsum
- Nr. 17 Franchising: Verkauf und kooperative Nutzung eines Geschäftskonzepts
- Nr. 20 Guaranteed Availability: Verkauf eines Produktes oder eines Servicepaketes mit gekoppelter Verfügbarkeitsgarantie
- Nr. 26 License: Einnahmen durch Lizenzgebühren von diversen Produkten bzw. Dienstleistungen
- Nr. 35 Pay per Use: Fortlaufende nutzungsabhängige Erträge
- Nr. 38 Performance-based Contracting: Fortlaufende leistungsabhängige Erträge
- Nr. 40 Rent Instead of Buy: Fortlaufende Erträge in festgelegten Zeitintervallen
- Nr. 48 Subscription: Fortlaufende Erträge in festgelegten Zeitintervallen

Dem *Ertragskonzept 3 – Kein direkter Verkauf möglich* entsprechen folgende **6** Geschäftsmodell-Muster bzw. Ertragsmechanismen:

- Nr. 5 Barter: Entgeltloses Kooperationsgeschäft
- Nr. 18 Freemium: Gratis Basisversion, kostenpflichtige Premiumversion
- Nr. 21 Hidden Revenue: Kommerzialisierung einer Werbefläche in Verbindung mit dem verkauften Produkt substituiert den Kaufpreis teilweise oder vollständig
- Nr. 33 Open Source: Gratis Basisversion, kostenpflichtige Zusatzleistungen
- Nr. 37 Peer-to-Peer: Transaktionsgebühren oder andere indirekte Umsatzformen durch die Vermittlung von zwei Parteien
- Nr. 54 User Designed: Umsatzbeteiligung, wenn zur Verfügung gestellte Services bzw. Produkte vom Kunden verwendet werden

Das *Ertragskonzept 4 – Quersubventionierung* beschreibt die folgenden **4** Geschäftsmodell-Muster bzw. Ertragsmechanismen:

- Nr. 1 Add-on: Erhöhung des eigentlichen Kaufpreises durch Extras und Zusatzoptionen aus einer Aufpreisliste
- Nr. 7 Cross Selling: Kontinuierliche Zusatzverkäufe zum bestehenden Leistungsangebot
- Nr. 27 Lock-in: Quersubventionierung eines (günstigen) Basisproduktes durch das Erzwingen eines Kaufes von Komplementärprodukten
- Nr. 39 Razor and Blade: Quersubventionierung eines (günstigen) Basisproduktes durch das Erzwingen eines Kaufes von Komplementärprodukten

Die abschließenden **6** Geschäftsmodell-Muster bzw. Ertragsmechanismen sind dem *Ertragskonzept 5 – Diverses* zuzuordnen.

- Nr. 3 Aikido: Quasi beliebige Preisgestaltung durch Alleinstellungsmerkmale
- Nr. 6 Cash Machine: Geldumschlag = durchschnittliche Lagerdauer + Zahlungsziel des Kunden - Zahlungsziel der Lieferanten
- Nr. 10 Customer Loyalty: Mehreinnahmen durch Bonusprogramme
- Nr. 13 E-Commerce: Digitale Verkaufsstrategien (bspw. Datamining und ähnliche Analysen)
- Nr. 14 Experience Selling: Höhere Umsätze bzw. Preise durch eine Emotionalisierung von Produkten bzw. Dienstleistungen
- Nr. 32 Open Business Model: Neue Ertragsströme kooperativ erschließen

Die Verteilung der zuvor beschriebenen 36 Ertragsmechanismen (Vgl. Kap. 3.1) in Abhängigkeit an das übergeordnete Ertragskonzept ist nachfolgend dargestellt.

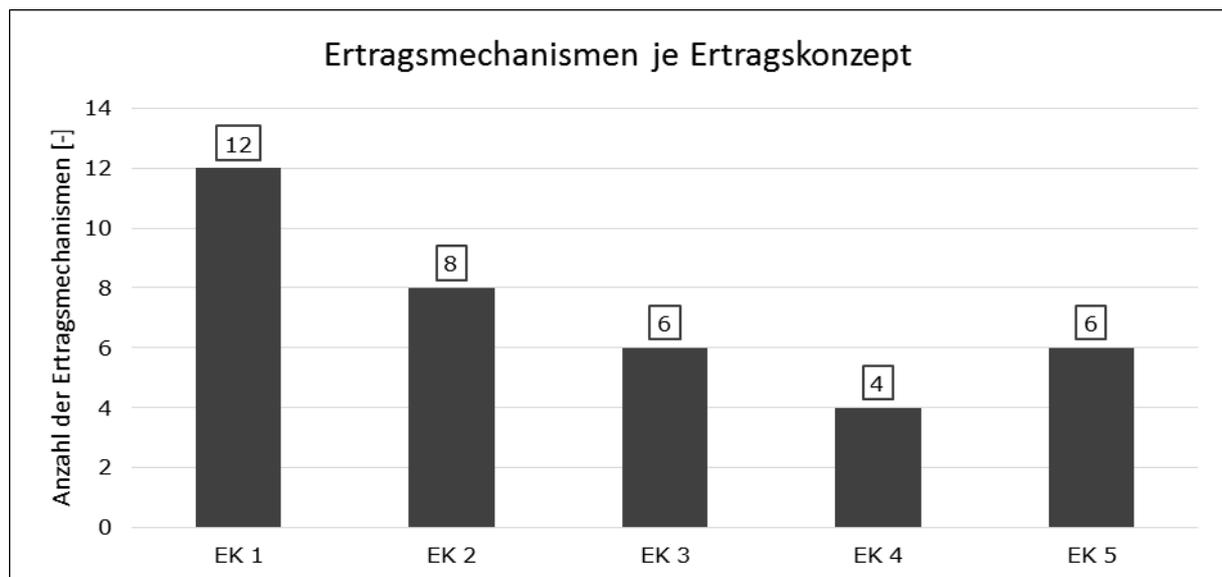


Bild 3-4 Ertragsmechanismen je Ertragskonzept

### 3.3 Ableitung lebenszyklusorientierter Ertragsmodelle

In weiterer Folge werden aus den zuvor beschriebenen, allgemeingültigen Ertragsmechanismen konkrete, lebenszyklusorientierte Ertragsmodelle für den Vertrieb von Gleisinfrastrukturkomponenten abgeleitet. Hierfür werden zunächst ähnliche bzw. artverwandte Er-

tragsmechanismen gebündelt und anschließend zusammengefasst beurteilt. Die grundsätzliche Applikabilität der einzelnen bzw. kombinierten Ertragsmechanismen wird anschließend mittels drei unterschiedlicher Kriterien beurteilt, welche in Kapitel 3.3.2 näher erläutert werden.

### 3.3.1 Bündelung artverwandter Ertragsmechanismen

In Summe kennzeichnen sich acht Ertragsmechanismen eines Geschäftsmodell-Musters, die in Tabelle 3-1 mit der Anmerkung (*Vgl. Nr. XX*) versehen wurden, durch eine starke Überschneidung mit einem zweiten Muster. Um eine doppelte Bewertung ähnlicher bzw. artverwandter Ertragslogiken zu vermeiden, werden diese nachfolgend zusammengefasst behandelt. In der anschließenden Bewertung werden ausschließlich die niedrigeren Bezifferungen als Erkennungsnummer beibehalten und die jeweils kombinierten bzw. gemeinsamen Ertragsmechanismus angeführt. Durch dieses Vorgehen verringert sich die Anzahl der zu bewertenden Varianten von 36 auf 32.

Die nachfolgenden Ertragsmechanismen werden in weiterer Folge kombiniert betrachtet:

- Nr. 18 Freemium und Nr. 33 Open Source (*EK 3: Kein direkter Verkauf möglich*)

Kombinierter/Gemeinsamer Ertragsmechanismus: Gratis Basisversion, kostenpflichtige Premium-/Zusatzversion.

- Nr. 27 Lock-In und Nr. 39 Razor and Blade (*EK 4: Quersubventionierung*)

Kombinierter/Gemeinsamer Ertragsmechanismus: Quersubventionierung eines (günstigen) Basisprodukts durch das Erzwingen eines Kaufes von Komplementärprodukten.

- Nr. 31 No Frills und Nr. 50 Target the Poor (*EK 1 – Einmalige Einnahmen*)

Kombinierter/Gemeinsamer Ertragsmechanismus: Verkauf von Massenprodukten als Kostenführer.

- Nr. 40 Rent Instead of Buy und Nr. 48 Subscription (*EK 2 Regelmäßige Gebühren / Einnahmen*)

Kombinierter/Gemeinsamer Ertragsmechanismus: Fortlaufende Erträge in festgelegten Zeitintervallen.

### 3.3.2 Eignungsbewertung

Für eine aussagekräftige Eignungsbewertung sind valide und objektiv bewertbare Kriterien entscheidend. Für die Bewertung der 32 Ertragsmechanismen werden hierfür die folgenden drei Applikabilitätskriterien herangezogen:

- Anwendbarkeit für Ertragsmodelle von Gleisinfrastrukturkomponenten (GIK)

Bei diesem ersten Bewertungskriterium wird untersucht, ob sich der jeweilige Ertragsmechanismus für einen Einsatz im Vertrieb von Gleisinfrastrukturkomponenten eignet. Die Bewertung erfolgt hierbei von (5) völlige Applikabilität, über (3) teilweise Applikabilität, bis zu (1) keine Applikabilität.

- Anwendbarkeit im Sinne der Lebenszyklusbetrachtung (LZB)

Durch das zweite Bewertungskriterium wird evaluiert, ob sich der jeweilige Ertragsmechanismus als Grundlage für die Entwicklung eines lebenszyklusorientierten Ertragsmodells eignet. Die Bewertung erfolgt hierbei abermals von (5) völlige Applikabilität, über (3) teilweise Applikabilität, bis zu (1) keine Applikabilität.

- Anwendbarkeit in Bezug auf das Ertragsvolumen (EV)

Das dritte und abschließende Bewertungskriterium beurteilt, ob der jeweilige Ertragsmechanismus für die gesamten Umsätze eines Unternehmens umgesetzt werden kann (sog. Hauptleistung) oder nur für einen Bruchteil der am Markt angebotenen Produkte bzw. Dienstleistungen (sog. Nebenleistung) Anwendung findet. Es erfolgt an dieser Stelle eine Einordnung von (5) mehr als 90% des Umsatzes betroffen, über (3) weniger als die Hälfte des Umsatzes betroffen, bis (1) weniger als 10% des Umsatzes betroffen.

Das Ziel dieser Eignungsbewertung ist die Bestimmung eines sog. Applikabilitätsfaktors (A) für jedes der bisher abgeleiteten Ertragsmechanismen (Vgl. Kap. 3.1 & 3.2). Beträgt der Faktor A mehr als 4, wird die Ertragslogik bzw. das dahinterliegende Geschäftsmodell-Muster in der folgenden Entwicklung für die Gleisinfrastrukturkomponenten geeigneter Ertragsmodelle als Grundlage herangezogen. (Vgl. Kap. 3.4.1-3.4.5) Liegt der Faktor A zwischen 2,5 und 4 werden ebenfalls theoretisch mögliche Ertragsmodelle beschrieben (Vgl. Kap. 3.4.6), diese werden im weiteren Verlauf aufgrund ihrer schlechteren Eignung jedoch nicht weiter verfolgt. Ertragsmechanismen mit einem Faktor A von kleiner als 2,5 werden nur in Ausnahmefällen und bei nicht weiter verfolgten Ertragsmodellen (Vgl. Kap. 3.4.6) berücksichtigt.

## Ableitung lebenszyklusorientierter Ertragsmodelle

Nr.	Bez.	Ertragsmechanismus	GIK	LZB	EV	A
<b>Ertragskonzept 1 - Einmalige Einnahmen</b>						
4	Auction	Finaler Kaufpreis wird durch eine Versteigerung bestimmt.	1	1	5	2,3
16	Fractionalized Ownership	Stückelung des Kaufpreises an mehrere Käufer.	1	3	5	3,0
25	Leverage Customer Data	Verkauf von Informationen aus gesammelten Kundendaten.	1	5	1	2,3
28	Long Tail	Verkauf von vielen verschiedenen Nischenprodukten.	3	3	3	3,0
29	Make more of it	Verkauf von Innovationsvorsprüngen als Dienstleistung.	3	3	1	2,3
30	Mass Customization	Verkauf individuell anpassbaren Massenprodukten.	3	3	5	3,7
31	No Frills	Verkauf von Massenprodukten als Kostenführer.	5	3	5	4,3
47	Solution Provider	Verkauf inkl. individuelle Serviceleistungen und Verbrauchsmaterialien in einem Paket.	5	3	5	4,3
49	Supermarket	Verkauf einer Vielzahl an unterschiedlichen Produkten.	3	3	5	3,7
51	Trash-to-Cash	Verkauf von neu verarbeiteten Abfällen- bzw. Nebenprodukten.	3	5	1	3,0
53	Ultimate Luxury	Verkauf von Luxusprodukten bzw. -dienstleistungen zu hohen Margen.	1	3	5	3,0
<b>Ertragskonzept 2 – Regelmäßige Gebühren / Einnahmen</b>						
15	Flatrate	Pauschalpreis für unbegrenzten Konsum.	3	5	3	3,7
17	Franchising	Verkauf und kooperative Nutzung eines Geschäftskonzepts.	1	5	1	2,3
20	Guaranteed Availability	Verkauf eines Produktes / Servicepaketes mit gekoppelter Verfügbarkeitsgarantie.	5	5	5	5,0
26	License	Einnahmen durch Lizenzgebühren von diversen Produkten bzw. Dienstleistungen.	3	5	1	3,0
35	Pay per Use	Fortlaufende nutzungsabhängige Erträge.	3	5	5	4,3
38	Performance-based Contracting	Fortlaufende leistungsabhängige Erträge.	5	5	5	5,0
40	Rent Instead of Buy	Fortlaufende zeitabhängige Erträge (Miete).	5	5	5	5,0
<b>Ertragskonzept 3 – Kein direkter Verkauf möglich</b>						
5	Barter	Entgeltloses Kooperationsgeschäft.	1	3	1	1,7
18	Freemium	Gratis Basisversion, kostenpflichtige Premium-/Zusatzversion.	1	3	1	1,7
21	Hidden Revenue	Kommerzialisierung einer Werbefläche substituiert den Kaufpreis.	3	5	1	3,0
37	Peer-to-Peer	Transaktionsgebühren als indirekte Umsatz-formen durch die Vermittlung zweier Parteien.	1	5	1	2,3
54	User Designed	Umsatzbeteiligung wenn Services bzw. Produkte vom Kunden verwendet werden.	3	5	1	3,0
<b>Ertragskonzept 4 – Quersubventionierung</b>						
1	Add-on	Erhöhung des eigentlichen Kaufpreises durch Extras und Zusatzoptionen.	5	3	5	4,3
7	Cross Selling	Kontinuierliche Zusatzverkäufe zum bestehenden Leistungsangebot.	5	5	5	5,0
27	Lock-in	Quersubventionierung durch das Erzwingen eines Kaufes von Komplementärprodukten.	3	5	5	4,3
<b>Ertragskonzept 5 – Diverses</b>						
3	Aikido	Quasi beliebige Preisgestaltung durch Alleinstellungsmerkmale.	1	5	5	3,7
6	Cash Machine	Geldumschlag = durchschn. Lagerdauer + Zahlungsziel Kunde - Zahlungsziel Lieferant	1	1	1	1,0
10	Customer Loyalty	Mehreinnahmen durch Bonusprogramme.	3	1	1	1,7
13	E-Commerce	Digitale Verkaufsstrategien (bspw. Datamining und ähnliche Analysen).	3	5	1	3,0
14	Experience Selling	Höhere Erträge durch eine Emotionalisierung von Produkten bzw. Dienstleistungen.	1	5	1	2,3
32	Open Business Model	Neue Ertragsströme kooperativ erschließen.	3	5	5	4,3

Bild 3-5 Eignungsbewertung der infrage kommenden Ertragsmechanismen

Die in Bild 3-5 dargestellten Ergebnisse veranschaulichen, dass sich die Ertragskonzepte *Regelmäßige Gebühren / Einnahmen* (2) und *Quersubvention* (4) durchschnittlich am besten für die Entwicklung von lebenszyklusorientierten Ertragsmodellen der Gleisinfrastruktur eignen. Das Ertragskonzept *Einmaliger Verkauf* (1) ist zwar aus der Perspektive einer lebenszyklusorientierten Ertragslogik weniger geeignet, zeichnet sich jedoch aufgrund der hohen Eignung in Bezug auf die Gleisinfrastrukturkomponenten – welche sich darauf zurückführen lässt, dass ein einmaliger Verkauf von Produkten bzw. (Bau-)Dienstleistungen derzeit den Status-Quo im Gleisbau darstellt – ebenfalls durch hohe durchschnittliche Applikationsfaktoren aus und muss lediglich im Sinne einer Lebenszyklusorientierung adaptiert werden. Das Ertragskonzept *Kein direkter Verkauf* (3) schnitt aufgrund der geringen Umsatzrelevanz – welche auf der Annahme beruht, dass lediglich ein geringer prozentueller Anteil an Kunden, vorrangig gewerbliche Eisenbahninfrastrukturunternehmen und privatwirtschaftliche Unternehmen, ein nicht monetäres Entgelt akzeptieren würde – am schlechtesten ab. Die *diversen Ertragskonzepte* (5) wiesen ebenfalls geringe durchschnittliche Applikationsfaktoren auf, auch wenn vereinzelte Konzepte ein gewisses Potenzial für die weitere Bearbeitung erkennen lassen.

### 3.4 Entwicklung geeigneter Ertragsmodelle

Im vorherigen Kapitel 3.3 wurden 10 Ertragsmechanismen mit einer optimalen Applikabilität bewertet. Aufbauend auf diesen Grundlogiken werden in weiterer Folge fünf konkrete Ertragsmodelle für die Gleisinfrastruktur entwickelt, wobei hierbei jeweils die Eisenbahnschiene als konkretes Beispiel herangezogen wird. Die gleisspezifischen Ertragsmodelle auf Grundlage der allgemeinen Ertragsmechanismen lauten hierbei wie folgt:

1. Life-Cycle-Cost (LCC) Champion: Basierend auf No Frills
2. Lease-a-Track: Basierend auf Rent Instead of Buy
3. Availability Fee: Basierend auf Guaranteed Availability, Pay per Use und Performance-based Contracting
4. Cross-Subsidisation: Basierend auf Add-on, Cross Selling und Lock-in
5. Life Cycle Cooperation: Basierend auf Open Business Model und Solution Provider

In Anlehnung an das 5-Stufen-Modell der erweiterten Branchenanalyse nach *Hungenberg*<sup>70</sup> erfolgt die Erwirtschaftung eines Gewinns in den jeweiligen Ertragsmodellen anhand unterschiedlicher Gesichtspunkte hinsichtlich der grundsätzlichen strategischen Ausrichtung. Die entsprechende Einordnung ist der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen.

<sup>70</sup> Vgl. HUNGENBERG, H.: Strategisches Management in Unternehmen – Ziele - Prozesse - Verfahren. S. 114

	<b>Ertragsmodell</b>	<b>Gewinnstufe</b>
1.	LCC-Champion	Gewinn durch Wettbewerb
2.	Lease-a-Track Usage-based Charge	Gewinn durch Ausweitung der Wertschöpfung
3.	Cross-Subsidisation	Gewinn durch Angebot komplementärer Leistung
4.	-	Gewinn durch Substitution
5.	Life Cycle Cooperation	Gewinn durch Kooperation

Bild 3-6 Gewinnstufen der Ertragsmodelle (in Anlehnung an Hungenberg<sup>71</sup>)

Der vierten Gewinnstufe *Substitution* kann hierbei keines der weiterverfolgten Ertragsmodelle zugeordnet werden. Das Ertragsmodell *Life Cycle Cooperation* beinhaltet jedoch eine Variante der gemeinschaftlichen Substitution von konkurrierenden Transportvarianten wie PKW, LKW, Bus oder Flugzeug. Fortführend werden die fünf aufgelisteten lebenszyklusorientierten Ertragsmodelle der Gleisinfrastruktur im Detail beschrieben. Die hierbei einzuhaltenden technologischen, ökonomischen, bauvertraglichen, betrieblichen und sonstigen Randbedingungen werden in Kapitel 4 beschrieben. Die jeweiligen quantitativen Umsetzungspotenziale und -risiken sowie die spezifischen qualitativen Implikationen für unterschiedliche Organisationsmodelle der Eisenbahninfrastrukturbetreiber werden in Kapitel 5 eingeordnet.

### 3.4.1 Ertragsmodell 1 – LCC-Champion

Dieses erste Ertragsmodell kann als „light“ Variante einer Lebenszyklusorientierung angesehen werden und basiert ausschließlich auf dem Ertragsmechanismus *No Frills*<sup>72</sup>. Die Grundlogik ist hierbei ein Massenprodukt mit lediglich den notwendigsten Eigenschaften und einem deutlich geringeren komplementären Leistungsumfang. Im Sinne von lebenszyklusorientierten Ertragsmodellen bedeutet dies, eine konsequente Ausrichtung aller unternehmerischen Aktivitäten des Schienenherstellers auf ein möglichst niedriges Kostenniveau über den gesamten Lebenszyklus für den Eisenbahninfrastrukturbetreiber. Beim LCC-Champion sind die namensgebenden Lebenszykluskosten zwar das dominierende Verkaufsargument, der Unternehmensertrag wird jedoch weiterhin – wie derzeit in der Branche üblich – mit Einmalverkäufen generiert.



Am Beispiel der Schiene bedeutet dies, dass die Anschaffungskosten sowie die anzunehmenden Instandhaltungs- und Rückbaukosten, für den Eisenbahninfrastrukturbetreiber in ihrer Gesamtheit mit allen Mitteln auf einen möglichst geringen Wert reduziert werden

<sup>71</sup> Vgl. HUNGENBERG, H.: Strategisches Management in Unternehmen – Ziele - Prozesse - Verfahren. S. 114

<sup>72</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 176-178

müssen, was – im Gegensatz zu einer reinen Optimierung der Investitionskosten – konsequenterweise eine hohe Qualität bzw. Widerstandsfähigkeit und Langlebigkeit der Schiene in Kombination mit einem möglichst geringen Verkaufspreis voraussetzt. Der Leistungsumfang sowie das Produktportfolio müssen hierbei stark reduziert und standardisiert werden, um durch Skaleneffekte in Kombination mit einer hohen Produktionsauslastung größtmögliche Kosteneinsparungen zu erreichen. Durch eine geringe Anzahl an unterschiedlichen Schientypen können so bspw. die wenigen am Markt angebotenen Produkte durchgehend optimiert und verbessert werden.

Für individuelle Lösungen, ein umfangreiches Serviceangebot sowie ökologische Gesichtspunkte und weitere nicht-monetäre Soft-Fakts, ist bei einer reinen Fokussierung auf die Lebenszykluskosten bzw. einer angestrebten Kostenführerschaft kein Platz, da ansonsten die Gefahr besteht „Zwischen den Stühlen“ (org. „stuck in the middle“) steckenzubleiben (Vgl. Kap. 4.4.3). Diese von *Porter* beschriebene Situation tritt dann ein, wenn die Vermischung einer Differenzierungsstrategie und einer Strategie der Kostenführerschaft dazu führt, dass ein Unternehmen weder Alleinstellungsmerkmale, noch Kosten- bzw. Preisvorteile erreicht. Das Resultat hiervon ist i.d.R. eine deutlich geringere Profitabilität und ein Wettkampf an strategischer sowie an preislicher bzw. kostentechnischer Front.<sup>73</sup> Der ausschließliche Fokus liegt bei diesem ersten Ertragsmodell demnach auf allen direkten und indirekten Kosten, die über den Lebenszyklus der Schiene anfallen und deren konsequente Senkung.

Beispiele für eine Kostenoptimierung in Kombination mit einer Verringerung des Leistungsumfanges aus anderen Branchen sind die Selbstbedienungskonzepte von *McDonalds* und *IKEA*, das Basisleistungsangebot ohne Zusätze von Billigfliegern wie *RyanAir* und *Southwest Airlines* sowie historisch gesehen das *T-Modell* von Henry Ford. Die lebenszyklusorientierte Adaptierung des *LCC-Champions* zu den angeführten Beispielen besteht aus einer Fokussierung auf die Gesamtkosten über die gesamte Lebensdauer des Produktes Schiene, anstatt eines ausschließlichen Preiskampfes und entspricht somit dem Bestbieterprinzip in der Vergabe (Vgl. Kap. 4.4.1). Die Anschaffungskosten für den Eisenbahninfrastrukturbetreiber sind erwartungsgemäß entsprechend der notwendigen qualitativen Eigenschaften, zur Erreichung der angestrebten hohen Lebensdauer sowie dem geringen Instandhaltungsaufwand, initial über jenen der ausschließlich auf den Preis fokussierten, qualitativ minderwertigeren Konkurrenz. Für Schienenhersteller ermöglicht dies eine Durchsetzung höherer Verkaufspreise und somit eine Umsatzsteigerung, während der Eisenbahninfrastrukturbetreiber auf lange Sicht seine Gesamtkosten reduziert.

<sup>73</sup> Vgl. PORTER, M. E.: *Competitive Advantage – Creating and Sustaining Superior Performance*. S. 16-17

### 3.4.2 Ertragsmodell 2 – Lease-a-Track

Das zweite Ertragsmodell basiert, im Gegensatz zum zuvor beschriebenen LCC-Champion, auf kontinuierlichen Umsatzerlösen entlang der gesamten Lebensdauer einer Eisenbahnschiene und baut auf dem Ertragsmechanismus *Rent Instead of Buy*<sup>74</sup> auf. Die Grundlogik dieses Musters ist hierbei, dass ein Produkt nicht durch einen Einmalbetrag gekauft, sondern über die Nutzungsdauer gemietet wird. Dadurch entfallen die Anschaffungskosten für den Käufer und der Verkäufer profitiert von langfristig gesicherten Einnahmen. Produktseitig ist hierbei im Sinne einer Lebenszyklusbetrachtung abermals ein langlebiges, qualitativ hochwertiges Produkt anzustreben, um lange Vertragslaufzeiten mit für den Kunden attraktiven Annuitäten zu erreichen. Ein spezieller Mietvertrag, welcher vor allem bei Fahrzeugen weitverbreitet ist, ist hierbei das Leasing. Bei dieser



– in der Literatur sowie rechtlich nicht eindeutig abgegrenzten – Vertragsform<sup>75</sup> werden zusätzlich zu dem eigentlichen Produkt auch vertraglich vereinbarte Rechte und Pflichten an den Kunden abgetreten, welche ansonsten üblicherweise weiterhin in der Sphäre des Vermieters verweilen. Zumeist erfolgt nach dem Ende der Vertragslaufzeit einer Miete bzw. eines Leasings eine Rückgabe des Produktes. Geht dieses Produkt zu einem beliebigen Zeitpunkt jedoch in den Besitz des Vertragsnehmers über, wird gemeinhin von einem Mietkauf oder einem Leasing mit Kaufoption bzw. Kaufverpflichtung gesprochen.

Die Bezeichnung *Lease-a-Track* wurde an dieser Stelle ausgewählt, da in diesem Ertragsmodell die Rechte und (Instandhaltungs-)Pflichten der Schiene während der gesamten Vertragsdauer vollständig auf den Eisenbahninfrastrukturbetreiber übertragen werden, wie dies auch bei Leasingverträgen üblicherweise der Fall ist. Sämtliche Aktivitäten entlang des Lebenszyklus, außer der Bereitstellung der Schiene selbst, bleiben demnach auch bei diesem Modell außerhalb der Wirkungssphäre des Herstellerunternehmens – außer unter gewissen Voraussetzungen der Entsorgung bzw. der Wiederaufbereitung der Schiene am Vertragsende. Die in Abbildung 3-6 zugeordnete Gewinnstufe der *Ausweitung der Wertschöpfung* bezieht sich demnach lediglich auf die von Herstellerseite angebotene Vorfinanzierung der Gleiskomponente. Betriebliche und ökologische Soft-Fakts spielen, wie bereits bei dem zuvor beschriebenen LCC-Champion, auch in diesem Ertragsmodell grundsätzlich eine untergeordnete Rolle, da eine Kostenoptimierung möglichst geringe Annuitäten und demnach ein größeres Absatzpotenzial ermöglicht. Durch die Verteilung der Investitionskosten auf mehrere Jahre ist jedoch eine geringere Preissensibilität zu erwarten, wodurch keine bindungslose Rationalisierung der Produkte bzw. des Produktportfolios zwingend notwendig

<sup>74</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 206-207

<sup>75</sup> Bei Leasingverträge handelt es sich um sog. Verträge sui generis, was so viel bedeutet, dass dieselben nicht ausdrücklich durch Gesetze geregelt werden. (Quelle: SCHATTENKIRCHNER, S.: Die Entwicklung des Leasingrechts von Mitte 2009 bis Ende 2011. In: Neue Juristische Wochenschrift: NJW, 4/2012. S. 197)

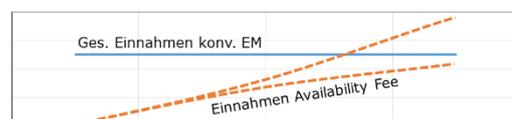
erscheint. Hierdurch können individuelle Lösungen sowie mit dem Kauf verbundene Service- und Dienstleistungen durchaus einen erwünschten Mehrwert erzielen. Demnach kann dieses Ertragsmodell grundsätzlich in unterschiedlichsten Varianten angeboten werden, bspw.:

- Gleichbleibende, jährliche Rückzahlungsbeträge (Annuitäten) vs. gleichbleibende, jährliche Tilgungsbeträge (Ratenzahlung)
- Vertragslaufzeit ist gleich der Lebensdauer der Schiene (klassisches Leasing) vs. kürzere Vertragslaufzeit mit anschließender Besitzübergabe (Leasing mit Kaufoption)
- Kontinuierliche, jährliche Rechnungsbeträge vs. zusätzliche Einmalzahlungen bzw. Sondertilgungen

Beispiele für Anwender eines Miet- bzw. Leasingmodells sind v.a. in der Autovermietung sowie am Wohnungsmarkt weitverbreitet. Ein weiterer, im Sinne der ansonsten vorherrschenden Branchenstruktur atypischer Anwender des Mietkonzeptes, stellt der Kopiermaschinenhersteller *Xerox* dar. Unabhängig von der konkreten Variante des Ertragsmodells *Lease-a-Track* entsteht für den Schienen-Hersteller ein größeres Absatzpotenzial und langfristig kalkulierbare Ertragsströme. Außerdem kann durch die zu erwartende geringere Preissensibilität ein erhöhtes Umsatzvolumen generiert werden. Der Eisenbahninfrastrukturbetreiber hingegen profitiert bei diesem Ertragsmodell gleichermaßen durch eine Vermeidung der derzeit üblichen langfristigen Kapitalbindung. Des Weiteren können Instandsetzungsmaßnahmen dann umgesetzt werden, wenn diese aus betrieblicher bzw. finanzieller Sicht am sinnvollsten sind und nicht wenn diese aus technischer Sicht notwendig werden bzw. im jährlichen Budget untergebracht werden können. Die monetären Vorteile einer solchen bedarfsgerechten Re-Investition in die Schieneninfrastruktur sowie deren Auswirkung auf die Annuitäten des Eisenbahninfrastrukturbetreibers werden in Kapitel 4.2.2 ausführlich veranschaulicht.

### 3.4.3 Ertragsmodell 3 – Availability Fee

Das Ertragsmodell *Availability Fee* basiert auf den drei dem Wesen nach ähnlichen Ertragsmechanismen *Guaranteed Availability*<sup>76</sup>, *Pay per Use*<sup>77</sup>



sowie *Performanced-based Contracting*<sup>78</sup>. Die vorherrschende Grundlogik bei allen drei Mustern ist – wie bereits beim zuvor erläuterten Muster *Rent Instead of Buy*, welches dem Ertragsmodell *Lease-a-Track* zugrunde liegt – eine Ersetzung des Einmalverkaufs durch

<sup>76</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 141-142

<sup>77</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 191-192

<sup>78</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 200-201

kontinuierliche Ertragsströme. Anstatt jedoch wie in Kapitel 3.4.2 Einnahmen in festgelegter Größe sowie in gleichbleibenden Intervallen zu generieren, werden hierbei mit dem Kunden nutzungsabhängige, leistungsabhängige oder verfügbarkeitsabhängige Gebühren vereinbart. Dadurch besteht ein beidseitiges Interesse, sowohl Verkäuferseitig bzw. vonseiten des Schienenherstellers, als auch Käuferseitig bzw. aufseiten des Eisenbahninfrastrukturbetreibers, an einer hohen Verfügbarkeit der Gleisinfrastruktur im Allgemeinen sowie an der Schiene im Speziellen. Dies lässt sich dadurch begründen, dass bei einer erhöhten betrieblichen Sicherheit bezüglich der Verfügbarkeit die Einnahmen für beide Parteien steigen bzw. Ausfallkosten bei einer Nicht-Verfügbarkeit vermieden werden. Die Ausweitung der Wertschöpfungskette erfolgt dadurch sowohl durch die produzentenseitige Übernahme der Finanzierungskosten, als auch ein zusätzliches Leistungsangebot für den gesamten Lebenszyklus. In welchem Umfang solche Komplementärprodukte sowie Dienst- und Serviceleistungen möglich bzw. notwendig sind variiert hierbei stark je nach konkreter Umsetzung dieses Ertragsmodells.

Über den gesamten Lebenszyklus einer Schiene sind aufgrund der betrieblichen Risikoübernahme bei optimaler Performance der Schiene in Summe höhere Kosten für den Eisenbahninfrastrukturbetreiber sowie konsequenterweise höhere Einnahmen für den Schienenhersteller im Verhältnis zu vergleichbaren Schienenhersteller zu erwarten. Dies ist auch dann der Fall, wenn zusätzliche Tätigkeiten entlang der Wertschöpfungskette nicht berücksichtigt werden und nur die Kosten der Schiene betrachtet werden. Diese Mehrkosten lassen sich über die eigentliche Risikoübernahme hinaus damit rechtfertigen, dass eine bestandungslose Verfügbarkeit auch direkt mit höheren Erträgen infolge der Vermeidung von Betriebsausfallkosten für den Eisenbahninfrastrukturbetreiber korreliert. Bei einer Abweichung von den vertraglich festgelegten Schwellenwerten werden die hierdurch entstehenden Einnahmeverluste von beiden Parteien mitgetragen, weshalb ein gemeinsames Interesse an einem möglichst ausfallfreien Eisenbahnfahrweg besteht. Es ist hierbei zu berücksichtigen, dass sich für eine optimale Nutzbarkeit des Fahrwegs neben der Schiene auch die Schwellen, die Befestigungsmittel, der Gleisschotter und der Unterbau sowie weitere Komponenten der Eisenbahninfrastruktur (bspw. Weichen, Bahnhöfe, Unter- und Überführungen etc.) verantwortlich zeigen (Vgl. Kap. 4.1). Die ertragsbestimmende Messgröße ist demnach in Abhängigkeit der tatsächlichen Einflussnahme bzw. Wertschöpfung des Schienenherstellers festzulegen. Während sämtliche Ausfallkosten bzw. das gesamte betriebliche Risiko vertraglich in die Sphäre des Schienenherstellers übergehen, muss dieser auch alleinig für die ordnungsgemäße Instandhaltung und zeitgemäße Instandsetzung bzw. Erneuerung des Fahrwegs verantwortlich sein. Dieser höchste Grad der Auslegung dieses Ertragsmodells erfordert die größte Wertschöpfungsausweitung des Schienenherstellers, da sämtliche Instandhaltungsmaßnahmen von diesem selbst oder über von diesem beauf-

tragten Dritten abgedeckt werden müssen. Hierbei besteht kein geteiltes Interesse an einem möglichst hohen betriebsbereiten Zustand des Gleises, sondern eine vollständige Abhängigkeit der Einnahmen des Schienenherstellers von der betrieblichen Verfügbarkeit.

In Abhängigkeit der Wertschöpfung bzw. des Verantwortungsgrades bezüglich der Verfügbarkeit des Gleises vonseiten des Schienenherstellers sind bspw. die folgenden Messgrößen für die Bestimmung der Benutzungsgebühr, welche vom Eisenbahninfrastrukturbetreiber zu entrichten ist, möglich:

- Geringe Wertschöpfung / geringer Verantwortungsgrad: Grundsätzliche Verfügbarkeit der Schiene pro vertraglich vereinbarter Zeiteinheit
- Mittlere Wertschöpfung / mittlerer Verantwortungsgrad: Grundsätzliche Verfügbarkeit des Gleises pro vertraglich vereinbarter Zeiteinheit
- Große Wertschöpfung / großer Verantwortungsgrad: Beförderte Personen oder Tonnage pro vertraglich vereinbarter Zeiteinheit bzw. direkter Anteil am Infrastrukturbenutzungsentgelt (IBE)<sup>79</sup>

Während im Ertragsmodell 2 *Lease-a-Track* primär von jährlichen Einnahmen bzw. Annuitäten im klassischen Sinne ausgegangen wird, sind aufgrund der höheren Wertschöpfungstiefe und der einhergehenden höheren Beträge sowie der teils hohen Fluktuation der tatsächlichen Gebühren monatliche, wöchentliche oder sogar tägliche Zahlungen anzustreben. Bei einer direkten Koppelung an das IBE kann sogar eine zugabhängige Gebührenentrichtung vereinbart werden.

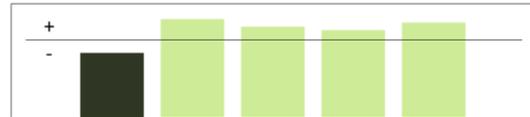
Benutzungsabhängige Gebühren in direkter Verbindung an den tatsächlichen Nutzen sind in vielen Branchen weitverbreitet: *Hilti* übernimmt die Instandhaltung und Wartung von verkauften Geräten. Diverse TV-Sender bieten Pay-Per-View-Angebote bei Box- und Mixed Martial Arts-Kämpfen an. *Rolls-Royce* bindet mit dem *Power-by-the-hour*-Angebot Gebühr für Flugzeugturbinen an die tatsächlich geflogenen Flugstunden. Im Falle der Eisenbahnschiene beinhaltet ein gebührenorientiertes Ertragsmodell, neben der bereits im vorherigen Kapitel beschriebenen Verlagerung der Finanzierungskosten bzw. der Kapitalbindung, mehrere Potenziale. In Abhängigkeit der angebotenen Wertschöpfungstiefe des Schienenherstellers können Eisenbahninfrastrukturbetreiber die Betriebsausfallkosten verringern sowie ein größeres Leistungsangebot aus einer Hand erhalten. Der Schienenhersteller kann wiederum von einer Umsatzerhöhung infolge der Risikoübernahme sowie durch komplementäre Folgeerlöse durch die erhöhte Wertschöpfung in der Nutzungsphase profitieren. Ausschlaggebend hierfür sind sowohl eine hohe Qualität der Schiene selbst, als auch eine

<sup>79</sup> Für die Benutzung der Schieneninfrastruktur wird ein Wegeentgelt verrechnet. Die Berechnung wird nach verschiedenen Parametern vorgenommen – bspw. die Zugkilometer, die zurückgelegte Strecke, Bruttotonnenkilometer (Gewicht von Fahrzeug und Ladung mal der zurückgelegten Strecke) – herangezogen. (Quelle: SCHIENEN CONTROL: Infrastrukturbenutzungsentgelt. [www.schienencontrol.gv.at/de/IBE.html](http://www.schienencontrol.gv.at/de/IBE.html). Datum des Zugriffs: 10.02.2020)

optimale Errichtung- und Instandhaltung des Fahrweges sowie eine rechtzeitige Instandsetzung aller relevanten Gleisinfrastrukturkomponenten. Die Vertragsdauer ist hierbei ebenfalls entscheidend und sollte an die zu erwartende Lebensdauer der Schiene angepasst werden.

#### 3.4.4 Ertragsmodell 4 – Cross-Subsidisation

Das vierte Ertragsmodell *Cross-Subsidisation* basiert auf den drei Mustern *Add-on*<sup>80</sup>, *Cross Selling*<sup>81</sup> sowie *Lock-in*<sup>82</sup>, da diese große Ähnlichkeit



in ihrem jeweiligen Ertragsmechanismus aufweisen. Zum Einsatz kommt hierbei, wie bereits im zuvor beschriebenen Ertragsmodell *Availability Fee*, ein breites Produkt- bzw. Leistungsangebot entlang der gesamten Wertschöpfungskette und Lebenszeit aus einer Hand. Der Ertrag wird durch den Verkäufer (in dem vorliegenden Falle dem Schienenhersteller) durch eine Kombination aus Einmalverkäufen des eigentlichen Produktes und azyklische Folgekäufe von Komplementärprodukten und Serviceleistungen erzielt. Das primäre Verkaufsargument dieses Ertragsmodells ist hierbei der initial geringe Verkaufspreis, in extremen Fällen liegt dieser sogar unter den anfallenden Kosten des Verkäufers. Durch Zusatzleistungen über den gesamten Lebenszyklus, sowohl zur Individualisierung eines (Standard-)Produktes oder unterstützend während der Nutzungs- und Rückbauphase, wird dieser ursprüngliche Malus negiert. Damit eine Quersubventionierung durch diese Folgeverkäufe stattfindet, ist ein sog. Lock-in Effekt erforderlich. Hierdurch wird es dem Käufer erschwert bzw. verwehrt, diese Leistungen selbst abzudecken oder auf Substitutionsprodukte bzw. -leistungen von konkurrierenden Unternehmen auszuweichen.

Während sich die möglichen Komplementärleistungen im zuvor beschriebenen dritten Ertragsmodell primär auf die Gleisinfrastruktur bzw. deren Errichtung und Instandhaltung beziehen, sind in diesem Ertragsmodell unzählige Zusatzprodukte und Serviceleistungen weit über die Schiene hinaus denkbar. Diese reichen von einem umfangreichen Managementkonzept in den Bereichen Umwelt und Lebenszyklus als Dienstleistung, über die für Messung und Analyse von Betriebsdaten notwendige maschinelle Ausrüstung bzw. EDV-technische Hard- und Software, über die Zurverfügungstellung von Energie, Diagnosetools bzw. -systeme, satellitengestützte Vermessungen bis hin zu innovativen Antriebs-, Verschluss- & Überwachungseinrichtungen. Der Lock-in Effekt kann hierbei am einfachsten über eine entsprechende vertragliche Ausgestaltung erreicht werden. Alternativ dazu können Produkte der Datenerfassung und Sensorik nur mit kostenpflichtigen Analysesoftwaren

<sup>80</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 76-78

<sup>81</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 96-97

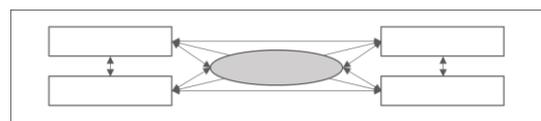
<sup>82</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 163-165

ausgewertet werden, wodurch ein technologischer Lock-In erreicht wird. Eine weitere Möglichkeit ist der erhöhte Aufwand bei einem Umstieg des Eisenbahninfrastrukturbetreibers zu konkurrierenden Herstellern, welche entweder nicht dieselbe Wertschöpfungstiefe aufweisen und demnach konsequenterweise keine Komplettlösung anbieten können, oder die durch andere Systeme eine aufwändige Umschulung des Personals bedürfen.

Die Quersubventionierung eines initial günstigen Verkaufspreises durch zusätzliche Verkaufserlöse oder nachträgliche Folgekäufe ist in vielen Branchen weitverbreitet. Die Ausstattungslisten von *BMW*, *Mercedes*, *Volkswagen* und Co. ermöglichen die Individualisierung eines standardisiert produzierten Fahrzeuges. Die hochpreisigen Rasierklingen von *Gillette* sind erforderlich, wenn der Kunde die vergleichsweise kostengünstigen Rasierer benutzen möchte. Handyanbieter locken ihre Kunden üblicherweise mit vergünstigten oder kostenlosen Mobiltelefonen oder Internetroutern und binden diese Kunden durch lange Vertragslaufzeiten an sich. Billigflieger wie *WizzAir* verlangen horrende Aufpreise für Speisen, Abgabepäck sowie Sitzplatzreservierungen und subventionieren hiermit, in Kombination mit versteckten Gebühren, die ursprünglich günstigen Flugtickets. Letztes Beispiel ist beim Verkauf von Schienen ausdrücklich zu vermeiden, da eine langfristige Partnerschaft mit Eisenbahninfrastrukturbetreibern durch solch unlautere Geschäftspraktiken und undurchsichtigen Preisgestaltungen erschwert wird. Das Ziel ist es, für den Eisenbahninfrastrukturbetreiber ein attraktives Angebot aus einer Hand zu offerieren und dessen Kapitalbindung durch eine geringe Preisgestaltung zu vermindern. Der Schienenhersteller wiederum profitiert auf lange Sicht durch einen gestiegenen Umsatz mit bestehenden Kunden, wodurch ansonsten notwendige Ausgaben im Bereich der Akquise verringert werden können. Außerdem können Einnahmeströme längerfristig prognostiziert und die durch Einmalgeschäfte entstehenden Unsicherheiten bzw. Risiken vermieden werden. Die Produkte können „gestreamlined“ werden, da die entstehenden Kosten einer kundenseitig gewünschten Individualisierung (bspw. spezielle Schienenprofile oder besonders hohe Zugfestigkeiten) direkt weitergegeben werden können.

### 3.4.5 Ertragsmodell 5 – Life Cycle Cooperation

Das fünfte Ertragsmodell *Life Cycle Cooperation* basiert primär auf den zwei Mustern *Open Business Model*<sup>83</sup> und *Solution Provider*<sup>84</sup>. Die Grund-



logik hierbei ist eine tiefgreifende Kooperation des Schienenherstellers mit Partnerunternehmen entlang der Wertschöpfungskette und des Lebenszyklus. Hierdurch kann dem Eisenbahninfrastrukturbetreiber ein allumfassendes Gesamtpaket angeboten und mit ihm

<sup>83</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 180-182

<sup>84</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 228-230

ebenfalls eine Kooperation eingegangen werden. Ein solches, oftmals als *Rundum-Sorglos-Paket* bezeichnetes Leistungsangebot umfasst neben integrierten Produkten und Ersatzteilen auch begleitende Dienst- und Serviceleistungen sowie individuelle Komplementärprodukte. Insgesamt besteht in jeder Branche ein sog. *Profit-Pool* an möglichen Gewinnen, welche in einer Branche erzielt werden können. Durch das gemeinsame Auftreten am Markt und das Einbringen von Markenwiedererkennungen, Ressourcen und Know-how aller beteiligten Unternehmen, können schwer nachzuahmende Gesamtlösungen angeboten werden. Eine kooperative Leistungserbringung steigert außerdem das Leistungsniveau durch die eingebrachten Expertisen und senkt das Kostenniveau (bspw. durch eine gemeinsame Einkaufs- und Verhandlungspolitik) im Vergleich zu einer eigenständigen Abwicklung sämtlicher Tätigkeiten.<sup>85</sup> In Summe gesehen ist die Bedeutung des Slogans *Alles aus einer Hand* in diesem Ertragsmodell umfassender und tiefgreifender als in all den bisher beschriebenen Ertragsmodellen. Die grundsätzlichen Vorteile einer Kooperation gegenüber eines Konkurrenzkampfes entlang der Wertschöpfungskette bzw. des Lebenszyklus der Gleisinfrastruktur lauten hierbei wie folgt:<sup>86</sup>

- Eine kooperative Forschung & Entwicklung mit Eisenbahninfrastrukturbetreibern, eine Beteiligung in der Planung, der Errichtung und dem Betrieb von Gleisinfrastrukturprojekten kann in einer *Erhöhung der Vertriebs- bzw. Verkaufskraft* des Schienenherstellers resultieren. Durch eine gemeinschaftliche Bearbeitung unterschiedlicher Problemstellungen können die Gesamtqualität der angebotenen Leistungen gesteigert und ein besonderer Zuliefererstatus erreicht werden.
- Eine enge Zusammenarbeit mit Herstellern anderer Gleisinfrastrukturkomponenten, bspw. der Schwelle und des Gleisschotters, oder sogar mit konkurrierenden Schienenherstellern, ermöglicht eine *Erhöhung der Kaufkraft*. Eine zentrale Beschaffung von Ressourcen wie Rohstoffen, Halbfertigteilen, Kapital, Personal und sonstigen Betriebsmitteln kann i.d.R. das Kosten- bzw. Preisniveau deutlich senken.
- Das Verfolgen von geteilten Interessen ermöglicht eine *gemeinsame Bekämpfung von Substitutionsprodukten* zur Eisenbahn, wie PKW, Fernbusse. etc. Davon, dass die Stärken der Branche gemeinschaftlich kommuniziert werden, profitiert jedes beteiligte Unternehmen. Eine solche Kooperation ermöglicht außerdem das *Schaffen von Eintrittsbarrieren* gegenüber branchenfremden Unternehmen, die nicht Teil dieser koordinierten Interessensvertretungen sind.<sup>87</sup>
- Schienenhersteller, welche über ihre bestehenden Grenzen – sowohl branchenspezifischer, als auch geografischer Natur – hinaus am Markt auftreten wollen, profitieren durch eine Verfolgung der Kooperationsstrategie von einem *vereinfachten*

<sup>85</sup> Vgl. HUNGENBERG, H.: Strategisches Management in Unternehmen – Ziele - Prozesse - Verfahren. S. 111

<sup>86</sup> Vgl. JOHNSON, G.; SCHOLLES, K.; WHITTINGTON, R.: Exploring Corporate Strategy. S. 262-264

<sup>87</sup> Hinweis: Hierbei ist jedoch auf die Einhaltung der kartellrechtlichen Randbedingungen zu achten.

*Markteintritt* und dem hieraus resultierenden Wettbewerbsvorteil. In machen Märkten kann eine Kooperation sogar zwingend erforderlich sein, bspw. bei Bauausschreibungen mit technologischen bzw. vergabespezifischen Anforderungen und in Ländern mit rechtlichen Restriktionen bzw. speziellen kulturellen Anforderungen.

- Durch eine *Arbeitsteilung mit Kunden* können Schienenhersteller – bspw. im Rahmen der Möglichkeiten des E-Commerce (bspw. self-service und individuelle Anpassungen an einem standardisierten Produkt) – Tätigkeiten entlang der Wertschöpfungskette an die Eisenbahninfrastrukturbetreiber auslagern. Dies senkt das Kostenniveau durch einen optimierten Vertrieb und erhöht das Verantwortlichkeitsgefühl, welches durch eine selbstständige Bearbeitung entsteht.

Hinsichtlich der Ausprägung dieses Ertragsmodells sind fünf unterschiedliche Stufen denkbar. Aus Sicht eines Schienenherstellers ist der erste Schritt eine kooperative Implementierung aller weiteren Gleiskomponenten und begleitenden Dienstleistungen im Gesamtleistungsangebot. In der zweiten Stufe werden zusätzlich die Errichtungs- bzw. Bauleistungen des Gleises mitangeboten. Eine Weiterentwicklung inkludiert ebenfalls die Wartung und Instandhaltung der Gleisinfrastruktur und in einem weiteren Schritt sogar die Instandsetzung über einen vertraglich vereinbarten Zeitrahmen. Die vorletzte Stufe dieses Ertragsmodells inkludiert Anlagen der Eisenbahninfrastruktur über die Gleisinfrastruktur hinaus (bspw. Bahnhöfe). Zuletzt werden neben sämtlichen für den Betrieb notwendigen Anlagen auch die Durchführung des Betriebes selbst berücksichtigt, sprich ein Auftreten als Eisenbahninfrastrukturbetreiber und Eisenbahnverkehrsunternehmen.<sup>88</sup> Die sechs Ausprägungsstufen dieses Ertragsmodells sind nachfolgend dargestellt.

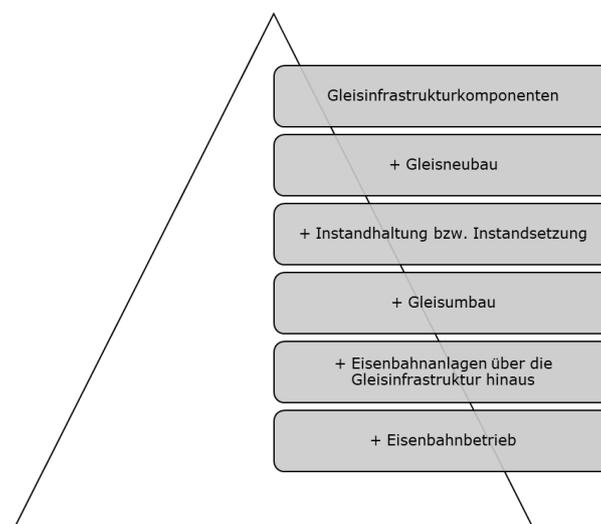


Bild 3-7 Ausprägungsstufen des Ertragsmodells Life Cycle Cooperation

<sup>88</sup> Diese letzte Stufe des Ertragsmodells ist im öffentlich-rechtlichen Verkehrsnetz nur bedingt möglich. In der Europäischen Union ist bspw. eine Trennung in Bahninfrastruktur und Bahnbetrieb zwingend vorgeschrieben. Es sind demnach (nach Vorbild der Konzernstruktur der Deutschen Bahn oder der Österreichischen Bundesbahnen) entsprechende Teilgesellschaften zu gründen. Eine Implementierung der sechsten Ausprägungsstufe des Ertragsmodells *Life Cycle Cooperation* würde demnach im öffentlich-rechtlichen Raum eine Privatisierung der Eisenbahn bedeuten.

Grundsätzlich wird hinsichtlich der zeitlichen Ausrichtung sowie dem Verflechtungsgrad in Bezug auf die strategische Unternehmensplanung der Partner in drei Formen der Kooperation unterschieden:<sup>89</sup>

- Projekt-Partnering: kurz- bis mittelfristige, projektbezogene Wertschöpfung
- strategisches Partnering: mittel- bis langfristige, strategiebezogene Wertschöpfung
- Systempartnering: langfristige, gemeinschaftliche Wertschöpfung

Beispiele für Unternehmen, welche ein Gesamtleistungspaket anbieten sind *WeWorks* und *Regus* mit der Zurverfügungstellung von Arbeitsplätzen mit Internetzugang, Druckern, Besprechungsräumen sowie speziellen Technologien am Arbeitsplatz. *Tetra Pak* übernimmt neben dem Verpackungsmaterial auch den Entwurf von Abfüll- und Verpackungsanlagen und *Würth* bietet einen automatischen Nachbestellungsservice für das umfangreiche Sortiment von Befestigungs- und Montagmaterialien an. Für kollaborative Wertschöpfung bekannt ist u.a. der Konsumgüterkonzern *Procter & Gamble*, welcher u.a. mit *BASF* und *Butlers* Produkte kooperativ entwickelt, vertreibt und anfertigt. Durch eine vergleichsweise geringe Konkurrenzsituation (auf einem nationalen Level), ist die Gefahr einer Monopolstellung bei den Herstellern von Gleisinfrastrukturkomponenten – vergleichbar mit der eines Eisenbahninfrastrukturbetreibers – groß, weshalb die Ausprägung einer Kooperation projektabhängig bzw. regionsabhängig beurteilt werden muss. Dieses Ertragsmodell unterscheidet sich von den vorherigen vier insofern, als dass keine exakte Definierung der Ertragsströme vorliegt. Das Ziel sind sinnvolle Möglichkeiten einer Zusammenarbeit, in erster Stufe mit Auftraggebern und anderen Herstellerunternehmen und in zweiter Stufe mit branchenexternen Partnern, zu erkennen und erst im Anschluss entsprechende Zahlungsmodalitäten zu definieren.

#### 3.4.6 Sonstige Ertragsmodelle

Zusätzlich zu den fünf beschriebenen Ertragsmodellen, welche in weiterer Folge, entsprechend der technologischen, ökonomischen und betrieblichen Potenzialen sowie Risiken analysiert werden, haben sich im Rahmen der Bearbeitung der vorliegenden Arbeit weitere Ertragsmodelle herauskristallisiert. Diese werden jedoch lediglich als Ergänzung der bisher beschriebenen Varianten oder als nicht ausreichend ausgereift für eine praktische Implementierung angesehen und demnach nachfolgend nur kurz beschrieben.

<sup>89</sup> Vgl. MATHOI, T.: Neue Projektabwicklungs- und Bauvertragsmodelle. Tagungsband. S. 35

– National Pride Railway:

Da die Eisenbahn in vielen Teilen der Bevölkerung mit nostalgischer Reminiszenz verbunden ist und die Eisenbahninfrastruktur oftmals direkt mit einem Staat in Verbindung gebracht wird, liegt diesem Ertragsmodell ein Ansprechen der patriotischen Werte von Privatpersonen zugrunde – eine Art des *Experience Selling*<sup>90</sup>. Durch eine Vorfinanzierung der anfallenden Produktions- und Errichtungskosten durch *Crowdfunding*<sup>91</sup> werden interessierte Personen direkt in die Gleiserstellung eingebunden und bekommen quasi eine Patronanz über einen gewissen Gleisabschnitt, für welche in Zusammenarbeit mit dem Eisenbahninfrastrukturbetreibern Zertifikate ausgestellt werden. Diese Überlegung basiert auf dem Grundkonzept des *Fractionalized Ownerships*<sup>92</sup>. Tatsächlich bleibt die Gleisinfrastruktur jedoch im Besitz des Eisenbahninfrastrukturbetreibers, wobei lediglich ein theoretischer Besitz suggeriert bzw. impliziert wird und als Gegenleistung für das Investment marktübliche Zinsen ausbezahlt werden. Das Ziel dieses Ertragsmodells ist eine gemeinschaftliche Anstrengung des Schienenherstellers und der Eisenbahngesellschaft die Bevölkerung für die Eisenbahn zu begeistern und dadurch im Sinne der *Customer Loyalty*<sup>93</sup> die Kundenbindung zu erhöhen. Außerdem wird die Möglichkeit eröffnet, eine nationale bzw. regionale Art der Wertanlage mit gesicherten Renditen bereitzustellen.

– Track Flatrate:

Der zugrundeliegende Gedanke dieses Ertragsmodells ist ein mehrjähriger Vertrag zwischen Schienenherstellern und Eisenbahninfrastrukturbetreibern mit einer fixierten jährlichen Gebühr bzw. Flatrate. Im Gegenzug für diese am Jahresanfang zu entrichtende Gebühr, erhält das Eisenbahninfrastrukturunternehmen eine unbegrenzte Menge an Schienenkilometern für den Ausbau bzw. die Instandsetzung des Eisenbahnnetzes. Varianten hierzu sind eine exakt definierte bzw. gedeckelte Abnahmemenge. Dies entspricht dem Muster *Flatrate*<sup>94</sup>. Die Vorausbezahlung zu Jahresbeginn führt zu einem negativen Umlaufvermögen, da die für die Leistungserbringung notwendigen Kosten erst zu einem späteren Zeitpunkt anfallen. Dies entspricht wiederum dem Muster *Cash Machine*<sup>95</sup>. Durch die zusätzliche Liquidität können Kapitalkosten gespart, Lagerdauern reduziert und dadurch Investitionen in das Unternehmenswachstums beschleunigt werden. Eisenbahninfrastrukturbetreiber bekommen einen langfristigen Fixbetrag für den Kauf der Schienen zugesichert und können diesen entsprechend budgetieren. Außerdem können durch die Zusicherung

<sup>90</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 93-94

<sup>91</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 93-94

<sup>92</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 128-129

<sup>93</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 128-129

<sup>94</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 125-126

<sup>95</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 93-94

von überproportionalen Abnahmemengen bzw. durch die Vorauszahlung ein verhältnismäßig hoher Preisnachlass bzw. ein marktunübliches Skonto durchgesetzt werden.

– Green Track:

Das Ziel des Ertragsmodells *Green Track* ist eine Fokussierung auf die ökologische Nachhaltigkeit als Verkaufsargument. Da Eisenbahngesellschaften vermehrt mit Umweltverträglichkeitsaspekten werben, können eine Verringerung der Treibhausgas-Emissionen sowie des Energiebedarfs in der Produktion der Schiene als Verkaufsargument durchaus praktikabel sein. Alternativen zur Bekämpfung des Schienenbewuchs durch Glyphosat, bspw. durch thermische Verfahren – für die im (betriebswirtschaftlichen) Optimalfall spezielle Schienen erforderlich sind und zusätzlich ein technologischer Lock-in Effekt erzeugt werden kann – sind ebenso im Sinne des *Green Tracks*, wie spezielle „Flüsterschienen“ mit erhöhtem Lärmschutz. Der im Muster *Trash-to-Cash*<sup>96</sup> beschriebene, auf Rohstoff- und Schrottreycling bzw. upcycling basierende Ertragsmechanismus kann hierbei ebenso als zusätzliche Ertragsquelle herangezogen werden. Die nicht mehr benötigten Schienen können vom Schienenhersteller nachbehandelt und im untergeordneten Eisenbahnnetz – bspw. bei regionalen Schmalspurbahnen – eingesetzt oder zu Wartehäuschen oder ähnlichen Anlagen der Bahninfrastruktur umgewandelt werden.

<sup>96</sup> GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. S. 241-242

## 4 Randbedingungen der Gleisinfrastruktur

In diesem Kapitel werden die essenziellen Randbedingungen technologischer, ökonomischer, eisenbahnbetrieblicher und sonstiger Natur beschrieben, die von einem Hersteller bzw. Produzenten von Eisenbahnschienen in der Entwicklung eines Ertragsmodells zu berücksichtigen sind. Die in weiterer Folge beschriebenen Rahmenbedingungen stellen die Grundlage für die Analyse der im dritten Kapitel beschriebenen Ertragsmodelle der Gleisinfrastruktur dar. Die nachfolgenden Erläuterungen haben einen speziellen Fokus auf die besonderen Randbedingungen der Eisenbahnschiene, da anhand dieser exemplarischen Gleisinfrastrukturkomponente die Analyse der Ertragsmodelle erfolgt (Vgl. Kap. 5).

### 4.1 Technologische Randbedingungen

In diesem Kapitel erfolgt zunächst eine Beschreibung der einwirkenden Kräfte bzw. Ursachen der Belastung sowie der Anforderungen an die Widerstände bzw. Eigenschaften der einzelnen Gleisinfrastrukturkomponenten. Zusätzlich erfolgt eine Einordnung der Lebenszyklusphasen anhand je eines Mikro-Lebenszyklus der Schiene und des Bahnkörpers sowie eines Makro-Lebenszyklus der gesamten Eisenbahnanlage. Anschließend werden die Planungsphase und die Schienenherstellung näher beschrieben. Im hierauf folgenden Unterkapitel werden die Rahmenbedingungen im Gleisneubau und im Gleisumbau sowie in der Instandhaltung beschrieben. Des Weiteren werden die Arten und Ursachen von Schienenfehlern beschrieben. Abschließend erfolgt eine Erläuterung bezüglich der Bedeutung eines ganzheitlichen Wissensmanagements im Ausbau und der Instandhaltung der Eisenbahn und Gleisinfrastruktur.

#### 4.1.1 Belastung, Einwirkung und Widerstand

Eisenbahnstrecken sind grundsätzlich linienförmige Bauwerke, die durch statische und dynamische Belastungen aus dem Zugverkehr und durch unterschiedliche Witterungseinflüsse wie Regen, Schnee, Frost und Sonneneinstrahlung beansprucht werden. Die Gleisinfrastruktur besteht hierbei grundsätzlich aus Oberbau, Unterbau und Untergrund (Vgl. Kap. 2.1.3 bzw. Bild 2-2). Typisch für Eisenbahnstrecken ist, dass sowohl die statischen und dynamischen Einwirkungen bzw. Belastungen aus dem Zugverkehr, als auch die Widerstände vonseiten des Oberbaus, Unterbaus und Untergrundes stark schwanken und von den verkehrenden Zügen, von der Geschwindigkeit, vom Oberbauzustand und vom durch die Witterung beeinflussten Unterbauzustand abhängig sind. Die Einwirkungen aus dem

System Fahrzeug-Schiene, auch als äußere Belastung bezeichnet, bestehen hierbei grundsätzlich aus den folgenden Kräften:<sup>97 98</sup>

- Vertikale Kräfte: Radkraft in Abhängigkeit der Stahlfestigkeit und Geschwindigkeit; Zusatzkräfte infolge der Geschwindigkeit, Gleissteifigkeit und Unstetigkeiten im Gleis sowie im unruhigen Fahrzeuglauf bzw. die Wellengeometrie und die Bogenfahrt
- Horizontale Kräfte quer zur Fahrtrichtung: Richtkraft aus Sinuslauf, Fliehkräfte im Bogen, Windkraft sowie Zusatzkräfte aus der Unstetigkeit bzw. der Welligkeit des Gleises
- Horizontale Kräfte längs zur Fahrtrichtung: Reibungskräfte aus Antrieb und Verzögerung sowie aus dem Rollvorgang, Längskräfte aus Temperaturänderungen bei lückenlos verschweißten Gleisen

Zusätzlich treten innere Belastungen auf, wobei hierbei die Belastung der einzelnen Gleisinfrastrukturkomponenten durch die äußere Belastung verstanden wird. Hierunter fallen bspw. die temperaturbedingte und bremsbedingte Schienenlängsbelastung sowie das Schienenbiegemoment, welches durch die Wirkung der vertikalen sowie der seitlichen Radkraft auf die elastisch gelagerte Schiene entsteht. Außerdem entstehen durch die Verformung von Kunstbauten, welche – zumeist temperatur- oder belastungsbedingt – zusätzliche Längskräfte in den entsprechenden Bereichen erzeugen.<sup>99</sup>

Die Aufgabe der einzelnen Teilkomponenten des Ober- und Unterbaus ist eine Aufnahme der einwirkenden Lasten und eine Abtragung auf den gewachsenen Boden bzw. Fels, welcher den Untergrund darstellt. An den Unterbau werden hierbei neben den Anforderungen an die Tragfähigkeit außerdem besondere Ansprüche an die Frostsicherheit, Verdichtbarkeit und Wasserableitung sowie an eine federnde bzw. dämpfende Wirkung gestellt. Diese Funktionen müssen auch etwaige Kunstbauten entlang der Strecke erfüllen. Ausschlaggebend für die Dimensionierung des Oberbaus sind primär die Geschwindigkeit und die Belastungsintensität, welche durch die jährliche bzw. tägliche akkumulierte Verkehrsmasse bestimmt werden. An die Schiene bestehen hierbei Ansprüche bezüglich einer hohen Festigkeit und einem hohen Metergewicht, welches wiederum zu einem hohen Widerstandsmoment führt. Die Kontaktspannung zwischen Rad und Schiene muss hierbei kleiner als die Festigkeit der Schiene bleiben, um eine frühzeitige Schienenkopferstörung zu verhindern. Für die Bestimmung der Festigkeit sind außerdem die vertikale und seitliche Verschleißrate heranzuziehen, welche wiederum direkt vom Bogenradius abhängig sind. Die Schienenbefestigung muss wiederum die Stützpunktkräfte aus vertikaler und horizontaler

<sup>97</sup> Vgl. LIEBERENZ, K.; KLÜGEL, S.; KIPPER, R.: Lastabtragung – Allgemeine Grundlagen. <https://www.gleisbauwelt.de/lexikon/infrastruktur/lastabtragung/allgemeine-grundlagen/>. Datum des Zugriffs: 18.02.2020

<sup>98</sup> Vgl. GERBER, U.: Auslegung des Eisenbahnoberbaus. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 41ff.

<sup>99</sup> Vgl. GERBER, U.: Auslegung des Eisenbahnoberbaus. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 48ff.

Richtung von der Schiene auf die Schwelle übertragen und hierbei die erforderliche Gleissteifigkeit gewährleisten. Die Schwelle muss durch eine große Auflagerfläche und Masse einen hohen Gleisverschiebewiderstand aufweisen. Eine hohe Auflagerfläche vermindert außerdem die Schotterpressung und verlängert somit die Schotterlebensdauer. Die Aufgabe des Schotters ist eine Verringerung der Kontaktspannung zum Unterbau. Da die einwirkenden Kräfte lediglich durch die Abstände der Schwellen geringfügig beeinflusst werden können, ist die Bettungsdicke ausschlaggebend in der Dimensionierung des Gleisschotters.<sup>100</sup>

Für eine reibungslose Einleitung der auftretenden Kräfte in den Untergrund sind eine fehlerfreie Planung bzw. Dimensionierung, bauliche Umsetzung und regelmäßige Instandhaltung des Unterbaus sowie des Oberbaus in gleichem Maße erforderlich. Der gesamte Bahnkörper ist hierbei so herzustellen und instand zu halten, dass Störungen in der Lastabtragung (bspw. in Form von Schienenstößen, Schienenoberflächenfehlern, Schwellenhohllagen, Verschmutzungen des Schotterbetts sowie Stabilitätsproblemen des Unterbaus und Untergrunds) entweder gänzlich vermieden werden oder zumindest keinen Einfluss auf die Verfügbarkeit, Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit des Fahrweges haben.<sup>101</sup> Hierfür ist jede einzelne Komponente der Gleisinfrasturktur verantwortlich.

In weiterer Folge wird jedoch im Sinne der eingehenden Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit weitestgehend eine Fokussierung auf die technologischen Randbedingungen in der Dimensionierung, Herstellung, Instandhaltung und Erneuerung der Komponenten des Oberbaus gelegt; im Besonderen auf die Spezifika der Schiene.

#### 4.1.2 Mikro-Lebenszyklus und Makro-Lebenszyklus

Bezüglich des Lebenszyklus kann in einen Mikro-Zyklus der Schiene, einen Mikro-Zyklus des Bahnkörpers bzw. der Gleisinfrasturktur (Oberbau und Unterbau ohne Kunstbauten) sowie in den Makro-Zyklus der gesamten Eisenbahnanlage als bauliches Objekt inklusive aller Kunstbauten, Oberleitungen, Dienstgebäude, etc. unterschieden werden (Vgl. Kap. 2.2). Dieser Sachverhalt ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt, wobei die einzelnen Begrifflichkeiten in weiterer Folge ausführlich erläutert werden. Eine eindeutige Abgrenzung der einzelnen Phasen erfolgt in der Fachliteratur nicht, dennoch sind die nachfolgend dargestellten Einordnungen für die weitere Arbeit gültig.

<sup>100</sup> Vgl. Vgl. GERBER, U.: Auslegung des Eisenbahnoberbaus. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 58ff.

<sup>101</sup> Vgl. LIEBERENZ, K.; KLÜGEL, S.; KIPPER, R.: Lastabtragung - Allgemeine Grundlagen. <https://www.gleisbauwelt.de/lexikon/infrastruktur/lastabtragung/allgemeine-grundlagen/>. Datum des Zugriffs: 18.02.2020

Maßnahme	Mikro-Lebenszyklus Schiene	Mikro-Lebenszyklus Bahnkörper	Makro-Lebenszyklus Bahnanlage
Planung & Bau	Herstellung und Errichtung	Herstellung und Errichtung	Herstellung und Errichtung
Inspektion der Schiene	Instandhaltung	Instandhaltung	Instandhaltung
Schleifen der Schiene	Instandsetzung	Instandhaltung / Instandsetzung	Instandhaltung
Schientausch	Rückbau	Instandsetzung	Instandhaltung / Instandsetzung
Gleisumbau	Rückbau	Rückbau	Instandsetzung
Gleisrückbau	Rückbau	Rückbau	Rückbau

Bild 4-1 Unterscheidung in Mikro- und Makro-Lebenszyklen der Gleisinfrastruktur

#### 4.1.3 Planungsphasen, Oberbautypen und betriebliche Infrastrukturplanung

Die Planung der Eisenbahninfrastruktur kann in unterschiedliche Phasen eingeteilt werden. In Österreich sind hierbei die Leistungsmodelle.Vergütungsmodelle (LM.VM) nach *Lechner*, herausgegeben vom Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU Graz, weitverbreitet, um die Planungsleistungen diverser Fachdisziplinen im Bauwesen zu beschreiben. Im speziellen definiert das Leistungsmodell Ingenieurbauwerke (LM.IB) – welches auch für Neubauten, Wiederaufbauten, Erweiterungsbauten, Umbauten, Modernisierungen, Instandsetzungen und Instandhaltungen von Infrastrukturbauten im Rahmen von Eisenbahnen Anwendung findet – hierbei die folgenden neun Leistungsphasen:<sup>102</sup>

- Grundlagenanalyse
- Vorentwurf
- Entwurfsplanung
- Einreichplanung
- Ausführungsplanung
- Ausschreibung und Mitwirkung an der Vergabe
- Begleitung der Bauausführung
- Örtliche Bauaufsicht und Dokumentation
- Objektbetreuung

Definiert werden hierbei diverse Grundleistungen und optionale Leistungen, auf welche an dieser Stelle nicht näher eingegangen wird. Die Richtlinien und Vorschriften für das Eisen-

<sup>102</sup> LECHNER, H.: Leistungsmodell Ingenieurbauwerke [LM.IB]. S. 4ff.

bahnwesen (RVE) 12.01.01 unterscheidet im Gegensatz zum LM.IB in die Machbarkeitsprüfung und Voruntersuchung, das Vorprojekt und das Einreichprojekt sowie in das Detailprojekt.<sup>103</sup>

In der Konzeptionierung bzw. Dimensionierung der Oberbaukonstruktion werden hauptsächlich die zu erwartende tägliche Belastung sowie die zulässige Streckengeschwindigkeit als Entscheidungskriterien herangezogen. Bezüglich der Oberbautypen wird allgemein unterschieden in den Schotteroberbau (SchO) bzw. den klassischen Oberbau – bestehend aus Schiene, Schienenbefestigung, Schwelle, Schotterbettung und Planumsschutzschicht – sowie in den schotterlosen Oberbau bzw. die Feste Fahrbahn – bestehend aus Schiene, Schienenbefestigung, Schwelle, Betontragschicht bzw. Asphalttragschicht, hydraulisch gebundener Tragschicht und Frostschutzschicht. Eine Entscheidung über die notwendigen Gleisinfrastrukturkomponenten fällt demnach konsequenterweise bereits in einer frühen Projektphase, in welcher Hersteller und Produzenten ihr technologisches Know-how nicht miteinander bringen können.

#### *Exkurs Feste Fahrbahn (FF):*

*Die Feste Fahrbahn als Alternative zum herkömmlichen Oberbau kennzeichnet sich grundsätzlich durch eine stabile und feste Lage, wobei bezüglich der Bauart hinsichtlich der Lagerung unterschieden wird in eine kontinuierliche Auflagerung (ohne Schwellen) und eine Stützpunktlagerung (mit Schwellen). Vor allem bei Hochgeschwindigkeitsnetzten gewinnt diese schotterlose Oberbauform an Bedeutung, der derzeitige Anteil im europäischen Schienennetz ist jedoch trotz der großen Anzahl an unterschiedlichen Systemen bzw. Bauformen gering.<sup>104</sup> Die Ursache hierfür sind unter anderem die üblicherweise höheren Investitionskosten. Außerdem müssen der Interaktion mit dem Unterbau (im Speziellen bezüglich der Rissbildungen in der Betontragschicht) eine größere Aufmerksamkeit gewidmet und besondere Anforderungen an die Setzungsempfindlichkeit bzw. Stabilität des Untergrundes gestellt werden. Des Weiteren ist die unfallbedingte Instandsetzungsaufwand, bspw. nach einer Entgleisung, um ein vielfaches zeitintensiver als beim herkömmlichen Schotteroberbau.<sup>105</sup>*

Die elementare Bedeutung einer leistungsgerechten Planung für einen lebenszykluskostenoptimierten Fahrweg wird in Kapitel 4.2.1 näher beschrieben. Die betrieblichen Implikationen planerischer Natur aus der betrieblichen Infrastrukturplanung für die Ausgestaltung der Gleisinfrastruktur werden in Kapitel 4.3.2 erläutert.

<sup>103</sup> Vgl. FSV – ARBEITSGRUPPE „EISENBAHNWESEN – PLANUNG, VERKEHR UND UMWELT“ – ARBEITSAUSSCHUSS „LEISTUNGSBILD EISENBAHNPLANUNG“: RVE 12.01.01–Eisenbahn Infrastrukturplanung, Ziel- und Aufgabenbeschreibung. [https://www.arching.at/fileadmin/user\\_upload/redakteure/LM\\_VM\\_2014/RVE\\_12\\_01\\_01\\_161227\\_GT\\_OPT.pdf](https://www.arching.at/fileadmin/user_upload/redakteure/LM_VM_2014/RVE_12_01_01_161227_GT_OPT.pdf). Datum des Zugriffs: 20.02.2020

<sup>104</sup> Vgl. GLEISBAU WELT; IVE - TU BRAUNSCHWEIG;: Oberbauformen. <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/infrastruktur/oberbau/oberbauformen/>. Datum des Zugriffs: 18.02.2020

<sup>105</sup> Vgl. DARR, E.; FIEBIG, W.: Feste Fahrbahn: Innovative Oberbauart des Fahrwegs. In: Deine Bahn, Band 43, Nr. 4/2015. S. 32-38

#### 4.1.4 Schienenherstellung

Unabhängig von der Oberbaukonstruktion kommt der Schiene als Grundlage für die Eisenbahn eine besondere Bedeutung zu. Nicht umsonst wird gemeinhin die Schiene als Symbol für das gesamte System Eisenbahn verwendet. Sie übernimmt durch den radialen Querschnitt die Spurführung des konisch geformten Bahnrad und verhindert – außer bei Kurvenfahrt in engen Bögen – einen direkten Kontakt mit den Spurkränzen der Räder. Durch die geringe Kontaktfläche entstehen entsprechend große Kräfte, welche von der Schiene in allen drei Dimensionen – vertikal, horizontal und längs zur Gleisachse – über den restlichen Oberbau in den Unterbau sowie den Untergrund abgeleitet werden müssen. Außerdem fungiert die Schiene als elektrischer Leiter für die Stromrückleitung sowie für die Gleisfreimeldung. In der Herstellung der Schiene – in Europa ausschließlich durch Sauerstoffblasverfahren bzw. LD-Verfahren – ist aufgrund der verheerenden Folgen eines Produktionsfehlers ein späteres Versagen der Schiene durch exzessives Prüfen, bspw. durch Ultraschallprüfungen, auszuschließen. Fehler bei der Schienenstahlerzeugung sind bspw. metallurgischer Natur oder bedingt durch eine fehlerhafte chemische Zusammensetzung. Bei der eigentlichen Schienenherstellung können außerdem Walzfehler auftreten. Eingesetzt wird im Eisenbahnbetrieb in Österreich und Deutschland primär die Breitfuß- bzw. Vignolschiene, wobei teils erhebliche Unterschiede in Gewicht und Länge auftreten können. Bezüglich der Schienengüte wird u.a. hinsichtlich der Mindestzugfestigkeit, der Stahlsorte, dem Härtebereich sowie speziellen Behandlungsverfahren unterschieden. Eine Ausnahme bezüglich des Querschnitts der Schiene stellt der Straßenbahnverkehr bzw. schienengebundene Stadtverkehr dar, bei welchem i.d.R. Rillenschienen eingesetzt werden. Je nach Anforderungen an den Oberbau sowie die konstruktive Ausführung erfolgt demnach die Auswahl einer geeigneten Schiene.<sup>106,107</sup>

#### 4.1.5 Gleisneubau und Gleisumbau

Bei der baulichen Erstellung von Eisenbahnstrecken ist aus technologischer Sicht vor allem der hohe Automatisierungsgrad hervorzuheben. Hierdurch hat sich der notwendige Personalaufwand bei Tätigkeiten im Gleisneubau und dem Gleisumbau seit 1950 sukzessive um mehr als 90% reduziert. Dies gilt somit neben dem Neubau von Eisenbahnstrecken auch für die Instandsetzungsarbeiten, Inspektionen, Wartungen und sonstige Instandhaltungs- und Erneuerungsmaßnahmen. So hat sich die Arbeitslänge einer Instandhaltungsoptimierung durch moderne Stopfmaschinen im Oberbau von unter 50 km/Jahr durch Hand- bzw. Kraftstopfung auf über 300km/Jahr erhöht. Die Kosten pro Laufmeter sanken im selben Zeitraum von bis zu 60€/lfm auf weit unter 5 EUR/lfm.<sup>108</sup>

<sup>106</sup> Vgl. GLEISBAU-WELT: Schiene. <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/infrastruktur/oberbau/schiene/>. Datum des Zugriffs: 18.02.2020

<sup>107</sup> Vgl. LINSEL, R.; MEIBNER, K.: Schienen und Schienenschweißen. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 73

<sup>108</sup> Vgl. VEIT, P.: Instandhaltung und Anlagenmanagement des Fahrwegs. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 1003

Bei Gleisneubau- und Gleisumbauarbeiten kommen im Regelfall hochautomatisierte Gleisbau- bzw. Gleisverlegemaschinen zum Einsatz. Der Neubau und Umbau des Gleisoberbaus erfolgt demnach zumeist im maschinellen Fließbandverfahren. Es kommen jedoch auch traditionelle Taktverfahren durch die Verwendung eines Portalkran-Systems weiterhin zum Einsatz, wenn dies durch entsprechende wirtschaftliche, geografische bzw. lokale sowie systemgebundene Notwendigkeiten erforderlich ist. Die Österreichische Baugeräteliste (ÖBGL) unterscheidet im Bereich des Gleisoberbaus in folgende Geräte:<sup>109</sup>

- Bettungsreinigungsmaschinen
- Verlege- und/oder Umbauzüge
- Stopfmaschinen
- Schotterplaniermaschinen, Kehreinrichtungen und Gleisstabilisatoren
- Gleisverlegegeräte
- Lokomotiven und Zweiwegemaschinen
- Eisenbahnwagen
- Kleine Werkzeuge, Mess- und Kontrollgeräte
- Sonstige Gleisbaugeräte: u.a. Schienenbearbeitungsmaschinen wie Schienenschleif-, Schienenhobel- und Schienenfräßmaschinen

Die Anschaffungskosten bzw. der mittlere Neuwert dieser Gerätschaften beträgt oftmals mehrere Millionen Euro und die monatlichen Reparaturkosten betragen ebenfalls bis zu 250T Euro. Die Durchführung eines Gleis(um-)baus sowie einer Gleisinstandhaltung (Vgl. Kap. 4.1.6) ist demnach mit hohen Anschaffungskosten sowie laufenden Instandhaltungskosten für die ausführenden Unternehmen verbunden. Eine Erweiterung der Wertschöpfungstiefe in die Instandhaltungsphase des Gleises bzw. der Schiene ist demnach mit entsprechend Investitionen verbunden.

Unabhängig von der Baumethodik ist eine projektspezifische Bauablaufplanung erforderlich. Die individuellen Parameter einer jeden Baustelle wirken auf die Entscheidung ein und können Auswirkungen auf die Dauer der Sperrpausen, die Emissionswerte und die eingebrachte Man-Power haben.<sup>110</sup> Für die Vereinfachung dieser Entscheidung werden vereinfachte Varianten bzw. Szenarien, bspw. durch das DiVA-Tool<sup>111</sup> zur digitalen Verfahrensanalyse der Ingenieurgesellschaft für Verkehrs- und Eisenbahnwesen (IVE), gegenübergestellt und simuliert. Hierbei wird durch die Eingabe von Inputparametern der lokalen Bedingungen, der Sperrpausenart und der Schichtart sowie einer Gegenüberstellung der unterschiedlichen Baumaßnahmen (maschinell oder konventionell) und den zugehörigen

<sup>109</sup> Vgl. FACHVERBAND DER BAUINDUSTRIE: Österreichische Baugeräteliste 2015. S. F1ff.

<sup>110</sup> Vgl. GLEISBAU-WELT: Gleisbau und Instandhaltung. <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/gleisbau-und-instandhaltung/>. Datum des Zugriffs: 20.02.2020

<sup>111</sup> <http://www.slate.fr/story/87823/scandale-trains-trop-larges-manip-et-bulle-mediatique>. Datum des Zugriffs: 01.03.2020

Baustellensicherungskosten und Betriebserscherniskosten die optimale Baumethodik bzw. die geeignetste Gleisbaumaschine erhoben.

#### 4.1.6 Instandhaltung

Neben einer den Nutzungsansprüchen gerechten Dimensionierung, einer fehlerfreien Produktion der Gleiskomponenten und einer fachgerechten baulichen Erstellung des Bahnkörpers, ist für eine möglichst lange technische Lebensdauer mit möglichst hoher Verfügbarkeit, Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit, eine sachgerechte Instandhaltung erforderlich. Im Sinne der lebenszyklusorientierten Implikationen der in dieser Arbeit beschriebenen Ertragsmodelle werden nachfolgend unterschiedliche Instandhaltungsmaßnahmen aufgelistet sowie deren Umsetzungsmethoden beschrieben. Die Instandhaltung des Oberbaus gliedert sich hierbei in die folgenden vier zeitlich aufeinanderfolgenden Teilgebiete:<sup>112</sup>

- Inspektion und Messung (Measurement)
- Auswertung und Verarbeitung (Processing)
- Maßnahmenplanung (Maintenance planning)
- Durchführung der Instandhaltungsmaßnahme (Maintenance execution)

Die Überprüfung des Schienenoberbaus der Deutschen Bahn (DB) erfolgt anhand der nachfolgend aufgelisteten Inspektionen bzw. Prüfungen, wobei die Inspektionshäufigkeit hierbei von der jeweiligen Gleiskategorie abhängig ist:<sup>113</sup>

- Prüfung der Gleisgeometrie mit Gleismessfahrzeugen
- Fahrtechnische Prüfung
- Strecken- und Gleisbegehung
- Streckenbefahrung (visuelle Prüfung)
- Inspektion der Weichen, Kreuzungen, Schienenauszüge und Hemmschuhauswurfvorrichtungen
- Ultraschallprüfung mit dem Schienenprüfzug bzw. mit handgeführten Geräten
- Prüfung des Schienenkopflängsprofils
- Stoßlückenprüfung

Zusätzlich dazu überwacht die Eisenbahnaufsicht des deutschen Eisenbahn-Bundesamts die ordnungsgemäße Durchführung notwendiger Instandhaltungsprozesse durch die Deutsche Bahn (DB) – wobei sowohl organisatorische Aspekte geprüft, als auch konkrete Maßnahmen zur Mängelbeseitigung stichprobenartigen Kontrollen unterzogen werden.<sup>114</sup>

<sup>112</sup> Vgl. VIDOVIC, I.: Railway Infrastructure Condition Monitoring and Asset Management – The Case of Fibre Optic Sensing. Dissertation. S. 1ff.

<sup>113</sup> FORSCHUNGSMITTELSYSTEM (FIS): Wartung und Instandhaltung des Eisenbahnfahrweges. <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/322429/>. Datum des Zugriffs: 23.02.2020

<sup>114</sup> Vgl. FREYSTEIN, H.: Eisenbahnaufsicht zur Instandhaltung. In: Deine Bahn, 1/2009. S. 16-19

Die Analyse der erhobenen Messdaten ist in weiterer Folge ausschlaggebend für die Maßnahmenplanung. Hierunter fallen bspw. eine Bewertung der Dringlichkeit einer Instandsetzung und das Beurteilen von möglichen Maßnahmen aus technologischen, ökonomischen sowie betrieblichen Gesichtspunkten. Bezüglich der Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen des Oberbaus sind derzeit in Deutschland und Österreich u.a. die nachfolgenden Arbeitsverfahren der *Maintenance execution* üblich:<sup>115</sup>

- *Schienenbearbeitung*: Schienenschleifen, Schienenfräsen, Schienenhobeln
- *Schienenwechsel*: Austausch der Schienen
- *Schwellenwechsel*: Austausch der Schwellen
- *Bettungsreinigung*: Reinigung des Gleisschotters und Einbringung von Neuschotter
- *Querschnittsprofilierung*: Herstellung des richtigen Bettungsquerschnittes
- *Stopfen*: Anheben der Gleise und Verdichten des Gleisschotters
- *Planumsverbesserung*: Verbesserung des Unterbaus
- *Beseitigung von Einzelfehlern*: Gleislagenfehler, Schwellensanierung, Spurberichtigung, ...
- *Wartungsarbeiten*: Vegetationskontrolle, präventive Schienenpflege, Schmieren der Gleitstuhlplatten, ...

Beim Schleifen der Schiene kann bezüglich der Ursache bzw. Art des Schleifeinsatzes unterschieden werden. Welche Schienenfehler hierbei direkt oder vorbeugend behandelt werden, wird anschließend erläutert. Beim *Neuschienenschleifen*, kurz nach dem Einbau der Schiene im Gleis, werden Mikrounebenheiten sowie Walzsinter entfernt. Beim *Präventivschleifen* werden Fehler – unter anderem durch High-Speed-Grinding mit hoher Geschwindigkeit – beseitigt, bevor diese ein unerwünschtes Ausmaß annehmen. Das *Erhaltungsschleifen* wird als Reaktion auf akut auftretende Mängel und Schäden sowie zur Reprofilierung der Schienen eingesetzt. Außerdem muss der Schweißstoß nach erfolgreichem Verbindungsschweißen zwischen zwei Schienen nach dem Abscheren und Abkühlen – zumeist mit handgeführten Schienenkopfschleifmaschinen – nachbehandelt werden. Ein zusätzlicher Grund für die Durchführung von Schienenschleifarbeiten ist die *Lärmschleifung*, bei welcher Oberflächenfehler beseitigt werden, welche das Rollgeräusch negativ beeinflussen. Dies ist in bebauten Gebieten vor allem dann notwendig, wenn Anrainerbeschwerden vorliegen.<sup>116</sup>

Ist eine weitere Instandhaltung bzw. Instandsetzung aus technologischer oder aus ökonomischer (Vgl. Kap. 4.2) Sicht nicht mehr sinnvoll, erfolgt eine Erneuerung in Form eines Gleisumbaus. Die Abgrenzung, welche Maßnahmen einer Instandhaltung bzw. Instandsetzung zugeordnet werden können und welche Maßnahmen als Erneuerung zu bezeichnen

<sup>115</sup> Vgl. MARX, L.; MOBMANN, D.; KULLMANN, H.: Arbeitsverfahren für die Instandhaltung des Oberbaues. S. 99-706

<sup>116</sup> Vgl. GLEISBAU-WELT: Schienenbearbeitung. <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/gleisbau-und-instandhaltung/maschineller-gleisbau/schienenbearbeitung/>. Datum des Zugriffs: 20.02.2020

sind ist hierbei in der Literatur nicht eindeutig definiert. Von einem Gleisumbau wird in weiterer Folge immer dann gesprochen, wenn mehrere Gleiskomponenten ganzheitlich – oder im Falle des Gleisschotters mehrheitlich, da ein gewisser Prozentanteil wiedereingebaut werden kann – ausgetauscht werden.

Bei Instandhaltungs- und Erneuerungsmaßnahmen, welche einen Schienenwechsel beinhalten bzw. auch bei einem ganzheitlichen Gleisneubau und Gleisumbau hat außerdem das Schienenschweißen eine große Bedeutung. Nachdem die Schienen zunächst provisorisch verlascht werden, erfolgt nach dem Herstellen der korrekten Gleislage eine dauerhafte und durchgehende Verschweißung. Unterschieden wird hierbei in Schweißverfahren mit Schweißzusätzen (aluminothermisches Gießschmelzschweißen und Lichtbogenschweißen) und Verbindungsschweißen ohne Einbringen von zusätzlichem Material (Abtrennstumpfschweißen und Gaspressschweißen).<sup>117</sup>

#### 4.1.7 Schienenfehler

Die technologische Lebensdauer<sup>118</sup> der Schiene hängt von mehreren Faktoren ab. Insbesondere sind hierbei folgende Einflüsse relevant:

- Kumulierte Betriebsbelastung
- Achslasten
- Fahrzeugzustände
- die Fahrzeuggeschwindigkeit
- die Schienengüte
- Schienenform
- Gleislagequalität
- Einbaulage – Außenschiene (hoher Verschleiß) bzw. Innenschiene im Bogen (geringer Verschleiß<sup>119</sup>) oder Gerade
- Neigung
- Produktionsqualität
- Schienenpflege (Schleifen)
- Behandlung während des Transportes
- Behandlung während des Einbaus

<sup>117</sup> Vgl. LINSEL, R.; MEIBNER, K.: Schienen und Schienenschweißen. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 78

<sup>118</sup> Die technologische Lebensdauer beschreibt den Zeitraum, in welchem die Schiene ihren funktionalen Ansprüchen bezüglich Verfügbarkeit, Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit gerecht wird. Die wirtschaftliche Lebensdauer beschreibt dahingehen die Zeitspanne von Schieneneinbau bis zu dem Zeitpunkt, an welchem die weitere Instandhaltung aus ökonomischer Sicht nicht mehr sinnvoll ist und eine Re-Investition in eine neue Schiene getätigt werden muss.

<sup>119</sup> Ausnahme: Bei Hochgeschwindigkeitsstrecken kann eine hohe Querneigung der Bögen dazu führen, dass weniger leistungsstarke Züge die Bögen mit einer zu geringen Geschwindigkeit befahren. Dies führt zu einem starken Spurkranzkontakt auf der Innenschiene (Innensehenstellung), wodurch der Verschleiß der selbigen sich konsequenterweise stark erhöht.

Das Ende der technologischen Lebensdauer, welches zeitgleich die Mikro-Lebenszyklusphase des Rückbaus bzw. des Ausbaus der Schiene einleitet, kann dabei auf unterschiedliche Schienenfehler zurückgeführt werden. Wichtig ist hierbei eine frühzeitige Erkennung, um zeitnah konkrete Maßnahmen einzuleiten und somit einen Bruch der Schiene zu verhindern.<sup>120</sup> Neben den bereits angeführten Fehlern in der Schienenstahlerzeugung und der Schienenherstellung können außerdem Fehler im Schienentransport und bei der Schienenverlegung – bspw. durch Verquetschungen, Schlagstellen wie Kerben und Dellen sowie Verbiegungen um die x- oder y-Achse – auftreten. Im eigentlichen Betrieb der Schiene entstehen eine Vielzahl an äußeren Fehlern in Folge von Verschleiß, Rollkontakt und Radschlupf sowie innere Fehler u.a. durch Überbelastung und/oder Ermüdung, worauf in Kapitel 4.3 näher eingegangen wird. Zusammengefasst können folgende Ursachen für Schienenfehler angeführt werden:<sup>121</sup>

- Verschleiß durch den Fahrbetrieb (s. hierzu auch Kap. 4.3)
- Schäden durch Witterungseinflüsse und deren Folgen
- Schäden durch Unfälle
- Schäden durch die fehlerhafte Durchführung von Schweißarbeiten
- Schäden als Folge von Fehlern beim Transport
- Schäden als Folge von Fehlern bei der Schienenverlegung
- Schäden, die im Zuge des Herstellungsprozesses entstehen
- Inhomogenität im Werkstoff, verursacht bei der Stahlproduktion

Als Beispiele für Schienenfehler, welche in der Nutzungsphase des Gleises auftreten, sind hierbei vor allem die folgenden zu nennen: <sup>122,123,124,,125</sup>

- *Riffel*: Regelmäßige, periodische Unebenheiten auf der Fahrfläche im geraden Gleis oder in Bögen mit großen Radien. Ursache: Viele Fahrzeuge beschleunigen stark und die Antriebsräder bekommen Schlupf.
- *Schlupfwelle*: Wellenförmige, periodische Unebenheiten der Fahrfläche. Ursache: Starre Verbindung zwischen den beiden drehzahlgleichen Rädern in engen Bögen.
- *Schleuderstellen*: Selbstgehärteter Fleck mit ovalem Umriss auf der Fahrfläche. Ursache: Schleudern des Triebrades in Anfahr- und Bremsabschnitten.
- *Eindrückungen*: Periodische Eindrücke auf der Fahrfläche. Ursache: Harte Fremdkörper auf der Schiene bei der Überfahrt (punktuell durch Verunreinigung oder wiederholt durch Fremdkörper am Rad).

<sup>120</sup> Vgl. DANZER, P.: Prognose der Lebenszykluskosten (LCC) von Fahrbahnkomponenten am Beispiel der Vignolschiene. Tagungsbericht. S. 19-7

<sup>121</sup> GLEISBAU-WELT; VOESTALPINE SCHIENEN;; Verschleiß und Schienenfehler. <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/infrastruktur/oberbau/schiene/verschleiss-und-schienefehler/>. Datum des Zugriffs: 20.02.2020

<sup>122</sup> Vgl. GLEISBAU-WELT; VOESTALPINE SCHIENEN;; Verschleiß und Schienenfehler. <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/infrastruktur/oberbau/schiene/verschleiss-und-schienefehler/>. Datum des Zugriffs: 20.02.2020

<sup>123</sup> Vgl. LINSEL, R.; MEIBNER, K.: Schienen und Schienenschweißen. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 90-95

<sup>124</sup> Vgl. DEY, A. et al.: Die Klassifizierung von Oberflächenfehlern in Schienen mit der Wirbelstromprüfung S. 2-7

<sup>125</sup> Vgl. MARX, L.; MOßMANN, D.; KULLMANN, H.: Arbeitsverfahren für die Instandhaltung des Oberbaues. S. 88-89

- *Squats*: Zunächst schwarze Punkte, mit sich vergrößernden, flachverlaufenden Rissen; mit fortgeschrittenem Zustand entsteht ein sichtbar halbkreis- oder v-förmiger Riss um die schwarzen Punkte. Treten im geraden Gleis und in Bögen mit großen Radien auf. Ursache: Rollkontaktermüdung, Ursprung nicht eindeutig geklärt.<sup>126</sup>
- *Head Checks*: Feine, schräg verlaufende Risse im Fahrkantenbereich an Bogenaußenschienen oder in Geraden abwechselnd an beiden Fahrkanten. Ursache: Rollkontaktermüdung durch hohe Radsatzlasten und Fahrgeschwindigkeiten.
- *Belgrospis*: Rissnester bzw. Rissflecken an der Außenschiene von Richtungsgleisen in Schnellfahr Gleisen. Ursache: Rollkontaktermüdung, möglicherweise Zusammenhang mit auftretenden, nicht behandelten Rissen.
- *Shelling*: Schwarzer Fleck, Fahrbahnabsenkung zur Fahrkante hin und späterer Fahrkantenausbruch. Sind im Anfangsstadium nicht visuell erkennbar. Ursache: Meist zeilenförmiger Ausgang infolge nichtmetallischer Einschlüsse aus  $Al_2O_3$ .

Grundsätzlich wirken sich Fehler neben den Eigenschaften und dem Einbauort der Schiene selbst – wie bereits einleitend erwähnt – in den nachfolgenden Komponenten des Oberbaus sowie im Unterbau und dem Untergrund auf die Lebensdauer bzw. den Verschleiß der Schiene aus. Das Schleifen, Fräsen, Hobeln und Reprofilieren der Schiene kann demnach zwar oberflächliche Fehler bzw. Symptome beheben, jedoch werden hierdurch im Falle eines mangelhaften Untergrunds bzw. Unterbaus tieferliegende Probleme „kaschiert“. Für eine optimale Verfügbarkeit, Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der Schiene sind demnach eine konsequente Inspektion, Instandhaltung und gegebenenfalls eine Erneuerung des gesamten Bahnkörpers notwendig.

#### 4.1.8 Sicherheit in der Instandhaltung

Gleisverwindungen bzw. Gleislagefehler, Spurerweiterungen infolge eines Versagens der Schienenbefestigung sowie dynamische Eigenschaften des Eisenbahnverkehrs und ein fahrwegseitiger Komponentenbruch (gebrochene Schiene, „eckige“ Schienenstöße und schadhafte Schienenbefestigung) sind neben Weichen primär für das Entgleisen von Zügen verantwortlich.<sup>127</sup> Um eine möglichst hohe Betriebs- bzw. Entgleisungssicherheit zu gewährleisten, ist demnach eine beanstandungsfreie und sachgerechte Behandlung der Schiene über den gesamten Lebenszyklus konsequenterweise von enormer Bedeutung.

Mit Ausnahme dieses Exkurses zur Thematik Sicherheit, wird dieses Themenfeld – als Bestandteil des RAMS<sup>128</sup> nach OVE EN 50126-1 – nicht weiter vertieft. Dies lässt sich dadurch

<sup>126</sup> Vgl. RASMUSSEN, C. et al.: Tracking down the origin of squats. In: Railway Gazette International, 172/2016. S. 1ff.

<sup>127</sup> Vgl. JUSSEL, D.: Spurführung. Vorlesungsskriptum. S. 164ff.

<sup>128</sup> RAMS: Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit.

begründen, dass eine Einhaltung sämtlicher Gesetze, Normen und Verordnungen zur Sicherstellung eines sicheren Eisenbahnbetriebs als Grundvoraussetzung für jede Innovation technologischer und strategischer Natur darstellt (Vgl. Kap. 4.4.2).

Außerdem ist ein Anlagenmanagement, welches Maßnahmen lediglich aufgrund von technologischen Sicherheitsgrenzwerten durchführt hochgradig ineffizient. Bei einer solchen Instandhaltungsstrategie fehlen notwendige Vorlaufzeiten für eine entsprechende Maßnahmenplanung, wodurch eine Gleissperrung bzw. Dauerlangsamfahrstrecke eingerichtet werden muss oder Maßnahmen sogar erst nach einem Zwischenfall umgesetzt werden (Fail & Fix – Konzept). Bei einer Instandhaltung im Sinne eines ganzheitlichen Lebenszyklusmanagements werden Maßnahmen frühzeitig geplant und umgesetzt bevor sicherheitskritische Grenzwerte erreicht werden können.<sup>129</sup>

#### 4.1.9 Bedeutung eines ganzheitlichen Wissensmanagements

Durch die Gesamtmenge der unterschiedlichen Maßnahmen, der am Bau sowie an der Instandhaltung beteiligten Unternehmen und Einzelpersonen sowie den Unmengen an erhobenen Messdaten über den gesamten Lebenszyklus, kommt einem ganzheitlichen Wissensmanagement eine enorme Bedeutung zu. Wissensmanagement beinhaltet den Erwerb, die Entwicklung, den Transfer, die Speicherung sowie die Nutzung von Wissen. Informationen, bspw. über den technologischen Zustand der Gleisinfrastruktur oder die Instandhaltungsintervalle einer bestimmten Weiche, sind hierbei die Grundvoraussetzung, um Wissen zu generieren. Unterschieden wird hierbei in expliziertes Wissen, welches formuliert und reproduziert werden kann, und impliziertes Wissen, welches nicht artikuliert werden kann und einen großen subjektiven Charakter hat. Das individuelle Wissen von Einzelpersonen kann hierbei nur durch eine koordinierte Zusammenarbeit und einer Einbettung der persönlichen Kenntnisse und Wissensbestände gesammelt, genutzt und weitergeben werden.

130

Die Liberalisierung der Eisenbahn durch die Europäische Union, durch die Trennung von Eisenbahnbetrieb und Eisenbahninfrastruktur, hat in Einzelfällen bereits veranschaulicht, welche Schäden durch eine mangelhafte Informations- bzw. Wissensweitergabe entstehen können. Repräsentativ hierfür ist die Bestellung von 2000 zu breiten Zügen durch das französische Eisenbahnverkehrsunternehmen Société nationale des chemins de fer français (SNCF) aufgrund der falschen Angabe der Plattformbreiten durch den Eisenbahninfrastrukturbetreiber Réseau Ferré de France (RFF) mit einem Gesamtschaden von über 60 Millionen

<sup>129</sup> Vgl. VEIT, P.; LANDGRAF, M.: Life Cycle Management Railway Infrastructure. Vorlesungsfolien. S. 2-3

<sup>130</sup> Vgl. GABLER WIRTSCHAFTSLEXIKON: Wissensmanagement. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/wissensmanagement-47468/version-270732>. Datum des Zugriffs: 25.02.2020

EUR.<sup>131</sup> Durch eine angestrebte höhere Wertschöpfung des Schienenherstellers (in den Ertragsmodellen 2-5) entlang des Lebenszyklus ist die beidseitige Wissensweitergabe des technologischen Know-hows sowie des Know-whys des Schienenherstellers und des Eisenbahninfrastrukturbetreibers ein erhebliches, zu berücksichtigendes Risiko.

## 4.2 Ökonomische Randbedingungen

Die bauliche Erstellung von Eisenbahnstrecken erfordert hohe Investitionen, ist jedoch durch lange Lebenszyklen von bis zu 50 Jahren für den Oberbau gekennzeichnet. Aus einem finanzwirtschaftlichen Blickwinkel kann hierdurch ein Vorteil gegenüber anderen Verkehrsträgern gewonnen werden. Dies ist jedoch nur bei einer Konzeption bzw. Planung, einer Errichtung sowie einer Instandhaltung auf höchstem Qualitätsniveau der Fall.<sup>132</sup> Die ökonomischen Randbedingungen auf Kostenseite der Gleisinfrastruktur in den einzelnen Lebenszyklusphasen wurden hierbei bereits in Kapitel 2.2 ausführlich dargelegt. Aus diesem Grund erfolgt keine Beschreibung der ökonomischen Gesichtspunkte des Neubaus, da diese bereits in Kapitel 2.2.1 ausführlich beschrieben wurden. Nachfolgend werden die ökonomischen Randbedingungen, welche über die allgemeinen Lebenszykluskosten hinausgehen, in der Objektentwicklung bzw. Planungsphase sowie der Instandhaltung und dem Gleisumbau – mit speziellem Fokus auf die Schiene – genauer geschildert. Außerdem werden weitere finanzwirtschaftliche Implikationen beschrieben, welche auf die Bewertung der Ertragsmodelle entscheidenden Einfluss ausüben.

### 4.2.1 Planungsphase

Da die Planungskosten in Kapitel 2.2 nicht näher beleuchtet wurden, erfolgt nachfolgend deren übersichtliche Beschreibung im Kontext des Gesamtlebenszyklus. Die Objektplanung von Eisenbahninfrastrukturbauten selbst hat lediglich einen Anteil von etwa 20 bis 25% der gesamten Lebenszykluskosten. Die einzelnen Leistungsphasen der Planung (Vgl. Kap. 4.1) beeinflussen jedoch maßgeblich die zukünftigen Kosten. Im Falle der Schiene haben bspw. der Einbauort (Bogen, Gerade, Steigung), der Zustand der Fahrzeuge (Flachstellen), die Betriebsbelastung, die Instandsetzungsstrategie und auch die Herstellung einen entscheidenden Einfluss auf die Lebensdauer sowie den Instandhaltungsaufwand.<sup>133,134</sup>

Zusätzlich zur initialen Konzeptionierung sowie Grob- und Detailplanung in der Erstellungsphase treten Planungskosten bei Instandsetzungen und Instandhaltungen von Objekten auf. Diese setzten sich lt. der deutschen Honorarordnung für Architekten und Ingenieure

<sup>131</sup> <http://www.slate.fr/story/87823/scandale-trains-trop-larges-manip-et-bulle-mediatique>. Datum des Zugriffs: 01.03.2020

<sup>132</sup> Vgl. GLEISBAU-WELT: Gleisbau und Instandhaltung. <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/gleisbau-und-instandhaltung/>. Datum des Zugriffs: 20.02.2020

<sup>133</sup> Vgl. DANZER, P.: Prognose der Lebenszykluskosten (LCC) von Fahrbahnkomponenten am Beispiel der Vignolschiene. Tagungsbericht. S. 19-3/19-4

<sup>134</sup> Vgl. ZEBOLD, C.: Lebenszykluskostenrechnung. S. 1ff.

(HOAI) – welche grundsätzlich ähnliche Leistungsphasen wie das in Kapitel 4.1 beschriebene LM.IB definiert – aus den anrechenbaren Kosten, der Honorarzone, den Leistungsphasen und der Honorartafel, der Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahme zusammen.<sup>135</sup>

#### 4.2.2 Instandhaltung und Gleisumbau

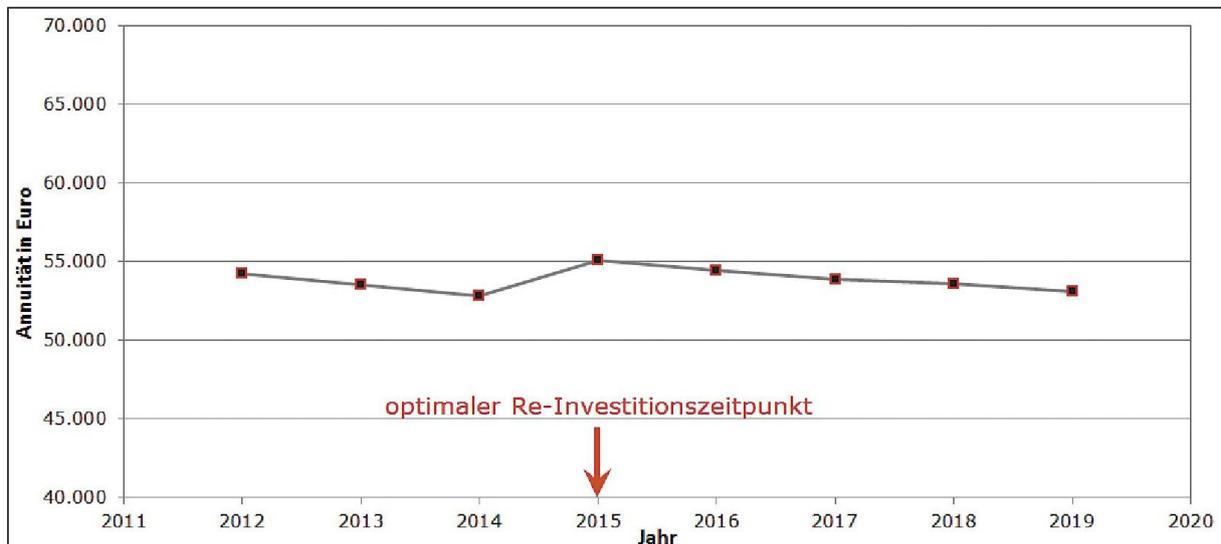
Durch die technologischen Fortschritte bzgl. der Automatisierung und Mechanisierung im Bau und der Instandhaltung der Gleisinfrastruktur (Vgl. Kap. 4.1.5), sind Kostenoptimierungen in den Maßnahmen selbst bereits weit fortgeschritten. Auch wenn eine permanente Optimierung der einzelnen Bau- und Instandhaltungsmaßnahmen weiterhin erforderlich ist, liegt in einem professionellen, lebenszyklusorientierten Anlagenmanagement derzeit das weitaus größere Optimierungspotenzial. Die Zielsetzung hierbei ist, die Ausgangsqualität, das anzustrebende Instandhaltungsniveau sowie die technische-wirtschaftliche Nutzungsdauer durch ganzheitliche Strategien in der Investition und Instandsetzung kontinuierlich zu optimieren. Neben den technischen Gesichtspunkten bezüglich der zeitgerechten Fehler- bzw. Gefahrenerkennung sowie der fachgerechten Planung und Durchführung der Instandhaltungsmaßnahme ist demnach auch eine wirtschaftliche Analyse zur Feststellung des optimalen Re-Investitionszeitpunktes erforderlich, an welcher ein Gleis- oder Komponentenumbau notwendig wird. Dieser ist dann erreicht, wenn die Annuitäten<sup>136</sup> ein Minimum erreicht haben. Auch wenn die Gleiskomponenten weiterhin aus Sicht der technologischen Nutzungsdauer nicht getauscht werden müssen, steigt nach dem anzustrebenden Re-Investitionszeitpunkt der Instandhaltungsaufwand, was oftmals mit Dauerlangsamfahrstellen und den hiermit verbundenen Betriebserschwerungskosten verbunden ist.<sup>137</sup>

In den nachfolgenden Abbildungen sind beide Szenarien anhand des jeweiligen Annuitätenverlaufes dargestellt. In Bild 4-1 ist ein starkes Ansteigen der durchschnittlichen Jahreskosten aufgrund der betrieblichen Folgekosten einer eingerichteten Dauerlangsamfahrstelle ersichtlich. Jedes weitere Jahr steigert die Lebenszykluskosten dieses Abschnittes, weshalb eine ehestmögliche Re-Investition bzw. ein umfassender Gleisumbau erfolgen sollte. Das darauffolgende Bild 4-2 zeigt die Auswirkung einer Instandsetzungsmaßnahme (maschinelle Schotterbettreinigung), aufgrund welcher die Kosten zwar wieder sinken, jedoch wegen des bereits erreichten Gleisalters kein niedriges Niveau (Kostenminimum) mehr erreichen.

<sup>135</sup> Vgl. HOAI: HOAI 2013 Volltext. [https://www.hoai.de/online/HOAI\\_2013/HOAI\\_2013.php#P3](https://www.hoai.de/online/HOAI_2013/HOAI_2013.php#P3). Datum des Zugriffs: 01.03.2020

<sup>136</sup> Annuitäten: Jahreszahlungen die sich aus Zinsen und Tilgung zusammensetzen.

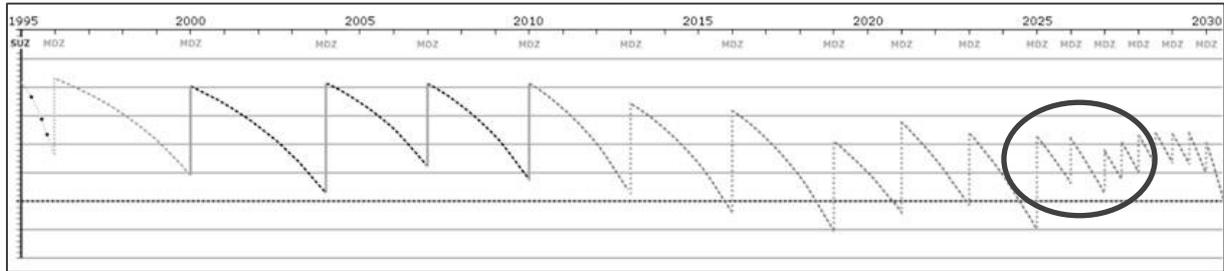
<sup>137</sup> Vgl. VEIT, P.: Instandhaltung und Anlagenmanagement des Fahrwegs. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 1005ff.

Bild 4-2 Annuitätenverlauf bei zu später Re-Investition<sup>138</sup>Bild 4-3 Annuitätenverlauf beim Einsatz einer Reinigungsmaschine in einem Teilbereich<sup>139</sup>

Dieser Sachverhalt führt vor Augen, dass neben einem technologischen Know-how in der Konzeptionierung und Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen auch ein wirtschaftliches Know-how bezüglich der Auswahl des optimalen Re-Investitionszeitpunkts von Nöten ist. Elementar ist hierbei, dass sowohl aus technologischer als auch aus wirtschaftlicher Sicht eine fundierte Entscheidungsfindung nur mit umfassenden Daten des Ist-Zustandes möglich ist. Zusätzlich zu der Datenerfassung im Zuge von Inspektionen und Messungen werden hierfür auch Erfahrungsdaten und Prognosen herangezogen. Nachfolgend ist beispielsweise eine Prognose des Stopfbedarfs dargestellt.

<sup>138</sup> Vgl. MARSCHNIG, S.; VEIT, P.: Life Cycle Management in der Realität. In: ZEVrail, 9/2012. S. 10

<sup>139</sup> Vgl. MARSCHNIG, S.; VEIT, P.: Life Cycle Management in der Realität. In: ZEVrail, 9/2012. S. 10

Bild 4-4 Prognose des Stopfbedarfs<sup>140</sup>

In Zeiten von Budgetrestriktionen können jedoch oftmals nicht alle wirtschaftlich erforderlichen Maßnahmen zeitgerecht durchgeführt werden und eine Priorisierung der Projekte in dringliche und weniger dringliche Maßnahmen muss erfolgen. Letztere werden hierbei aufgeschoben. Durch eine Vermeidung von einmaligen Investitionskosten, bspw. durch einen Kauf auf Raten bzw. ein Leasingmodell wie in Ertragsmodell 2 (Vgl. Kap. 3.4.2) und 3 (Vgl. Kap. 3.4.3) beschrieben, oder durch die Vergabe der Instandhaltung zu einem vertraglich fixierten Betrag können diese Aufschiebungen von Maßnahmen über den optimalen wirtschaftlichen Zeitpunkt hinaus vermieden werden. Dies führt konsequenterweise zu einer Senkung der Lebenszykluskosten, da Betriebserschwerungskosten als Resultat einer Aufschiebung entfallen. Auch wenn hohe Anschaffungskosten bzw. langfristige Kapitalbindungen durch solche Vergabe- bzw. Ertragsmodelle vermieden werden, wird dennoch eine langfristige Zahlungsverpflichtung eingegangen da entsprechende Verträge über die gesamte Lebensdauer einer Schiene oder sogar darüber hinaus geschlossen werden können. Ist dies – bspw. durch ein Leasing mit einer Dauer von wenigen Jahren mit anschließender Besitzübergabe – nicht der Fall, treten wiederum hohe Annuitäten auf. Grundsätzlich ist die Re-Investition auf die eine oder andere Art und Weise stets mit Investitionskosten verbunden, weshalb eine Gegenüberstellung der Kosten und Nutzen als mögliches Entscheidungskriterium für eine Reihung der anstehenden Projekte – wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt – sinnvoll ist.

<sup>140</sup> VEIT, P.: Instandhaltung und Anlagenmanagement des Fahrwegs. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 1047

Nutzen	Verhinderter Schaden	$KI/(N_z+S_v)$
>0	>0	>0
Oberbaustoffe aus LCC-Sicht richtig gewählt, Ist-Komponenten entsprechen nicht der Strategie	Optimaler Re-Investitionszeitpunkt	Gutes Ranking, dem zusätzlichen Nutzen stehen tendenziell höhere Investitionskosten entgegen.
0	>0	>0
Oberbaustoffe aus LCC-Sicht richtig gewählt, Ist-Komponenten entsprechen der Strategie	Optimaler Re-Investitionszeitpunkt	Gutes Ranking
<0	>0	>0 oder <0
Oberbaustoffe aus LCC-Sicht falsch, entsprechen nicht der Strategie	Optimaler Re-Investitionszeitpunkt	Diskussion mit Anlagenverantwortlichem, ggf. Anpassung der Komponenten
>0	<0	>0 oder <0
Oberbaustoffe aus LCC-Sicht richtig gewählt, Ist-Komponenten entsprechen nicht der Strategie	Optimaler Re-Investitionszeitpunkt nicht erreicht	Falls positiv: die Verbesserung rechtfertigt den verlorenen Restwert Falls negativ: aussortieren, Verbleib bei der derzeitigen Konfiguration günstiger
0	<0	<0
Oberbaustoffe aus LCC-Sicht richtig gewählt, Ist-Komponenten entsprechen der Strategie	Optimaler Re-Investitionszeitpunkt nicht erreicht	Projekt wird aussortiert, die Ersatzmaßnahmen (Instandsetzung, LA) sind günstiger
<0	<0	<0
Oberbaustoffe aus LCC-Sicht falsch, entsprechen nicht der Strategie	Optimaler Re-Investitionszeitpunkt nicht erreicht	Projekt wird aussortiert, die Ersatzmaßnahmen (Instandsetzung, LA) sind günstiger

Bild 4-5 Mögliche Fälle zur Projektreihung<sup>141</sup>

#### 4.2.3 Sonstige finanzwirtschaftliche Randbedingungen

Durch die enorme Höhe der Investitionskosten im Bau und Umbau des Gleises sowie in der Instandhaltung der Gleisinfrastruktur kommt den Finanzierungskosten eine besondere Bedeutung zu. In den beiden Ertragsmodellen, in welchen die einmaligen Anschaffungskosten durch jährliche Annuitäten ersetzt werden, gehen die Zinslast sowie die Bürde der Kapitalbindung an den Schienenhersteller über. Die hierbei entstehenden Finanzierungskosten in Kombination mit etwaigen Wagnisaufschlägen, fließen zwar in die Berechnung der jährlichen Zahlungen mit ein, jedoch führt eine Erhöhung der Kapitalbeschaffungs- und Tilgungskosten sowie des Zinsaufwandes unweigerlicher zu höheren Annuitäten. Bei Vertragslaufzeiten über mehrere Jahrzehnte ist das entstehende Risiko, welches durch eine Vorfinanzierung entsteht, entsprechend zu berücksichtigen. Hierunter fällt konsequenterweise auch die Entwicklung der Inflationsrate.

Ein Vergleich von Schienen bzw. Instandhaltungsmaßnahmen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist immer dann durchzuführen, wenn unterschiedliche qualitative Ausfüh-

<sup>141</sup> VEIT, P.; MARSCHNIG, S.: PlanBudget. ÖBB Infrastruktur AG Projektbericht. S. unbekannt; Entnommen aus: MARSCHNIG, S.; VEIT, P.: Nachhaltige Bewirtschaftung der Infrastruktur unter Budgetrestriktionen. In: ZEVrail, 6/7/2012. S. 7

rungsmöglichkeiten bestehen. In diesem Fall besteht eine Gegenüberstellung von Investitionskosten bzw. Kapitalkosten sowie von laufenden Kosten bzw. Betriebskosten zwei unterschiedlicher Varianten. Die günstigste Variante in der Anschaffung ist hierbei i.d.R. unter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten nicht die wirtschaftliche Maßnahme. Ein Beispiel hierfür ist die Verwendung von kopfgehärteten Schienen im Bogen von Straßenbahnen. Die etwa 15-30% höheren jährlichen Kapitalkosten durch diese Variante der Ausführung werden durch die um bis zu 40% niedrigeren jährlichen Instandhaltungskosten mehr als ausgeglichen, sodass sich Gesamteinsparungen von 10-15% ergeben.<sup>142</sup>

Eine komplementäre ökonomische Betrachtung der Gleisinfrastruktur als Ergänzung der technologischen Randbedingungen ist eine Grundvoraussetzung für eine Optimierung der Gleisinfrastruktur. Das hierbei entstehende Innovationsrisiko, bspw. durch hohe Kosten für Forschung und Entwicklung, das Experimentieren mit neuen Vertragsstrukturen und Vergabeverfahren sowie die zu erwartenden internen und externen Hemmnisse bei der Markteinführung, muss von Herstellerunternehmen und Eisenbahninfrastrukturbetreibern bzw. der Eisenbahngesellschaft als Ganzes gemeinschaftlich getragen werden. Ein ganzheitliches Anlagenmanagement mit dem Ziel einer Lebenszykluskostenoptimierung ist die logische Weiterentwicklung der bisher primär durch Mechanisierung und Automatisierung getriebenen Kosten- und Systemoptimierung der Gleisinfrastruktur.

### 4.3 Betriebliche Randbedingungen

Neben den technologischen Voraussetzungen sowie den finanzwirtschaftlichen Konsequenzen, sind vor allem die Randbedingungen aus dem Eisenbahnbetrieb essenziell für die Bewertung und Umsetzung der lebenszyklusorientierten Ertragsmodelle. Hierbei sind neben den Interessen des Schienenherstellers (als Verkäufer eines Produktes bzw. einer Dienstleistung) und des Eisenbahninfrastrukturunternehmens bzw. -betreibers (EIU – als Käufer eines Produktes bzw. einer Dienstleistung) auch die Bedürfnisse des Eisenbahnverkehrsunternehmens (EVU – als Nutzer dieses Produktes bzw. dieser Dienstleistung) sowie die Auswirkung der Gleisinfrastrukturbenutzung durch das EVU zu berücksichtigen. Eine mangelhafte Planung bzw. Ausführung von technischen Maßnahmen wirkt sich durch Einschränkungen bezüglich Verfügbarkeit und Gebrauchstauglichkeit ebenfalls auf das EVU aus und überdurchschnittlich hohe Kosten entlang des Lebenszyklus führen notgedrungen früher oder später zu einer aliquoten Erhöhung des Infrastrukturbenutzungsentgelt (IBE). Der Eisenbahnbetrieb kennzeichnet sich jedoch durch eine kausale Wechselwirkung, wodurch das EVU als Nutzer der Gleisinfrastruktur einen direkten Einfluss auf den technischen Zu-

<sup>142</sup> Vgl. FRANK, N.; UHRIG, R.: LCC am Beispiel von Rillenschienen eines Nahverkehrsbetriebes. Tagungsbericht. S. 20-8

stand sowie die entstehenden Kosten hat. In weiterer Folge werden demnach die betrieblichen Auswirkungen auf die Dimensionierung bzw. Planung von Eisenbahnstrecken sowie auf die Instandhaltung und den Gleisumbau des Bahnkörpers behandelt. Letzteres beinhaltet ebenfalls die Auswirkungen von Betriebsänderungen auf die Gleisinfrastruktur. Weitere betriebliche Randbedingungen werden im abschließenden Unterkapitel behandelt.

#### 4.3.1 Betriebliche Infrastrukturplanung

Welche Eisenbahninfrastruktur genügt der spezifischen Situation am besten? Die Beantwortung dieser Frage setzt voraus, dass die spezifische Situation bekannt ist, d.h. die technisch sowie wirtschaftlich relevanten spezifischen Rahmenbedingungen der jeweiligen Gleisinfrastrukturkomponenten erfasst werden können. In der Objektplanung bedeutet dies, dass derartige Rahmenbedingungen wie das Verkehrsaufkommen – die antizipierte Verkehrsbelastung, die angestrebte Fahrtgeschwindigkeit, der Güterverkehrsanteil, udgl. – die Konstruktion bzw. Dimension des Unterbaus und die Qualität des Untergrunds bzw. etwaiger Kunstbauten sowie die Qualität der Maschinen, die regionalen Klimaverhältnisse und die Trassierung der Eisenbahnstrecke definiert werden müssen.<sup>143</sup> In einer bedarfsgerechten Planung von Eisenbahninfrastrukturanlagen sind hierbei Abschätzungen bzw. Berechnungen vorzunehmen, deren Genauigkeit die technische und wirtschaftliche Funktionsweise des herzustellenden Streckenabschnittes maßgebend beeinflussen. Die Bedeutung der Belastungen aus dem Eisenbahnbetrieb bezüglich der technologischen Dimensionierung von Oberbaukomponenten sowie die Auswirkungen der Lage einer Schiene auf deren Verschleiß wurden hierbei bereits in Kapitel 4.1 erläutert. Die Bedeutung einer möglichst akkuraten betrieblichen Infrastrukturplanung wird fortführend näher betrachtet.

Grundsätzlich erfolgen in den ersten Leistungsschritten der Planungsphase (Vgl. Kap. 4.1.3), bevor eine detaillierte Planung der baulichen Umsetzung erfolgen kann, eine Definition der Aufgabenstellung, eine Zusammenstellung der Planungsdaten sowie eine erste Aufwandsschätzung. Auf dieser Basis werden anschließend Lösungsmöglichkeiten der Umsetzung (technologischer und betrieblicher Natur) näher untersucht und bewertet. Technologisch gesehen werden hierbei im frühen Planungsstadium bspw. unterschiedliche Trassenvarianten zur Entscheidungsfindung entwickelt. Aus betrieblicher Sicht ist die Langfristplanung der Infrastruktur durch Prognosen und eisenbahnwissenschaftlichen Untersuchungen auf wahrscheinlichkeitstheoretischer Basis von besonderer Bedeutung. Dies inkludiert auch Simulationen mit fiktiven Fahrplänen. Die Verbreitung von systematisierten bzw. integralen Taktfahrplänen ermöglicht hierbei – im Gegensatz zur ausschließlich nachfrageorientierten Fahrplangestaltung – eine äußerst präzise Langfristplanung. Außerdem ist das

<sup>143</sup> Vgl. VEIT, P.: Instandhaltung und Anlagenmanagement des Fahrwegs. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 1005

Ziel dieser netzweiten Planungsmethodik, einen Fahrplan zu erstellen, welcher die Infrastruktur bestimmt und kein umgekehrtes Abhängigkeitsverhältnis herstellt, wie dies in klassischen Planungsmethoden der Fall war bzw. ist. Die Erstellung dieses Langfristfahrplans – welcher Fernverkehr, Nahverkehr und Güterverkehr umfasst – ist damit integraler Bestandteil der Netzentwicklung und bestimmt die moderne Infrastrukturgestaltung maßgeblich mit.<sup>144</sup>

Für die vorliegende Arbeit lässt sich aus diesem Faktum erkennen, dass neben der Festlegung der Trassierung und Konstruktion des Bahnkörpers – woraus sich wiederum die technologischen Anforderungen der Gleisinfrastrukturkomponenten ergeben – auch die Art und Weise der betrieblichen Nutzung – und somit die Verkehrsbelastung – in der Planungsphase bereits frühzeitig maßgeblich beeinflusst werden. Im Sinne einer langfristigen und lebenszyklusorientierten Eisenbahninfrastruktur ermöglicht demnach eine frühzeitige Einbringung des unternehmensinternen Know-hows allen wertschöpfenden Parteien eine Einflussnahme auf die Lösungsfindung. Dies gilt sowohl für den Schienenhersteller als auch die bauausführenden Firmen bis hin zu den Infrastrukturbetreibern und Endnutzern. Das übergeordnete Ziel einer solchen interdisziplinären und transparenten Systementwicklung über Unternehmensgrenzen hinaus ist eine Win-Win-Situation, in welcher die Interessen, aber auch die Erfahrungen und Kompetenzen sämtlicher für einen Projekterfolg notwendigen Unternehmen von Projektstart an berücksichtigt werden können. Eine solche gemeinschaftliche Projektentwicklung steht in einem krassen Widerspruch zu der derzeitigen klaren Trennung von Kompetenzen entlang von Unternehmensgrenzen in der gesamten Bauwirtschaft.

#### 4.3.2 Einfluss des Betriebs auf die Instandhaltung und den Gleisumbau

Neben den im vorherigen Kapitel angeführten spezifischen Randbedingungen, resultierend aus dem Verkehrsaufkommen und der Streckenführung, sind in der Nutzungsphase der Gleisinfrastruktur die zur planmäßigen Instandhaltung zur Verfügung stehenden Zeiten von den betrieblichen Einflüssen, im Konkreten von den Sperrzeiten bzw. Sperrpausen, abhängig. Wenn Instandhaltungs- oder Umbauarbeiten erforderlich werden, ist die (bedingte) Sperrung und demnach der Ausfall bzw. eine Beeinträchtigung des Eisenbahnbetriebs auf der Trasse die logische Folge. Ein Befahren der betroffenen Gleise im Regelbetrieb ist in diesem Falle nicht mehr möglich. Je höher die Auslastung eines Streckenabschnittes ist, desto größer sind demnach auch die Anzahl der ausgefallenen Trassen und der ökonomische Schaden.<sup>145</sup> Selbiges gilt auch für die Komplexität bzw. erforderliche Zeitdauer der notwendigen Tätigkeiten am Gleis.

<sup>144</sup> Vgl. HEPPE, A.; WEIGAND, W.: Spurplangestaltung und betriebliche Infrastrukturplanung. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 467ff.

<sup>145</sup> Vgl. GERBER, U.: Auslegung des Eisenbahnoberbaus. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 53

Unterschieden werden kann hierbei in zyklisch wiederkehrende, planmäßige Maßnahmen, bspw. aufgrund des natürlichen Verschleißes oder in für die Aufrechterhaltung des Betriebs notwendige Wartungsarbeiten, sowie in azyklische, ungeplante Arbeiten, bspw. aufgrund des Ausfalls eines oder mehrerer für den Betrieb kritischer Oberbaukomponenten. Außerdem kann zwischen durchgehenden Gleissperrungen und einer Aneinanderreihung von Sperrzeiten unterschieden werden. Aufgrund des hohen Planungs- und Organisationsaufwandes für Bauarbeiten in einem Bestandsnetz, ist eine optimale Integration der Baustelle in den Eisenbahnbetrieb sicherzustellen.<sup>146</sup> Hierbei kollidieren die Interessen des EVU mit jenen des EIU und damit in weiterer Folge auch mit dem für die Instandhaltungs- bzw. Gleisumbaumaßnahmen beauftragten Unternehmen. Der Nutzer bzw. Kunde des Eisenbahngleises hat ein Bedürfnis bezüglich Pünktlichkeit, kurzer Reise- und Beförderungszeiten und einer Netzverknüpfung durch adäquate Anschlussbindungen. Dem gegenüber stehen die Ansprüche an einen wirtschaftlichen Baustellenbetrieb, eine arbeitsschutzrechtlich sicheren Baustelle sowie an produktionstechnische Zwänge in der Logistik und der verfügbaren Kapazität bzw. Ressourcen.<sup>147</sup> Dieser Konflikt führt in der Praxis zu folgendem Optimierungsproblem bei Gleisbaumaßnahmen:<sup>148</sup>

- Aufrechterhaltung des Eisenbahnbetriebs während der Bautätigkeiten mit Langsamfahrstellen sowie kurzen, oftmals nächtlichen Sperrpausen führt zur Optimierung der anfallenden Betriebserschwerungskosten
- Durchgehende Gleissperrung während der Bautätigkeiten führt zu einer Optimierung der anfallenden Baukosten und Arbeitssicherheit

Ohne näher auf die übliche Vorgehensweise und Zuständigkeit bei Betriebs- und Bauanweisungen (Beta) für notwendige Arbeiten am Gleis einzugehen, ist ersichtlich, dass eine gemeinschaftliche Lösungsfindung und Variantenstudie, unter Berücksichtigung der Interessen aber auch der Kompetenzen aller beteiligten Parteien, anzustreben ist. Nur so können die betrieblichen Randbedingungen mit deren baubetrieblichen bzw. technologischen Pendanten transparent gegenübergestellt werden. Einerseits kann hierdurch wirtschaftliche, technologisch und betrieblich optimierte Maßnahmenumsetzungen gewährleistet werden und andererseits eine Weiterentwicklung bzw. Innovation der zur Verfügung stehenden Bauverfahren angestrebt werden. Das Ziel einer möglichen Innovation im Bereich von Baumaßnahmen in Bestandgleisen muss in diesem Sinne stets eine simultane Erhöhung der

<sup>146</sup> Vgl. GLEISBAU-WELT: Sperrzeiten / Sperrpausen. <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/gleisbau-und-instandhaltung/sperrzeiten-sperrpausen/>. Datum des Zugriffs: 10.03.2020

<sup>147</sup> Vgl. JANKOWSKI, C.: Der baubetriebliche Anmeldeprozess nach Ril 406 bei der DB ProjektBau GmbH. [https://www-docs.b-tu.de/fg-eisenbahn/public/Lehre/LV/Kolloquium/2011\\_2012/DBAG\\_Jankowski.pdf](https://www-docs.b-tu.de/fg-eisenbahn/public/Lehre/LV/Kolloquium/2011_2012/DBAG_Jankowski.pdf). Datum des Zugriffs: 10.13.2020

<sup>148</sup> Vgl. GLEISBAU-WELT: Sperrzeiten / Sperrpausen. <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/gleisbau-und-instandhaltung/sperrzeiten-sperrpausen/>. Datum des Zugriffs: 10.03.2020

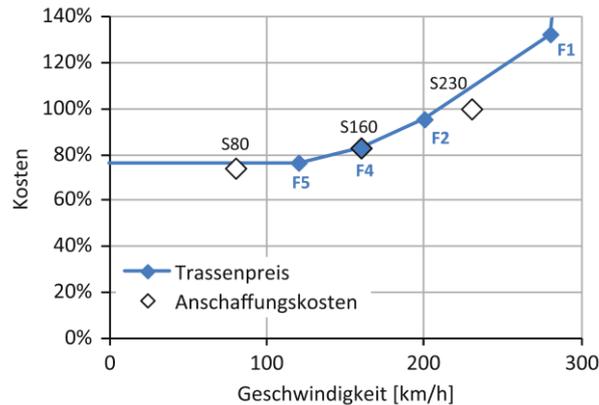
Verfügbarkeit und eine Senkung der Baukosten mit einer gleichzeitigen Wahrung bzw. Verbesserung der Sicherungsmaßnahmen darstellen. Diese interdisziplinäre Forderung deckt sich mit jener im vorherigen Kapitel bezüglich der betrieblichen Infrastrukturplanung.

An dieser Stelle ist auch anzumerken, dass Instandhaltungs- bzw. Instandsetzungsmaßnahmen, sowie ein vollständiger Gleisumbau nicht nur durch die in den Kapiteln 4.1 und 4.2 dargestellten technologischen und ökonomischen Gründen hervorgerufen werden können, sondern auch auf einen betrieblichen Anlass zurückgeführt werden können. Hierunter fallen neben den nachfolgend beschriebenen Anforderungen durch Betriebsänderungen (höhere angestrebte Fahrtgeschwindigkeit und/oder Tonnage, höhere oder geringere Streckenauslastung, udgl.) auch Maßnahmen aufgrund von zu hohen Lärmemissionen (Vgl. Kap 4.1.6) oder einem unzureichenden Fahrkomfort.

Die im Verlauf der Arbeit mehrfach angedeutete gegenseitige Abhängigkeit des Verschleißes bzw. der Abnutzung aus dem Eisenbahnbetriebs und des hieraus resultierenden Instandhaltungsaufwandes ist im Bereich der Schiene vor allem auf die Berührgeometrie und das Kräftespiel zwischen Radprofil und Schienenkopf bzw. den Fahrzeuglaufeigenschaften zurückzuführen. Der Erhaltungszustand des Fahrzeuges sowie die Fahrzeug-, Brems- und vor allem die Laufwerksbauart haben einen direkten Einfluss auf die Beschaffenheit und Langlebigkeit der Schiene sowie auf den gesamten Oberbau und vice versa. Oberbauseitig sind die Abnutzung des Schienenkopfes, die Einbauneigung, der Zustand von Zwischenlagern und Schienenbefestigungen sowie die Spurweite und die Schwellenbauart die Haupteinflüsse für die tatsächliche Berührgeometrie und somit für die Abnutzung des Gleises sowie der Lauffläche und des Spurkranzes des Radprofils.<sup>149</sup> Der Erhaltungszustand und die Qualität des Oberbaus als Gesamtes und insbesondere der Schiene haben somit einen direkten Einfluss auf den Verschleiß der Räder und auf die Instandhaltungskosten des E-VUs. Zeitgleich hat der Zustand der Schienenfahrzeuge einen direkten Einfluss auf die Instandhaltungskosten des EIU bzw. des vertraglich beauftragten Drittens.

Zudem haben Betriebsänderungen (bspw. durch schwerere Güterzüge oder durch eine höhere Fahrtgeschwindigkeit der Züge) eine direkte Auswirkung auf die notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen sowie auf die Häufigkeit derer Notwendigkeit oder sind sogar verantwortlich für einen Umbau der vorhandenen Gleisinfrastruktur. Nutzungsänderungen, welche eine Erhöhung des Verkehrsaufkommens bzw. der Verkehrsgeschwindigkeit und Tonnage nach sich ziehen, führen demnach zu direkten Mehrkosten. In der nachfolgenden Abbildung ist beispielhaft die Entwicklung der Anschaffungskosten in Abhängigkeit von der Reisegeschwindigkeit der verkehrenden Züge dargestellt.

<sup>149</sup> Vgl. JUSSEL, D.: Spurführung. Vorlesungsskriptum. S. 122ff.

Bild 4-6 Anschaffungskosten in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit<sup>150</sup>

Bei Ertragsmodellen mit einer vertraglich vereinbarten Vergütung auf Basis von betrieblichen Faktoren führt ein Rückgang des Verkehrsaufkommens auch direkt zu einem geringen Umsatzerlös bzw. Gewinn aufseiten des Schienenherstellers. Hierbei ist zu klären, inwiefern Betriebsänderungen aus der Sphäre eines öffentlichen Eisenbahnunternehmens (bspw. eine Reduktion des Personenverkehrs aufgrund einer geringeren Nachfrage) zulässig sind bzw. auf welche Art und Weise sich eine natürliche Reduktion des Verkehrsaufkommens (bspw. eine geringeren jährlichen Tonnage im Güterverkehr) auf die vereinbarten Zahlungen auswirkt. Es sind demnach vertragliche Regelung bezüglich eines Rückgangs der jährlichen Verkehrsleistung vorzusehen.

#### 4.3.3 Sonstige betriebliche Randbedingungen

Die Implementierung von neuen Kooperationsmodellen infolge alternativer Ertragsmodelle vonseiten der Schienenhersteller birgt durch die in den vorherigen Absätzen beschriebene Wechselwirkung zwischen Betrieb und Infrastruktur auch ein Risikopotenzial für das EVU. Zusätzlich zu den technologischen Risiken eines fehlerhaften Produktes oder Mängeln in der baulichen Umsetzung bzw. der Instandhaltung und den ökonomischen Risiken durch etwaige unvorhergesehene Mehrkosten, ist in betrieblicher Hinsicht vor allem das Risiko des Imageverlustes gegeben. Dies betrifft zum einen die öffentliche Wahrnehmung des Endnutzers – im Falle von Reisezügen des Fahrgastes – aber vor allem auch das Ansehen in der Branche. Vonseiten der Fahrgäste führen bspw. eine geringere Pünktlichkeit, längere Reisezeiten oder höhere Ticketpreise aufgrund von Ausführungsmängeln, Abstimmungsfehlern oder sonstigen Pannen in der ersten Umsetzungsphase zu Unzufriedenheit. Ein viel größeres Risiko ist jedoch der Imageverlust in der Branche, wenn durch fehlerhafte Produkte oder eine unzureichende Qualität der ausgeführten Dienstleistungen Folgeschäden technologischer, ökonomischer oder betrieblicher Natur entstehen. Das über Jahrzehnte

<sup>150</sup> GERBER, U.: Auslegung des Eisenbahnoberbaus. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 64

aufgebaute Vertrauen kann hierbei sinken, was eine gravierende Auswirkung auf Folgegeschäfte für beide Parteien – Schienenhersteller sowie EIU – hat.

Abschließend ist an dieser Stelle anzumerken, dass für einen reibungslosen Eisenbahnbetrieb eine Vielzahl unterschiedlicher Tätigkeiten bzw. Leistungen erforderlich ist. Hierunter fallen neben der Flotten- und Komponenteninstandhaltung sowie dem Bau und dem Betrieb von Gleisfreimeldeanlagen, Bahnhöfe und sonstigen Bahnanlagen, auch die Energieversorgung der Bahnen sowie neue Möglichkeiten aus der Industrie 4.0, wie die Erstellung eines digitalen Zwilling; um nur einige wenige Beispiele zu nennen. All diese Serviceleistungen im Betrieb von Eisenbahnen sind ebenfalls mögliche Erweiterungen der internen Wertschöpfung für die derzeitigen Player in der Branche. Während in der internationalen Bauwirtschaft das Geschäftsfeld des lebenszyklusorientierten und kooperativen Systemleistungsanbieters zunehmend Anwendung findet,<sup>151</sup> ist ein serviceorientiertes Ertragskonzept für Produzenten in der Eisenbahnindustrie ebenfalls eine erhebliche Chance. Auch wenn ein umfassendes Leistungsangebot im Bereich des Eisenbahnbetriebs durch seine Komplexität und hohen Anforderungen augenscheinlich schwer umsetzbar ist, sind aufgrund der beschriebenen Wechselwirkung unterstützende Serviceleistungen durch den Schienenhersteller auch im Betrieb denkbar. Die grundsätzliche Durchführung von Verkehrsleistungen selbst, bleibt hiervon unberührt (mit Ausnahme bei Ertragsmodell 5 in der höchsten Ausprägungsstufe). Vergleichbar ist dies mit einem lebenszyklusorientierten Systemleistungsanbieter im Gewerbebau, welcher ebenfalls, zusätzlich zum sonstigen Leistungsumfang, ein Facility Management anbietet und nicht die eigentliche Arbeitsleistung des Auftraggebers substituiert. Die Ziele einer jeden Ausdehnung des Leistungsangebots in diesem Sinne sind das Einbringen eigener Kompetenzen und eine Unterstützung des Vertragspartners im Sinne einer organisationsübergreifenden und interdisziplinären Wertschöpfung.

#### 4.4 Sonstige Randbedingungen

Abschließend werden in weiterer Folge die bauvertraglichen und rechtlichen Randbedingungen in der Umsetzung von lebenszyklusorientierten Ertragsmodellen näher beleuchtet. Außerdem werden aufbauend auf den in Kapitel 3.4 erläuterten strategischen Vorteilen, die allgemeinen strategischen Gesichtspunkte der als geeignet bewerteten Ertragsmodelle erläutert, welche in der nachfolgenden Analyse der Ertragsmodelle (Kap. 5) berücksichtigt werden sollten.

<sup>151</sup> Vgl. GIRMSCHIED, G.: Strategisches Bauunternehmensmanagement. S. 450ff.

#### 4.4.1 Bauvertragliche Randbedingungen

Der in Kapitel 2.3 geschilderte immense Ressourcen- und Energieverbrauch der Bauwirtschaft führt seitens der Europäischen Union sukzessive zur Forcierung einer umweltfreundlichen Beschaffung (Green Public Procurement, GPP), welche u.a. einen Übergang zu einer lebenszyklusorientierten Betrachtung von Bauprojekten beinhaltet. Um eine Umsetzung der angestrebten Nachhaltigkeitsaspekte und eine Abkehr einer Vergabe nach dem Billigstbieterverfahren zu bewerkstelligen, sind die derzeitigen Regelwerke der Ausschreibung und Vergabe genauer zu betrachten, zu überarbeiten und schlussendlich von öffentlicher Seite auch anzuwenden. Eine nachhaltige öffentliche Beschaffung durch eine Verankerung von ökologischen Beurteilungskriterien in den frühen Planungsphasen sowie die Bau- und Produktausschreibung durch Nachhaltigkeitsaspekte in den Leistungsbeschreibungen und Zuschlags- und Eignungskriterien sind, nach Ansicht von einschlägigen Experten, der Schlüssel zu einer nachhaltigen Bauwirtschaft.<sup>152</sup> Auf welche Art und Weise eine Gewichtung von ökologischen Produkteigenschaften als Folge dieser Entwicklung zukünftig Einfluss auf die Vergabe von Bauleistungen, auf nationale und internationale Normen sowie auf Leistungsbeschreibungen und Gesetze (v.a. das Bundesvergabegesetz – BVergG) – und damit schlussendlich auf den Bauvertrag selbst – haben wird ist zum derzeitigen Zeitpunkt schwer zu beurteilen.

Was jedoch europaweit festgestellt werden kann ist, dass eine sukzessive Abkehr von einer ausschließlichen Auftragsvergabe auf Basis des niedrigsten Preises – im Sinne des Billigstbieterprinzips – zu Gunsten einer Zuschlagserteilung an das wirtschaftlich günstigste Angebot – im Sinne des Bestbieterprinzips – erfolgt. Mit der Vergaberechtsnovelle 2015 wurde das Bestbieterprinzip mit einer Bewertung von Preis und preisfremden Kriterien verpflichtend bei Bauaufträgen, mit einem Wert von über einer Millionen Euro festgeschrieben. Als nationales Beispiel im Bereich der öffentlichen Infrastruktur ist die Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (ASFINAG) anzuführen, welche sämtliche Aufträge nach dem Bestbieterverfahren vergibt. Als Zuschlagskriterien kommen hierbei u.a. Gewährleistungsfristverlängerungen, Bauzeitverkürzungen und Baustoffqualitäten zum Einsatz.<sup>153</sup> Nachhaltigkeitsaspekte fehlen zwar nach wie vor und der Preis ist i.d.R. weiterhin das dominierende Vergabekriterium (aufgrund einer hohen Gewichtung des Angebotspreises), jedoch zeichnet sich bei der Vergabe von öffentlichen Infrastrukturprojekten dennoch ein schleichender Paradigmenwechsel ab. Diese Entwicklung stellt eine enorme Chance für die in Kapitel 3.4 beschriebenen lebenszyklusorientierten Ertragsmodelle dar. In welchem Umfang diese vergaberechtlich umsetzbar sind, ist im Einzelfall zu

<sup>152</sup> Vgl. WALL, J. et al.: Auswirkung der Energiepolitik auf die Bauwirtschaft – Implementierung von Nachhaltigkeitsanforderungen in die Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen. In: 13. Symposium Energieinnovation. S. 1ff.

<sup>153</sup> Vgl. ALBRECHT, C.; SAUER, C.: Vom Billigstbieterprinzip zum Qualitätswettbewerb. In: Österreichische Bauzeitung, Juni/2018. S.

überprüfen, da sich länderspezifische und organisationsspezifische Vorgehensweisen, Richtlinien und Gesetze zum Teil stark unterscheiden.

Weitere bauvertragliche Randbedingungen durch eine Erhöhung der Wertschöpfung hinsichtlich der Instandhaltung sowie des (Um-)Baus durch den Schienenhersteller werden in Kapitel 4.4.3 erläutert.

#### 4.4.2 Rechtliche Randbedingungen

Grundsätzlich sind bei der Umsetzung einer Innovation – sowohl strategischer als auch technologischer Natur – rechtliche Hemmnisse zu beachten. Auf eine eindeutige Vertragsgestaltung, v.a. bezüglich der Haftung und der Risikoverteilung, ist demnach ebenso Wertzulegen wie auf die Einhaltung sämtlicher bestehender rechtlichen Bestimmungen. Außerdem können fehlende Regularien, Vorschriften und Normen die praktische Umsetzung von Innovationen genauso erschweren wie die aufgrund der steigenden Wertschöpfung zu beachtenden Vorgaben bezüglich Datensicherheit und Datenschutz.<sup>154</sup>

Auch wenn rechtliche Randbedingungen und deren bauvertragliches Äquivalent regionalen Unterschieden unterworfen sind, hat sich die Situation in Europa diesbezüglich in den letzten Jahren stark vereinheitlicht. Die Normenhoheit obliegt nun nicht mehr den einzelnen Staaten, sondern erfolgt im Sinne der internationalen Kompatibilität im Zuge von Arbeits-sitzungen im Internationalen Eisenbahnverband (UIC). Seit der Einrichtung von europäischen Institutionen zur Schaffung eines gesamteuropäischen Eisenbahnraumes gelten für die Bahnen der Mitgliedsländer einheitliche Richtlinien, die kontinuierlich in nationales Recht umgesetzt werden und denen im Zuge der laufenden Erneuerung der Bahnanlagen zunehmend entsprochen wird.<sup>155</sup>

Aus Sicht des Eisenbahninfrastrukturbetreibers ist außerdem eine Einhaltung der kartellrechtlichen Bestimmungen sicherzustellen, da durch die vorgeschlagene enge Kooperation entlang des Lebenszyklus Konflikte bezüglich der Erhaltung eines funktionierenden Wettbewerbs auftreten können. Die zu beachtenden gesetzlichen Regelungen hierfür stellen das europäische Wettbewerbsrecht (Art. 101 und 102 AEUV) sowie nationale Vorschriften wie bspw. in Österreich das Kartellgesetz (KartG) und das Wettbewerbsgesetz (WettbG).<sup>156</sup> Zur Vermeidung von unlauterem Wettbewerb – bspw. durch aggressive oder irreführende Geschäftspraktiken sowie eine Verletzung oder einen Missbrauch von Geschäfts- oder Betriebsgeheimnissen – bestehen ebenfalls Gesetze, wie das österreichische Bundesgesetz

<sup>154</sup> Vgl. OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F.: Industrie 4.0 in der Wertschöpfungskette Bau - Ferne Vision oder greifbare Realität?. In: Industrie 4.0: Herausforderungen, Konzepte und Praxisbeispiele. S. 85

<sup>155</sup> Vgl. RIEBBERGER, K.: Das Zusammenwirken von Rad und Schiene. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. S. 1

<sup>156</sup> Vgl. WIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH (WKO): Kartellrecht in Österreich. <https://www.wko.at/service/wirtschaftsrecht-gewerberecht/Kartellrecht.html>. Datum des Zugriffs: 20.03.2020

gegen den unlauteren Wettbewerb (UWG), welche vor allem bei der Umsetzung von Lock-In-Effekten überprüft werden müssen.

Des Weiteren müssen die festgeschriebenen Anforderungen der Interoperabilitätsrichtlinie (Richtlinie 2008/57/EG) für einen transeuropäisch durchgehenden und sicheren Zugverkehr eingehalten werden. Auf nationaler Ebene werden europäische Richtlinien zur Harmonisierung der technologischen sowie rechtlichen Randbedingungen sukzessive, mit unterschiedlichen Implementierungsgrade von Nation zu Nation aufgrund von Übergangsfristen, in nationales Recht umgewandelt. Technische Spezifikationen der Interoperabilität (TSI) sind demnach nicht in allen Ländern gleichermaßen umgesetzt.<sup>157</sup>

Selbstverständlich ist die nationale Gesetzgebung, sowie internationales Recht bei allen Geschäftspraktiken einzuhalten. Die angeführten Beispiele stellen lediglich einen Auszug an juristischen Randbedingungen dar, welche jedoch eine erhöhte Relevanz für den betrachteten Sachverhalt der vorliegenden Arbeit aufweisen.

#### 4.4.3 Strategische Randbedingungen

Die konkrete Ausgestaltung des Geschäftsmodells bzw. der Unternehmensstrategie ist für die erfolgreiche Umsetzung eines lebenszyklusorientierten Ertragsmodells von enormer Bedeutung. Allgemeingülte bzw. nicht branchenspezifische Muster für Geschäftsmodelle wurden hierbei bereits in Kapitel 3.1 dargestellt und beschrieben. Bezüglich der Unternehmens- bzw. Wettbewerbsstrategie ist nach *Porter* in die folgenden drei generischen Varianten zu unterscheiden:<sup>158</sup>

- Differenzierung: Der Wettbewerbsvorteil hierbei ist ein Alleinstellungsmerkmal gegenüber Mitbewerbern (eng. Unique Selling Proposition – USP) und der strategische Zielmarkt ist die gesamte Branche; bspw. Ertragsmodell Cross-Subsidisation (4) und Life Cycle Cooperation (5)
- Kostenführerschaft: Der strategische Vorteil ist ein Kostenvorsprung gegenüber konkurrierenden Unternehmen und die Strategie zielt ebenfalls auf die gesamte Branche ab; bspw. Ertragsmodell LCC-Champion (1)
- Nischenmarkt: Hierbei werden lediglich einzelne Marktsegmente in einer Branche durch speziell angepasste Strategien avisiert. Beispiele hierfür sind die Regional-, Zielgruppen-, Produkt-, Innovations- und Kooperationsnische;<sup>159</sup> bspw. Ertragsmodell Lease-a-Track (2) und Availability Fee (3)

<sup>157</sup> Vgl. BUNDESMINISTERIUM KLIMASCHUTZ, UMWELT, ENERGIE, MOBILITÄT, INNOVATION UND TECHNOLOGIE: Interoperabilität. <https://www.bmk.gv.at/themen/eisenbahn/interoperabilitaet.html>. Datum des Zugriffs: 21.03.2020

<sup>158</sup> Vgl. PORTER, M. E.: Competitive Advantage – Creating and Sustaining Superior Performance. S. 12

<sup>159</sup> Vgl. WELGE, M. K.; AL-LAHAM, A.; EULERICH, M.: Strategisches Management – Grundlagen - Prozess - Implementierung. S. 536-539

Ist eine Differenzierung aufgrund mangelnder USP nicht vorhanden bzw. ist kein ausreichend attraktiver Nischenmarkt vorhanden, so ist ein bedingungsloser Kosten- bzw. Preiskampf konsequenterweise alternativlos. Ist dies in einer gesamten Branche die vorherrschende Geschäftsstrategie – wie dies in nahezu der gesamten Bauwirtschaft sowie baunahen Gewerken und Industrien zurzeit der Fall ist (Vgl. Kap. 1) – so sind qualitative Differenzierungen schwer am Markt durchsetzbar, da der Kunde ein geringes Preisniveau gewohnt ist. Das übergeordnete Ziel der vorliegenden Arbeit ist dennoch die Ableitung einer strategischen Differenzierung auf Ebene des Ertragsmodells, um den destruktiven Preiskampf auf Kosten der Qualität, Arbeitsverhältnisse und Nachhaltigkeit entgegenzuwirken. Mögliche Modelle hierzu wurden in Kapitel 3.4 beschrieben. Die in Kapitel 4.3 ausführlich erläuterte Möglichkeit eines Einbeziehens der fachlichen Kompetenzen des Schienenherstellers in frühen Projektphasen sowie eine Monetisierung von ökologischen Maßnahmen bzw. eine Umsatzsteigerung hieraus sind dabei ebenso als strategische Chancen zu verstehen. Diese werden in der nachfolgenden Analyse auch als solche gewertet.

Werden qualitative Merkmale mit einer Kostenführerschaft verknüpft, spricht man von einer hybriden Wettbewerbsstrategie. Hierbei besteht die Gefahr, dass ein Unternehmen „Zwischen den Stühlen“ steckenbleibt und weder qualitativ noch monetär konkurrenzfähig ist. Eine vierte Unternehmensstrategie, welche nicht zu den drei vorherrschenden Wettbewerbsstrategien nach *Porter* zählt, ist die Monopolstrategie, bei welcher oftmals aufgrund politischer Randbedingungen keine Konkurrenz zugelassen wird.<sup>160</sup>

Da eine Erhöhung der Wertschöpfung über das Produkt Schiene hinaus in den Bereichen Instandhaltung und (Um-)Bau ein essenzieller strategischer Bestandteil der Ertragsmodelle Cross-Subsidisation (4) und Life Cycle Cooperation (5) darstellt, ist der Vergleich mit einem Generalunternehmer bzw. -übernehmer oder sogar mit einem Totalunternehmer bzw. -übernehmer naheliegend. Hierbei sind für Eisenbahninfrastrukturbetreiber als Auftraggeber (AG), aber auch für Schienenhersteller als Auftragnehmer (AN), lt. den schweizer Rechtsanwältinnen *Bratschi, Wiederkehr & Buob* u.a. folgende allgemeine Risiken in der bauvertraglichen Ausgestaltung zu beachten:<sup>161</sup>

- Pauschalpreisvergütung:

GU/TU-Leistungen werden i.d.R. pauschal und nicht nach Leistung vergütet, wodurch oftmals Rechtsstreitigkeiten darüber entstehen, welche Leistungen in der Pauschale inkludiert sind. Dies kann durch eine funktionale Leistungsbeschreibung weitestgehend umgangen

<sup>160</sup> Vgl. HUNGENBERG, H.: Strategisches Management in Unternehmen – Ziele - Prozesse - Verfahren. S. 204-209

<sup>161</sup> SCHÖNENBERGER, T.: General- und Totalunternehmer-Konstellationen: Risiken und Fallstricke für den Bauherrn. <https://www.bratschi.ch/fileadmin/daten/dokumente/newsletter/2012/04/artikelPDF-336.pdf>. Datum des Zugriffs: 20.04.2020

werden. Sind dennoch zusätzliche Vergütungsansprüche, insbesondere durch Beststellungsänderungen durch den AG, zu erwarten, so sind etwaige Voraussetzungen hierfür detailliert zu beschreiben, um gerichtliche Auseinandersetzungen zu vermeiden.

- GU/TU-Ausschreibung

Da die Ausschreibungsunterlagen üblicherweise Bestandteil des Bauvertrages werden, führen fehlerhafte oder gänzlich fehlende Submissionsunterlagen oftmals zu nachfolgenden Rechtsstreitigkeiten. Daher ist es ratsam, eine eingehende Prüfung aller entsprechenden Unterlagen vor der Vergabe vorauszusetzen und etwaige Einsprüche diesbezüglich schriftlich bekannt zu geben.

- Baugrundrisiko

Werden am Baugrund selbst oder an etwaigen umzubauenden bzw. abzubrechenden Infrastrukturanlagen archäologische Funde, Blindgänger oder gesundheitsschädigende Substanzen vorgefunden, führt dies konsequenterweise zu einer Verzögerung in der Leistungserbringung oder zu unvorhergesehenen Mehrkosten. In der Ausschreibung muss klar ersichtlich sein, welche Risiken vonseiten des AN in den Angebotspreis einzukalkulieren sind.

- Höhere Gewalt (Force-Majeure)

Wie auch das Baugrundrisiko, ist auch das Terminverzugs- und Kostenrisiko bei Fällen höherer Gewalt vertraglich durch abschließende Aufzählungen eindeutig zu definieren. Hierunter zählen meteorologische Extremereignisse ebenso wie Pandemien (s. Covid-19), kriegerische Auseinandersetzungen oder gewerkschaftliche Eingriffe.

- Behördliche Entscheide

Treten Terminverzögerungen oder Kostenüberschreitungen aufgrund von behördlichen Entscheidungen und Maßnahmen oder aufgrund der Einhaltung von Auflagen der Baubewilligung auf, müssen die Zuständigkeiten ebenfalls eindeutig vertraglich geregelt werden. Außerdem ist im Vergabeverfahren zu definieren, in wessen Sphäre der Behördenverkehr liegt und welche rechtlichen Kenntnisse vonseiten des AN vorausgesetzt werden.

- Schadensersatzzahlungen

Hierunter fallen all jene Ansprüche, welche während der Bau- bzw. Instandhaltungsarbeiten gegenüber Dritten anfallen, bspw. aus übermäßigen, aber unvermeidlichen Immissionen. Hierbei ist abermals festzuhalten, von wem diese erbracht werden müssen.

- Subunternehmerrisiko

Die Haftung bzw. das Risiko bezüglich Subunternehmer wird getreu der Haftungskette Bauherr – GU/TU – Subunternehmer i.d.R. dem AN übertragen. Dies ist auch dann der Fall, wenn diese durch den AG vorgeschlagen und/oder genehmigt werden.

## 5 Analyse und Umsetzung geeigneter Ertragsmodelle

In dem vorliegenden Kapitel werden die in Kapitel 3.4.1 bis 3.4.5 entwickelten fünf Ertragsmodelle bezüglich ihrer jeweiligen Potenziale und Risiken analysiert. Die jeweiligen Bewertungskriterien werden hierbei aus den in Kapitel 4 beschriebenen Randbedingungen der Gleisinfrastruktur abgeleitet. Nachfolgend werden zunächst die Methodik und Zielsetzung des Analyseverfahrens definiert und die entsprechenden Bewertungstabellen sowie die abschließende Risiko-Potenzialmatrizen werden dargestellt. Anschließend erfolgen die eigentliche Durchführung der Potenzialanalyse und der Risikoanalyse der einzelnen Ertragsmodelle sowie jeweils eine Gegenüberstellung des Bewertungsergebnisses. In Kapitel 5.4 werden die Potenziale und Risiken der jeweiligen Ertragsmodelle im Kontext einer Bewertungsmatrix dargestellt, die hieraus gewonnen Erkenntnisse beschrieben und finale Schlussfolgerungen gezogen. Des Weiteren werden Besonderheiten in der Implementierung eines Ertragsmodells hinsichtlich der organisationsinternen Kompetenzen bzw. Wertschöpfungstiefe der Eisenbahngesellschaft – anhand des Beispiels Instandhaltung – dargestellt. Hierbei wird besonders auf jenes Ertragsmodell eingegangen, welches infolge der Potenzial-Risiko-Analyse die beste Eignung aufweist. Abschließend wird eine schrittweise Umsetzungsstrategie für einen generischen Schienenhersteller beschrieben.

### 5.1 Methodik und Zielsetzung der Potenzial-Risiko-Matrix

Dieses Unterkapitel beinhaltet die Beschreibung der grundsätzlichen Durchführung der Eignungsbewertung der fünf für die Gleisinfrastruktur geeigneten Ertragsmodelle. Hierfür wird zunächst die schrittweise Vorgehensweise erläutert und anschließend werden die jeweils angewandte Methodik und Zielsetzung der Potenzialanalyse, der Risikoanalyse sowie der abschließenden Gegenüberstellung der jeweiligen Endergebnisse anhand einer eigens entwickelten Potenzial-Risiko-Matrix (PRM).

#### 5.1.1 Vorgehensweise

Der Analyseprozess besteht, aufbauend auf die Vorauswahl geeigneter Ertragsmodelle in Kapitel 3, aus vier Schritten. Zunächst erfolgen eine Potenzialbewertung und eine Risikoeinordnung in die Kategorien *Technologie*, *Ökonomie*, *Eisenbahnbetrieb* und *Sonstiges* der jeweiligen Ertragsmodelle, wobei beide Male eine zusammenfassende Gegenüberstellung nach der Grundlogik einer Nutzwertanalyse erfolgt. Die jeweilige Potenzial- und Risikobewertung wird anschließend in einer Potenzial-Risiko-Matrix eingeordnet, wodurch ein fundiertes Fazit bezüglich der allgemeinen Eignung einer Umsetzung in der Gleisinfrastruktur

tur getroffen werden kann. Abschließend erfolgt eine Untersuchung der organisationspezifischen Besonderheiten der zuvor erlangten Erkenntnisse bezüglich des Analyseergebnisses. Diese schrittweise Vorgehensweise mit den einzelnen Analysestufen ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

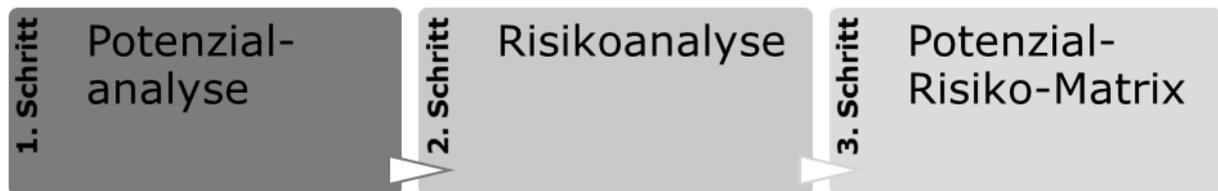


Bild 5-1 Vorgehensweise der Potenzial-Risiko-Analyse

### 5.1.2 Potenzialanalyse

Für die Durchführung der Potenzialanalyse werden zunächst technologische Potenzialkriterien (TPK), ökonomische Potenzialkriterien (ÖPK), betriebliche Potenzialkriterien (BPK) und sonstige Potenzialkriterien (SPK) abgeleitet und gewichtet. Das Ziel der einzelnen Bewertungskriterien ist, die Attraktivität der jeweiligen Ertragsmodelle für öffentliche sowie private Eisenbahngesellschaften und den Schienenhersteller gleichermaßen zu evaluieren. Diese Vorgehensweise entspricht der eingehenden Zielsetzung der vorliegenden Arbeit, innovativer Ertragsmodelle zu entwickeln, welche eine monetäre, qualitative und/oder ökologische Besserstellung für den Käufer und den Verkäufer von Gleisinfrastrukturkomponenten über den gesamten Lebenszyklus hinweg herbeiführen (Vgl. Kap. 1.2).

Bewertungskriterien, welche ein prognostiziertes Potenzial aus Sicht der Eisenbahngesellschaft darstellen, werden hierbei mit (E) markiert, im Falle von Potenzialen aufseiten des Schienenherstellers erfolgt eine Markierung mit (S). Potenzialkriterien welche eine Chance für beide Parteien darstellen werden mit (ES) gekennzeichnet. Die Bestimmung der einzelnen Beurteilungsfaktoren erfolgt hierbei auf Basis der in Kapitel 4 beschriebenen Randbedingungen der Gleisinfrastruktur. Die Wichtung der einzelnen Einflusskriterien ist abhängig von der prognostizierten Einflussnahme auf eine Steigerung der Attraktivität des Ertragsmodelles im Verhältnis zu herkömmlichen bzw. traditionellen Ertragsmodellen mit einer nahezu ausschließlichen Fokussierung auf die Erstellungskosten.

Eine Potenzialanalyse wird in der nachfolgend dargestellten Bewertungstabelle für jedes der in Kapitel 3.4.1 bis 3.4.5 beschriebenen Ertragsmodelle der Gleisinfrastruktur durchgeführt. Die Ermittlung des Gesamtpotenzials erfolgt hierbei durch eine Wichtung der technologischen (T), ökonomischen (Ö), betrieblichen (B) und sonstigen (S) Potenzialkriterien. Hierbei werden im Sinne einer Sensibilitätsanalyse, jeweils fünf unterschiedliche Wichtungen vorgenommen, um die Überwertung einzelner Einflüsse zu vermeiden. Zunächst wer-

den alle vier Kategorien gleich bewertet. Anschließend werden die drei Kategorien Technologie, Ökonomie und Betrieb mit jeweils 30% bewertet und die sonstigen Potenzialkriterien mit 10%, da diese im Vergleich eine vermeintlich geringe Relevanz aufweisen. Anschließend werden jeweils zwei der zuvor mit 30% bewerteten Kategorien (T/Ö/S) mit 40% bewertet und die übrige, wie auch die sonstige Kategorie, mit 10%. Dies führt zu folgender prozentueller Wichtungen (T/Ö/B/S):

- 25/25/25/25
- 30/30/30/10
- 40/40/10/10
- 40/10/40/10
- 10/40/40/10

Ertragsmodell # – Potenzialanalyse								
Potenzialkriterien		Gew.	5	4	3	2	1	Potenzial
Technologische Potenzialkriterien	TPK 1	0%						0
	TPK 2	0%						0
	TPK 3	0%						0
	TPK 4	0%						0
	TPK 5	0%						0
<b>Technologisches Potenzial:</b>		0%						<b>0</b>
Ökonomische Potenzialkriterien	ÖPK 1	0%						0
	ÖPK 2	0%						0
	ÖPK 3	0%						0
	ÖPK 4	0%						0
	ÖPK 5	0%						0
<b>Ökonomisches Potenzial:</b>		0%						<b>0</b>
Betriebliche Potenzialkriterien	BPK 1	0%						0
	BPK 2	0%						0
	BPK 3	0%						0
	BPK 4	0%						0
	BPK 5	0%						0
<b>Betriebliches Potenzial:</b>		0%						<b>0</b>
Sonstige Potenzialkriterien	SPK 1	0%						0
	SPK 2	0%						0
	SPK 3	0%						0
	SPK 4	0%						0
	SPK 5	0%						0
<b>Sonstiges Potenzial:</b>		0%						<b>0</b>
<b>Ertragsmodell # – Potenzialanalyse</b>								
<b>Gesamtpotenzial:</b>								<b>0,00</b>

Bild 5-2 Bewertungstabelle - Potenzialanalyse

Zusätzlich zu den fünf Potenzialanalysen, in welchen die Ertragsmodelle isoliert betrachtet werden, erfolgt außerdem eine Gegenüberstellung der jeweiligen Potenzialprofile.

### 5.1.3 Risikoanalyse

Die Durchführung der Risikoanalyse beginnt, analog zur Potenzialanalyse mit der Ableitung und Wichtung von technologischen Risikoparametern (TRP), ökonomischen Risikoparametern (ÖRP), betrieblichen Risikoparametern (BRP) und sonstigen Risikoparametern (SRP). Das Ziel ist abermals eine simultane Bewertung der durch das jeweilige Ertragsmodell entstehenden Risiken für öffentliche sowie private Eisenbahngesellschaften und den Schienenhersteller.

Bewertungskriterien, welche ein prognostiziertes Risiko darstellen werden je nach Einflussphäre mit (E) für Eisenbahngesellschaft, (S) für Schienenhersteller oder (ES) für beide Parteien gleichermaßen markiert. Die Grundlage für die Bestimmung der Bewertungsfaktoren sind die in Kapitel 4 beschriebenen Randbedingungen der Gleisinfrastruktur. Die Wichtung der einzelnen Einflusskriterien ist abhängig von dem prognostizierten Ausmaß auf das Gesamtrisiko der jeweiligen Ertragsmodelle im Verhältnis zu herkömmlichen bzw. traditionellen Ertragsmodellen mit einer nahezu ausschließlichen Fokussierung auf die Erstellungskosten.

Eine Risikoanalyse wird in der nachfolgend dargestellten Bewertungstabelle für jedes der in Kapitel 3.4.1 bis 3.4.5 beschriebenen Ertragsmodelle der Gleisinfrastruktur durchgeführt. Das abschließende Gesamtrisiko setzt sich hierbei zu jeweils 40% aus den Risikoparametern der Kategorie Technologie und Ökonomie sowie zu einem 10%-igen Anteil aus den betrieblichen und sonstigen Risikofaktoren zusammen. Die Ermittlung des Gesamtrisikos erfolgt hierbei erneut durch eine Wichtung der technologischen (T), ökonomischen (Ö), betrieblichen (B) und sonstigen (S) Risikoparametern. Hierbei werden im Sinne einer Sensibilitätsanalyse jeweils fünf unterschiedliche Wichtungen vorgenommen, um die Überwertung einzelner Einflüsse zu vermeiden. Analog zur Potenzialanalyse werden hierbei zunächst alle vier Kategorien gleich bewertet. Anschließend werden die drei Kategorien Technologie, Ökonomie und Betrieb mit jeweils 30% bewertet und die sonstigen Risikoparameter mit 10%, da diese im Vergleich eine vermeintlich geringe Relevanz aufweisen. Anschließend werden jeweils zwei der zuvor mit 30% bewerteten Kategorien (T/Ö/S) mit 40% bewertet und die jeweils übrige, wie auch die sonstige Kategorie, mit 10%. Dies führt zu folgender prozentueller Wichtungen (T/Ö/B/S):

- 25/25/25/25
- 30/30/30/10
- 40/40/10/10
- 40/10/40/10
- 10/40/40/10

Ertragsmodell # – Risikoanalyse								
Risikoparameter		Gew.	5	4	3	2	1	Risiko
Technologische Risikoparameter	TRP 1	0%						0
	TRP 2	0%						0
	TRP 3	0%						0
	TRP 4	0%						0
	TRP 5	0%						0
<b>Technologisches Risiko:</b>		0%						<b>0</b>
Ökonomische Risikoparameter	ÖRP 1	0%						0
	ÖRP 2	0%						0
	ÖRP 3	0%						0
	ÖRP 4	0%						0
	ÖRP 5	0%						0
<b>Ökonomisches Risiko:</b>		0%						<b>0</b>
Betriebliche Risikoparameter	BRP 1	0%						0
	BRP 2	0%						0
	BRP 3	0%						0
	BRP 4	0%						0
	BRP 5	0%						0
<b>Betriebliches Risiko:</b>		0%						<b>0</b>
Sonstige Risikoparameter	SRP 1	0%						0
	SRP 2	0%						0
	SRP 3	0%						0
	SRP 4	0%						0
	SRP 5	0%						0
<b>Sonstiges Risiko:</b>		0%						<b>0</b>
<b>Ertragsmodell # – Risikoanalyse</b>								
<b>Gesamtrisiko:</b>								<b>0,00</b>

Bild 5-3 Bewertungstabelle - Risikoanalyse

Zusätzlich zu den fünf Risikoanalysen, in welchen die Ertragsmodelle isoliert betrachtet werden, erfolgt außerdem eine Gegenüberstellung der jeweiligen Risikoprofile.

#### 5.1.4 Potenzial-Risiko-Matrix

Durch die eigens für die Bewertung der entwickelten Ertragsmodelle erstellte Potenzial-Risiko-Matrix – kurz PRM – werden die Ergebnisse der einzelnen Potenzial- und Risikoanalysen in einem gemeinsamen Kontext in einer vier Felder-Matrix dargestellt. Die Beurteilungsmatrix, welche grundsätzlich an die Vier-Felder-Matrix zur Portfolio-Analyse von BCG angelehnt ist, ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

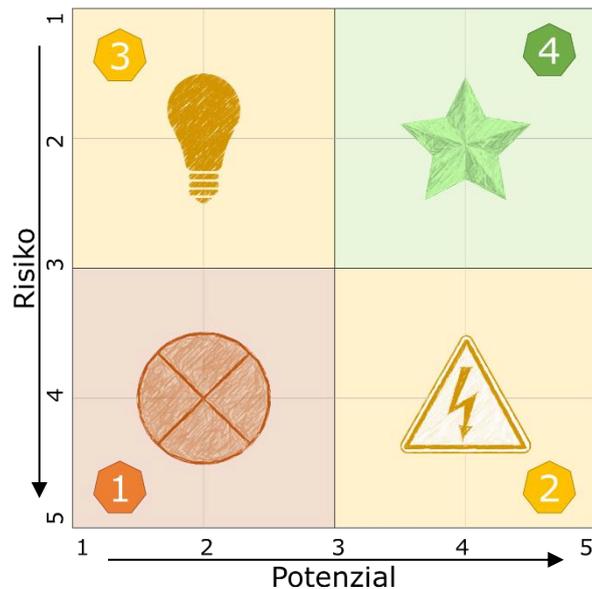


Bild 5-4 Potenzial-Risiko-Matrix

All jene Modelle, welche in die erste Kategorie fallen, sind im Vergleich zu konventionellen Ertragsmodellen sowie im Kontext der übrigen Ertragsmodelle mit einem geringen Potenzial und einem hohen Risiko gekennzeichnet, weshalb diese als *ungeeignete Ertragsmodelle* angesehen werden.

In der zweiten Kategorie befinden sich *risikoaffine Ertragsmodelle* mit einem hohen Risiko sowie einem hohen Potenzial. Durch die hohe Unsicherheit in der Implementierung ist eine gemeinschaftliche Markteinführung mit Partnerunternehmen bzw. direkt mit Eisenbahngesellschaften ratsam, um durch eine Risikoteilung die antizipierten Potenziale mit einem verträglichen Wagnis zu nutzen.

Die dritte Kategorie beinhaltet *risikoaverse Ertragsmodelle*, mit einem geringen Risiko sowie einem überschaubaren Potenzial. Diese Modelle eignen sich sehr gut, um Eisenbahngesellschaften anzusprechen, welche bisher wenig Erfahrung mit einer lebenszyklusorientierten Betrachtung der Gleisinfrastruktur gesammelt haben bzw. über ein stark beschränktes Budget verfügen.

Die Modelle in der vierten und letzten Kategorie sind jene *innovativen Ertragsmodelle*, welche die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit am besten entsprechen. Hierbei handelt es sich um Konzepte mit einem geringen Umsetzungsrisiko für alle beteiligten Parteien sowie um enorme technologische, ökonomische und/oder ökologische Potenziale.

Durch eine Einordnung der Ertragsmodelle in die dargestellten vier Kategorien kann eine grundsätzliche Aussage über deren jeweilige Eignung im Kontext zur Gleisinfrastruktur getroffen werden. Durch die Durchführung der Potenzial- und Risikoanalyse mit fünf unter-

schiedlichen Gewichtungen der technologischen, ökonomischen, betrieblichen und sonstigen Bewertungskategorien, entsteht hierbei eine aussagekräftige Darstellung der jeweiligen Eignung der fünf Ertragsmodelle.

## 5.2 Potenzialanalyse

Im ersten Analyseschritte werden fortführend die Potenziale der in Kapitel 3.4 beschriebenen fünf Ertragsmodelle bewertet. Hierfür werden zunächst in den jeweiligen Unterkapiteln die technologischen, ökonomischen, betrieblichen und sonstigen Potenzialkriterien aufgelistet und beschrieben sowie deren individuelle prozentuelle Gewichtung erläutert. Hierbei ist in die Gewichtung der einzelnen Kriterien (2. Gewichtungsebene) sowie die Gewichtung der Kategorien (1. Gewichtungsebene) zu unterscheiden. Letztere wird hierbei im Rahmen der Sensibilitätsanalyse fünfmal dynamisch angepasst. Die Gewichtung der 2. Ebene selbst verhält sich statisch bzw. gleichbleibend, durch die Anpassung der 1. Ebene ist die Einflussnahme auf das Gesamtergebnis jedoch ebenso dynamisch. Im anschließenden Unterkapitel erfolgt die Potenzialbewertung anhand der in Kapitel 5.1.2 eingeführten Bewertungstabelle unter Berücksichtigung der Kriterien-Gewichtung. Die Gewichtung der Kategorien erfolgt abschließend in der Darstellung der sog. Potenzialprofile.

### 5.2.1 Technologische Potenzialkriterien

Die folgenden technologischen Potenzialkriterien (TPK) bzw. die möglichen Verkaufsargumente technologischer Natur gegenüber herkömmlichen Ertragsmodellen, lassen sich mit einer entsprechenden Kriterien-Gewichtung (2. Gewichtungsebene) aus den in Kapitel 4.1 beschriebenen Randbedingungen ableiten:

- TPK1 (E): Kooperation entlang des Lebenszyklus – 20%

Dieses erste Potenzial bewertet, ob eine Ausdehnung der Wertschöpfung über das Produkt Schiene bzw. die Erstellungsphase hinaus ein Bestandteil des Ertragsmodells ist. Im Sinne einer Lebenszyklusbetrachtung hat eine langfristige Kooperation – beginnend in den frühen Projektphasen der Planung, über die Instandhaltungsphase, bis hin zur Entsorgung in der Phase des Gleisrück- bzw. des Gleisrückbaus – ein hohes Potenzial für die Qualität der Infrastruktur.

- TPK2 (E): Individualisierbarkeit des Dienstleistungs- bzw. Serviceangebots – 10%

Eisenbahninfrastrukturbetreiber sowie Eisenbahngesellschaften als Gesamtes haben unterschiedliche Organisationsstrukturen und interne Kompetenzen (Vgl. Kap.5.5). Die Indivi-

dualisierbarkeit des Dienstleistungs- und Serviceangebots (sofern dieses in einem Ertragsmodell vorgesehen ist) ist ausschlaggebend dafür, wie attraktiv die jeweilige Verkaufsstrategie für individuelle Organisationen ist, da diese entsprechend der eigenen Kompetenzen dort Unterstützung erhalten, wo sie diese am dringendsten benötigen.

- TPK3 (S): Qualität des Leistungsangebotes entscheidend – 30%

In diesem Potenzialkriterium wird untersucht, inwiefern das jeweilige Ertragsmodell dazu beitragen kann, dass durch eine technologische Differenzierung entlang des Lebenszyklus gegenüber der Konkurrenz Vorteile erlangt werden können. Dies betrifft vor allem die Realisierung von angemessenen Mehreinnahmen aus der überdurchschnittlichen Qualität im Vergleich zu konkurrierenden Unternehmen bzw. einer Akzeptanz von Mehrkosten vonseiten des Eisenbahninfrastrukturbetreibers aufgrund einer qualitativen Besserstellung.

- TPK4 (S): Technologische Adaptierbarkeit – 10%

Während die Anpassungsfähigkeit des Leistungsangebotes in Bezug auf Dienst- und Serviceleistungen (TPK 2) die Attraktivität eines Ertragsmodells aus Sicht des Auftraggebers im Sinne eines „*nice-to-have*“ steigert, ist die technologische Adaptierbarkeit der angebotenen Produkte und Komplementärprodukte für den Schienenhersteller der Gradmesser für die Skalierbarkeit einer Verkaufsstrategie.

- TPK5 (ES): Technologische Optimierung – 30%

In einem herkömmlichen Vergabeprozess nach dem Billigstbieterprinzip ist der Auftraggeber nur an den Beschaffungskosten bzw. dem Verkaufspreis der Schiene unter Einhaltung der technologischen Mindeststandards interessiert. Der Auftragnehmer ist in dieser Situation dazu gezwungen, seine betrieblichen Abläufe rigoros auf die Kostensenkung auszurichten, um seine Konkurrenzfähigkeit zu wahren. Durch lebenszyklusorientierte Ertragsmodelle ist auch dann ein zusätzlicher interner Anreiz zur qualitativen Verbesserung beim Schienenhersteller gegeben, wenn die Vergabe nicht nach einem echten Bestbieterverfahren (bei welchem der Preis nicht die allesbestimmende Komponente mit einer Gewichtung von bis zu 90% darstellt, wie dies in der Praxis oftmals der Fall ist) erfolgt, da die Einnahmen bzw. die notwendigen Folgekosten von der Leistung im Betrieb abhängig sind. Eine zusätzliche externe Motivation wie die Implementierung eines Bestbieterverfahrens durch den Eisenbahninfrastrukturbetreiber steigert das technologische Optimierungspotenzial zusätzlich, weshalb dieses Potenzial beide Parteien gleichermaßen betrifft.

### 5.2.2 Ökonomische Potenzialkriterien

Die folgenden ökonomischen Potenzialkriterien (ÖPK) bzw. die möglichen finanzwirtschaftlichen Verkaufsargumente gegenüber herkömmlichen Ertragsmodellen lassen sich mit einer entsprechenden Kriterien-Gewichtung (2. Gewichtungsebene) aus den in Kapitel 4.2 beschriebenen Randbedingungen ableiten:

- ÖPK1 (E): Vermeidung/Entfall von Einmalzahlungen (20%)

Für den Neu-, Aus- und Umbau einer leistungsstarken Eisenbahninfrastruktur sind, wie bei vielen anderen Anlagegütern, hohe Investitionsausgaben erforderlich, welche durch potenzielle langfristige Einnahmen getilgt werden sollen. Lebenszyklusorientierte Ertragsmodelle, bei welchen hohe Einmalzahlungen auf Kosten einer Erhöhung der laufenden Annuitäten verringert werden oder sogar gänzlich entfallen, ermöglichen eine finanzielle Flexibilität und vermeiden eine langfristige Kapitalbindung für das Eisenbahninfrastrukturunternehmen. Dadurch fallen erst dann Kosten an, wenn auch entsprechende Einnahmen durch die Nutzung der Gleisinfrastruktur lukriert werden können.

- ÖPK2 (E): Senkung der Lebenszykluskosten (30%)

Grundsätzlich steigen durch die in ÖPK1 beschriebene Vermeidung von Einmalzahlungen die Lebenszykluskosten (Life Cycle Costs – LCC), da die Kapitalbeschaffungs- bzw. Finanzierungskosten sowie das Risiko der Vorfinanzierung vom Schienenhersteller in die angebotenen Abschlagszahlungen einkalkuliert werden, was zu einer direkten Weitergabe der selbigen an das Eisenbahninfrastrukturunternehmen inklusive eines Wagnis- und Gewinnzuschlages führt. Dennoch können durch entsprechende Maßnahmen über den gesamten Lebenszyklus die anfallenden Kosten reduziert werden. Ein Beispiel hierfür ist, dass Instandhaltungsmaßnahmen dann gesetzt werden können, wenn diese wirtschaftlich sinnvoll sind und nicht wenn diese technologisch notwendig werden oder im Jahresbudget abdeckbar sind. Auch wirken sich Anreize zur technologischen Optimierung (Vgl. TPK5) konsequenterweise ebenso positiv auf die LCC aus, obwohl solche Innovationen zunächst mit hohen Investitionskosten verbunden sein können. Schlussendlich werden die Gesamtkosten aus Erwerb, Instandhaltung und Rückbau bzw. Austausch einer Schiene in einer kapitalistischen Marktwirtschaft für das Eisenbahninfrastrukturunternehmen immer ein elementarer Vergleichswert in der Beschaffung darstellen. Diesem Sachverhalt wird durch das vorliegende Potenzialkriterium Rechnung getragen.

- ÖPK3 (S): Festigung der Marktposition (30%)

Durch die Umsetzung einer neuartigen Strategie – sowohl in der Preisgestaltung als auch in allen übrigen Unternehmensbereichen – ist die Festigung der eigenen Marktposition aus

Sicht des Schienenherstellers das offensichtliche Ziel. Hierunter wird an dieser Stelle primär die Möglichkeit einer Erhöhung des Unternehmensumsatzes bzw. Verkaufsvolumens bei gleichbleibenden oder steigenden Gewinnmargen unter Verfolgung der normativen Vision und der übergeordneten strategischen Ausrichtung eines jeden individuellen Unternehmens bewertet.

- ÖPK4 (S): Erhöhung der Ertragsquellen (10%)

Die Abhängigkeit von einer primären Ertragsquelle birgt, insofern das Unternehmen sich nicht in einem Nischenmarkt ohne Konkurrenz (einem sog. *Blue Ocean*) befindet, ein hohes Risikopotenzial. Kleinste Änderungen in der Branchenumwelt – neuartige Substitutionsprodukte, eine geringere Nachfrage, ein höheres Angebot udgl. – können das Kerngeschäft innerhalb weniger Jahre stark belasten. Eine Streuung bzw. Diversifikation der Ertragsquellen durch eine Vielzahl an Komplementärprodukten und Dienst- bzw. Serviceleistungen entlang der Branchen-Wertschöpfungskette stellt dahingehend jedoch ein großes Potenzialkriterium dar und steigert die Resilienz des Schienenherstellers auf externe Einflüsse.

- ÖPK5 (ES): Langfristige finanzielle Planungssicherheit (10%)

Längere Planungshorizonte haben für beide zu betrachtende Parteien einen direkten Vorteil. Für das Eisenbahninfrastrukturunternehmen wird die in ÖPK1 beschriebene Problematik einer initial hohen Investitionssumme, welcher langfristige, nur bedingt vorhersehbare Einnahmen gegenüberstehen, durch langfristige Kooperationen und Verträge kalkulierbarer. Für den Schienenhersteller können die benötigten Kapazitäten längerfristig geplant werden und somit eine entsprechend hohe Auslastung gewährleistet werden. Außerdem ist eine operative Unternehmensplanung über einzelne Aufträge bzw. Projekte hinaus präziser durchführbar.

### 5.2.3 Betriebliche Potenzialkriterien

Die folgenden betrieblichen Potenzialkriterien (BPK) bzw. möglichen Verkaufsargumente hinsichtlich des Eisenbahnbetriebs gegenüber herkömmlichen Ertragsmodellen lassen sich mit einer entsprechenden Kriterien-Gewichtung (2. Gewichtungsebene) aus den in Kapitel 4.3 beschriebenen Randbedingungen ableiten:

- BPK1 (E): Kompensation von Betriebsausfällen (20%)

Leistungsabhängige Vergütungsformen der Schiene führen konsequenterweise direkt dazu, dass Betriebsausfälle bzw. -einschränkungen sich negativ auf den Ertrag des Schienenherstellers auswirken. Die Bandbreite kann hierbei – in Abhängigkeit von vertraglichen Vereinbarungen – von geringeren Leasing- bzw. Tilgungsraten bis hin zu Strafzahlungen, sog.

Pönalen, reichen. Auch wenn die Pünktlichkeit und die Verfügbarkeit des Verkehrsmittels Eisenbahn unter außerplanmäßigen Betriebsausfällen dennoch leidet, sind zumindest die finanziellen Folgen hierdurch weniger bedenklich.

- BPK2 (E): Serviceleistungen für Eisenbahnverkehrsunternehmen (10%)

Neben der Möglichkeit eines umfangreiches Dienstleistung- und Servicepakets für das Eisenbahninfrastrukturunternehmen, sind auch die Eisenbahnverkehrsunternehmen, welche auf dem Produkt Schiene verkehren, potenzielle Möglichkeiten der Wertschöpfungserweiterung. Getreu der Logik: Der Kunde meines Kunden ist auch mein Kunde. Die scheinbar arbiträren Grenzen zwischen Rad und Schiene, zwischen Infrastruktur und Fahrzeugen, sollte bezüglich der Ausgestaltung eines Ertragsmodells kritisch hinterfragt werden und auch etwaige nutzerorientierte Leistungsangebote entwickelt werden. Welche diese im Konkreten sein können, ist vom bestehenden Know-how im Unternehmen sowie der angestrebten Unternehmensentwicklung abhängig. Aufgrund dieser wenig konkreten Ausgangslage ist die Gewichtung dieses Kriteriums relativ gering.

- BPK3 (S): Mitbestimmungsrecht über Instandhaltung (30%)

Durch ein vertragliches Verhältnis über die Errichtungsphase hinweg erhält der Schienenhersteller auch eine direkte Einflussnahme auf die Methodik sowie die Häufigkeit der Instandsetzung der Schiene. Dadurch kann herstellerseitig sichergestellt werden, dass die notwendigen Maßnahmen zeitgerecht gesetzt werden und das Produkt Schiene sachgerecht instandgehalten wird. Die Umsetzung dieses Potenzialkriteriums, welches auf den ersten Blick einen stark technologischen Inhalt vorweist, ist von der Fahrplangestaltung sowie den zur Verfügung stehenden Sperrzeiten stark abhängig. Hierdurch lässt sich auch die Einordnung in die Kategorie Betrieb rechtfertigen. Im Eisenbahnbetrieb müssen ausreichende Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungsfenster vorgesehen werden, da ansonsten die angestrebten hohen Liegedauern nicht erreicht werden können. Auch wenn dies kurzfristig Einschnitte für den Betrieb bedeutet, sollte auf lange Sicht auch für das Eisenbahnverkehrsunternehmen eine optimale Instandhaltung und hieraus resultierende hohe Verfügbarkeit (Vgl. BPK5) des Gleises oberste Priorität genießen.

- BPK4 (S): Einflussnahme auf die (betriebliche) Infrastrukturplanung (20%)

Durch ein Einbringen der produktspezifischen Kenntnisse von Anbeginn in den Variantenstudien der Planungsphase können die strategischen Interessen des Schienenherstellers bereits frühzeitig in die Projektentwicklung miteinfließen. Eine vertikale Integration kann neben der naheliegenden Vorwärtsintegration, auf die Instandhaltungsphase genauso umgekehrt als rückwärts gerichtete Integration auf die vorgelagerte Konzeptionierungs- und Planungsphase umgesetzt werden. Grundsätzlich bestimmen die Lage einer Schiene in der

Infrastruktur sowie dessen betriebliche Nutzung beträchtlich die entstehenden Folgekosten und die zu erwartende Liegedauer, wodurch eine frühzeitige Berücksichtigung dieses Faktums durch ein produktspezifisches Know-how vonseiten des Schienenherstellers nur sinnvoll erscheint.

- BPK5 (E): Höhere Verfügbarkeit (20%)

Eine höhere Verfügbarkeit der Schiene oder sogar der gesamten Gleisinfrastruktur, entweder durch weniger Gleissperren, kürzere Baumaßnahmen oder durch längere Lebensdauern der Teilkomponenten, stellt konsequenterweise einen enormen Mehrwert für den Eisenbahninfrastrukturbetreiber sowie das Eisenbahnverkehrsunternehmen dar. Aber auch für den Schienenhersteller stellt dies ein unschlagbares Verkaufsargument dar. Sofern durch ein Gesamtleistungspaket eine nachweisbare höhere Verfügbarkeit erreicht werden kann als dies zurzeit der Fall ist, ist das Potenzial dieses Angebotes für Anbieter, Käufer (EIU), Nutzer (EIV) und sogar Endverbraucher (bspw. Fahrgast im Reisezugverkehr oder Unternehmen im Güterzugverkehr) gleichermaßen hoch. Da hierfür jedoch zusätzlich zu lebenszyklusorientierten Vertrags- und/oder Kooperationsmodellen auch technologische Innovationen zwingend erforderlich sind, ist die Gewichtung an dieser Stelle in Anbetracht der potenziellen Auswirkungen eher gering angesetzt. Ein geeignetes lebenszyklusorientiertes Ertragsmodell kann jedoch entsprechende Akzente hin zu einer höheren Verfügbarkeit setzen, was in weiterer Folge in diesem Potenzialkriterium bewertet wird.

#### 5.2.4 Sonstige Potenzialkriterien

Die folgenden sonstigen Potenzialkriterien (SPK) bzw. weiteren Verkaufsargumente gegenüber herkömmlichen Ertragsmodellen lassen sich mit einer entsprechenden Kriterien-Gewichtung (2. Gewichtungsebene) aus den in Kapitel 4.4 beschriebenen Randbedingungen ableiten:

- SPK1 (E): Garantien und Gewährleistungsfristverlängerung (30%)

Durch eine Verlängerung der Gewährleistungsfrist oder zusätzlich Garantien zur Lebensdauer bei sachgerechter und zeitgerechter Instandhaltung entstehen für das Eisenbahninfrastrukturunternehmen bauvertragliche Vorteile, welche in der Vergabe nach dem Billigstbieterprinzip keinen Einfluss hätten. Höherwertige Schienen können hierbei entweder allein stehend oder in Kombination mit einem umfassenden Leitungspaket als qualitatives Verkaufsargument genutzt werden. Außerdem unterstreicht ein Unternehmen sein Vertrauen in das eigene Leistungsangebot glaubhaft durch eine vertragliche Zusicherung von Garantien und Gewährleistungsfristverlängerungen.

- SPK2 (E): Verringerung des Fachkräftemangel (10%)

Der Fachkräftemangel ist in Österreich ein oftmals stark politisiertes Thema, welches oftmals interessengeleitet verwendet wird. Es ist jedoch, aufgrund der aktuellen demografischen Entwicklungen sowie der zunehmenden „Akademisierung“ der nationalen Workforce, dennoch kritisch zu hinterfragen, welche Folgen ein Mangel an qualifizierten Facharbeitern mit sich bringt. Durch eine Auslagerung von Tätigkeiten an einen Partner aus der Industrie, wie bspw. einen Schienenhersteller, wird diese Situation zwar lediglich verlagert, jedoch ist dieser in weiterer Folge ebenso in der Lage auf Kooperationen und Subunternehmermodelle zurückzugreifen. Das Potenzial einer besseren Situation am Arbeitsmarkt durch das EIU wiegt hierbei, nach Ansicht des Autors der vorliegenden Arbeit, schwerer als das Risiko eines Arbeitermangels beim Schienenhersteller bzw. in der Industrie.

- SPK3 (S): Differenzierung von Mitbewerber (30%)

Eine Differenzierung von Mitbewerben kann auf strategischem oder technologischem Wege erfolgen. Eine alleinige Differenzierung aufgrund des Preises ist hierbei ausdrücklich nicht beinhaltet. Ein technologischer Vorsprung ist durch die vorherrschende kosten- bzw. preisorientierte Vergabe von Bauleistungen und Bauprodukten jedoch erst durch eine entsprechende strategische Umsetzungsstrategie realisierbar.

- SPK4 (S): Ökologisierung (20%)

Auch wenn das Thema der Nachhaltigkeit wie in Kapitel 2.3 erläutert, nur bedingt durch alternative Ertragsmodelle verbessert werden kann, ist in der derzeitigen gesellschaftlichen Stimmungslage eine Fokussierung auf ökologische Maßnahmen durchaus denkbar. Hierbei können sowohl kostenintensivere Produkte, aufgrund von umweltverträglichen Produktionsverfahren, direkt zu einem entsprechend höheren Marktpreis angeboten oder ökologische Vorsprünge als Verkaufsargument genutzt werden. Die Ökologisierung des Verkehrs ist eine der großen Herausforderungen unserer Zeit und sollte, wie dies bereits oftmals der Fall ist, vonseiten der Wirtschaft mitgetragen und initiiert werden. Attraktive Ertragsmodelle ohne hohe initiale Kosten können dazu sicherlich einen Teil beitragen, um die Leistungsfähigkeit durch entsprechende Zahlungsmodelle zu gewährleisten.

- SPK5 (ES): Innovationsführer (10%)

Vor allem im internationalen Vergleich ist es für Großkonzerne, wie dies Schienenhersteller, öffentliche Eisenbahngesellschaften sowie privatwirtschaftliche Bauträger von Eisenbahnen i.d.R. sind, durchaus von Vorteil als Innovationsführer auftreten zu können. Ein neues vertragliches Modell auf Basis einer lebenszyklusorientierten Vergütung hat das Potenzial, die Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette Eisenbahn nachträglich zu verändern bzw. zu verbessern. Neben den potenziellen Mehreinnahmen durch Schulungen und der

Know-how-Weitergabe entsteht hierbei vor allem ein marketingwirksamer Nutzen für alle beteiligten Parteien.

### 5.2.5 Potenzialbewertung der Ertragsmodelle

In diesem Unterkapitel werden die fünf Ertragsmodelle *LCC-Champion*, *Lease-a-Track*, *Availability Fee*, *Cross-Subsidisation* und *Life Cycle Cooperation* hinsichtlich ihrer Potenziale untersucht. Hierbei werden lediglich die Gewichtungen 2. Ebene, sprich der einzelnen Kriterien, berücksichtigt. Nachfolgend werden die jeweiligen Analyseergebnisse dargestellt. Die Bewertung erfolgt hierbei anhand folgender Skala:

5 = großes Potenzial

4 = überdurchschnittliches Potenzial

3 = durchschnittliches Potenzial

2 = unterdurchschnittliches Potenzial

1 = kein Potenzial / für vorliegendes Ertragsmodell nicht relevant

Demnach ist eine möglichst hohe Punktezahl gleichbedeutend mit einem großen Potenzial des jeweiligen Ertragsmodells. Außerdem erfolgt die Beurteilung der Potenzialkriterien sowohl in Bezug zur derzeitigen Marktsituation als auch in Relation zu den übrigen Ertragsmodellen.

## 1. Ertragsmodell – LCC-Champion

Die Potenzialanalyse für den *LCC-Champion* ergab, ohne eine Kategorien-Gewichtung (1. Gewichtungsebene), folgendes Ergebnis:

Ertragsmodell 1 – LCC-Champion – Potenzialanalyse								
Potenzialkriterien		Gew.	5	4	3	2	1	Potenzial
Technologische Potenzialkriterien	TPK1 (E): Kooperation entlang des Lebenszyklus	20%					1	0,2
	TPK2 (E): Individualisierbarkeit des DL- & Serviceangebots	10%					1	0,1
	TPK3 (S): Qualität des Leistungsangebotes entscheidend	30%	5					1,5
	TPK4 (S): Technologische Adaptierbarkeit	10%				2		0,2
	TPK5 (ES): Technologische Optimierung	30%				2		0,6
<b>Technologisches Potenzial:</b>		100%						<b>2,6</b>
Ökonomische Potenzialkriterien	ÖPK1 (E): Vermeidung/Entfall von Einmalzahlungen	20%					1	0,2
	ÖPK2 (E): Senkung der Lebenszykluskosten	30%	5					1,5
	ÖPK3 (S): Festigung der Marktposition	30%			3			0,9
	ÖPK4 (S): Erhöhung der Ertragsquellen	10%					1	0,1
	ÖPK5 (ES): Langfristige finanzielle Planungssicherheit	10%				2		0,2
<b>Ökonomisches Potenzial:</b>		100%						<b>2,9</b>
Betriebliche Potenzialkriterien	BPK1 (E): Kompensation von Betriebsausfällen	20%				2		0,4
	BPK2 (E): Serviceleistungen für EVU	10%					1	0,1
	BPK3 (S): Mitbestimmungsrecht über Instandhaltung	30%				2		0,6
	BPK4 (S): Einflussnahme auf die Infrastrukturplanung	20%					1	0,2
	BPK5 (ES): Höhere Verfügbarkeit	20%			3			0,6
<b>Betriebliches Potenzial:</b>		100%						<b>1,9</b>
Sonstige Potenzialkriterien	SPK1 (E): Garantien und Gewährleistungsfristverlängerung	30%	5					1,5
	SPK2 (E): Verringerung des Fachkräftemangel	10%					1	0,1
	SPK3 (S): Differenzierung von Mitbewerber	30%				2		0,6
	SPK4 (S): Ökologisierung	20%					1	0,2
	SPK5 (ES): Innovationsführer	10%				2		0,2
<b>Sonstiges Potenzial:</b>		100%						<b>2,6</b>
<b>Ertragsmodell 1 – LCC-Champion</b>								
<b>Gesamtpotenzial:</b>								<b>2,5</b>

Bild 5-5 Potenzialanalyse LCC-Champion

Da es sich beim *LCC-Champion* um eine Weiterentwicklung der derzeit bereits in geringem Umfang angewandten Bestbietervergabe handelt, sind die Potenziale im Durchschnitt eher gering. Die höchsten Potenziale können durch zusätzliche Garantien und Gewährleistungsfristverlängerungen, eine Senkung der Gesamtkosten über den Lebenszyklus betrachtet und eine Vergabe auf Basis von qualitativen Merkmalen herbeigeführt werden. Vor allem für den Eisenbahnbetrieb entstehen durch dieses Ertragsmodell kaum Verbesserungen und auch in den übrigen Kategorien beschränken sich die Potenziale auf vereinzelte Ausnahmen.

## 2. Ertragsmodell – Lease-a-Track

Die Potenzialanalyse für das Modell *Lease-a-Track* ergab, ohne eine Kategorien-Gewichtung (1. Gewichtungsebene), folgendes Ergebnis:

Ertragsmodell 2 – Lease-a-Track – Potenzialanalyse								
Potenzialkriterien		Gew.	5	4	3	2	1	Potenzial
Technologische Potenzialkriterien	TPK1 (E): Kooperation entlang des Lebenszyklus	20%				2		0,4
	TPK2 (E): Individualisierbarkeit des DL- & Serviceangebots	10%				2		0,2
	TPK3 (S): Qualität des Leistungsangebotes entscheidend	30%				2		0,6
	TPK4 (S): Technologische Adaptierbarkeit	10%	5					0,5
	TPK5 (ES): Technologische Optimierung	30%				2		0,6
<b>Technologisches Potenzial:</b>		100%						<b>2,3</b>
Ökonomische Potenzialkriterien	ÖPK1 (E): Vermeidung/Entfall von Einmalzahlungen	20%	5					1,0
	ÖPK2 (E): Senkung der Lebenszykluskosten	30%				2		0,6
	ÖPK3 (S): Festigung der Marktposition	30%			3			0,9
	ÖPK4 (S): Erhöhung der Ertragsquellen	10%				2		0,2
	ÖPK5 (ES): Langfristige finanzielle Planungssicherheit	10%	5					0,5
<b>Ökonomisches Potenzial:</b>		100%						<b>3,2</b>
Betriebliche Potenzialkriterien	BPK1 (E): Kompensation von Betriebsausfällen	20%				2		0,4
	BPK2 (E): Serviceleistungen für EVU	10%					1	0,1
	BPK3 (S): Mitbestimmungsrecht über Instandhaltung	30%		4				1,2
	BPK4 (S): Einflussnahme auf die Infrastrukturplanung	20%					1	0,2
	BPK5 (ES): Höhere Verfügbarkeit	20%				2		0,4
<b>Betriebliches Potenzial:</b>		100%						<b>2,3</b>
Sonstige Potenzialkriterien	SPK1 (E): Garantien und Gewährleistungsfristverlängerung	30%		4				1,2
	SPK2 (E): Verringerung des Fachkräftemangel	10%					1	0,1
	SPK3 (S): Differenzierung von Mitbewerber	30%			3			0,9
	SPK4 (S): Ökologisierung	20%				2		0,4
	SPK5 (ES): Innovationsführer	10%				2		0,2
<b>Sonstiges Potenzial:</b>		100%						<b>2,8</b>
<b>Ertragsmodell 2 – Lease-a-Track</b>								
<b>Gesamtpotenzial:</b>								<b>2,7</b>

Bild 5-6 Potenzialanalyse Lease-a-Track

Die angeführten Potenziale beschränken sich in diesem Fall, wie auch in der vorherigen Analyse, auf einige wenige Kriterien. So ist eine weitreichende technologische Adaptierbarkeit des angebotenen Produktspektrums umsetzbar und derzeit übliche Eimalzahlungen können vermieden werden. Außerdem entsteht eine langfristige finanzielle Planungssicherheit für beide Parteien. Ein Mitbestimmungsrecht über die Instandhaltungsmaßnahmen und -intervalle durch den Schienenhersteller sowie eine Ausweitung der Garantien und Gewährleistungsfristen in überdurchschnittlichem Maße wird des Weiteren durch eine Implementierung dieser Ertragsstrategie antizipiert.

### 3. Ertragsmodell – Availability Fee

Die Potenzialanalyse für das Modell *Availability Fee* ergab, ohne eine Kategorien-Gewichtung (1. Gewichtungsebene), folgendes Ergebnis:

Ertragsmodell 3 – Availability Fee – Potenzialanalyse								
Potenzialkriterien		Gew.	5	4	3	2	1	Potenzial
Technologische Potenzialkriterien	TPK1 (E): Kooperation entlang des Lebenszyklus	20%		4				0,8
	TPK2 (E): Individualisierbarkeit des DL- & Serviceangebots	10%			3			0,3
	TPK3 (S): Qualität des Leistungsangebotes entscheidend	30%			3			0,9
	TPK4 (S): Technologische Adaptierbarkeit	10%			3			0,3
	TPK5 (ES): Technologische Optimierung	30%	5					1,5
<b>Technologisches Potenzial:</b>		100%						<b>3,8</b>
Ökonomische Potenzialkriterien	ÖPK1 (E): Vermeidung/Entfall von Einmalzahlungen	20%	5					1,0
	ÖPK2 (E): Senkung der Lebenszykluskosten	30%		4				1,2
	ÖPK3 (S): Festigung der Marktposition	30%			3			0,9
	ÖPK4 (S): Erhöhung der Ertragsquellen	10%			3			0,3
	ÖPK5 (ES): Langfristige finanzielle Planungssicherheit	10%	5					0,5
<b>Ökonomisches Potenzial:</b>		100%						<b>3,9</b>
Betriebliche Potenzialkriterien	BPK1 (E): Kompensation von Betriebsausfällen	20%	5					1,0
	BPK2 (E): Serviceleistungen für EVU	10%				2		0,2
	BPK3 (S): Mitbestimmungsrecht über Instandhaltung	30%	5					1,5
	BPK4 (S): Einflussnahme auf die Infrastrukturplanung	20%			3			0,6
	BPK5 (ES): Höhere Verfügbarkeit	20%	5					1,0
<b>Betriebliches Potenzial:</b>		100%						<b>4,3</b>
Sonstige Potenzialkriterien	SPK1 (E): Garantien und Gewährleistungsfristverlängerung	30%				2		0,6
	SPK2 (E): Verringerung des Fachkräftemangel	10%			3			0,3
	SPK3 (S): Differenzierung von Mitbewerber	30%	5					1,5
	SPK4 (S): Ökologisierung	20%				2		0,4
	SPK5 (ES): Innovationsführer	10%	5					0,5
<b>Sonstiges Potenzial:</b>		100%						<b>3,3</b>
<b>Ertragsmodell 3 – Availability Fee</b>								
<b>Gesamtpotenzial:</b>								<b>3,8</b>

Bild 5-7 Potenzialanalyse Availability Fee

Aufgrund einer durchwegs hohen Bewertung der einzelnen Kriterien können mannigfache Potenziale durch die Umsetzung dieser Ertragsstrategie erwartet werden. Hierunter fallen eine langfristige technologische Optimierung durch den Schienenhersteller infolge einer Kombination aus internen und externen Motiven sowie die bereits im vorherigen Ertragsmodell beschriebenen Chancen durch langfristige Zahlungsmodelle. Außerdem sind hohe betriebliche Potenziale aufgrund der leistungsabhängigen Preisstruktur, einem hochgradigen Mitbestimmungsrecht in der Instandhaltungsphase sowie einer zu erwartenden Verbesserung der Verfügbarkeit, da vertragliche Impulse diesbezüglich vorgenommen werden können. Eine strategische Differenzierung in Verbindung mit einem möglichen Auftreten als Innovationsführer für beide Parteien vervollständigen die Potenziale der *Availability Fee*.

## 4. Ertragsmodell – Cross-Subsidisation

Die Potenzialanalyse für das Modell *Cross-Subsidisation* ergab, ohne eine Kategorien-Gewichtung (1. Gewichtungsebene), folgendes Ergebnis:

Ertragsmodell 4 – Cross-Subsidisation – Potenzialanalyse								
Potenzialkriterien		Gew.	5	4	3	2	1	Potenzial
Technologische Potenzialkriterien	TPK1 (E): Kooperation entlang des Lebenszyklus	20%		4				0,8
	TPK2 (E): Individualisierbarkeit des DL- & Serviceangebots	10%	5					0,5
	TPK3 (S): Qualität des Leistungsangebotes entscheidend	30%		4				1,2
	TPK4 (S): Technologische Adaptierbarkeit	10%	5					0,5
	TPK5 (ES): Technologische Optimierung	30%			3			0,9
<b>Technologisches Potenzial:</b>		100%						<b>3,9</b>
Ökonomische Potenzialkriterien	ÖPK1 (E): Vermeidung/Entfall von Einmalzahlungen	20%			3			0,6
	ÖPK2 (E): Senkung der Lebenszykluskosten	30%					1	0,3
	ÖPK3 (S): Festigung der Marktposition	30%	5					1,5
	ÖPK4 (S): Erhöhung der Ertragsquellen	10%	5					0,5
	ÖPK5 (ES): Langfristige finanzielle Planungssicherheit	10%			3			0,3
<b>Ökonomisches Potenzial:</b>		100%						<b>3,2</b>
Betriebliche Potenzialkriterien	BPK1 (E): Kompensation von Betriebsausfällen	20%				2		0,4
	BPK2 (E): Serviceleistungen für EVU	10%	5					0,5
	BPK3 (S): Mitbestimmungsrecht über Instandhaltung	30%			3			0,9
	BPK4 (S): Einflussnahme auf die Infrastrukturplanung	20%		4				0,8
	BPK5 (ES): Höhere Verfügbarkeit	20%			3			0,6
<b>Betriebliches Potenzial:</b>		100%						<b>3,2</b>
Sonstige Potenzialkriterien	SPK1 (E): Garantien und Gewährleistungsfristverlängerung	30%				2		0,6
	SPK2 (E): Verringerung des Fachkräftemangel	10%	5					0,5
	SPK3 (S): Differenzierung von Mitbewerber	30%		4				1,2
	SPK4 (S): Ökologisierung	20%		4				0,8
	SPK5 (ES): Innovationsführer	10%		4				0,4
<b>Sonstiges Potenzial:</b>		100%						<b>3,5</b>
<b>Ertragsmodell 4 – Cross-Subsidisation</b>								
<b>Gesamtpotenzial:</b>								<b>3,5</b>

Bild 5-8 Potenzialanalyse Cross-Subsidisation

Die Potenziale dieses Modells liegen v.a. in der kundenseitigen Individualisierbarkeit des Dienstleistungs- und Serviceangebots sowie der Anpassung an die technologischen Herausforderungen der jeweiligen Projekte – auch wenn hierfür Mehrkosten für das Eisenbahninfrastrukturunternehmen zu erwarten sind. Aus ökonomischer Sicht kann der Schienenhersteller seine Ertragsquellen vermehren und dies u.a. dazu nutzen, um seine Marktposition in Bezug auf monetäre Bewertungskriterien zu verbessern. Da ein weitreichender Katalog aus Komplementärleistungen für die Umsetzung dieses Ertragsmodells erforderlich ist, werden auch Serviceleistungen für das Eisenbahnverkehrsunternehmen ermöglicht. Außerdem kann der Fachkräftemangel aufseiten der Eisenbahngesellschaft vermindert werden und ökologische Innovationen zu den übrigen Alleinstellungsmerkmalen beitragen.

## 5. Ertragsmodell – Life Cycle Cooperation

Die Potenzialanalyse für das Modell *Life Cycle Cooperation* ergab, ohne eine Kategorien-Gewichtung (1. Gewichtungsebene), folgendes Ergebnis:

Ertragsmodell 5 – Life Cycle Cooperation – Potenzialanalyse								
Potenzialkriterien		Gew.	5	4	3	2	1	Potenzial
Technologische Potenzialkriterien	TPK1 (E): Kooperation entlang des Lebenszyklus	20%	5					1,0
	TPK2 (E): Individualisierbarkeit des DL- & Serviceangebots	10%	5					0,5
	TPK3 (S): Qualität des Leistungsangebotes entscheidend	30%	5					1,5
	TPK4 (S): Technologische Adaptierbarkeit	10%		4				0,4
	TPK5 (ES): Technologische Optimierung	30%	5					1,5
<b>Technologisches Potenzial:</b>		100%						<b>4,9</b>
Ökonomische Potenzialkriterien	ÖPK1 (E): Vermeidung/Entfall von Einmalzahlungen	20%				2		0,4
	ÖPK2 (E): Senkung der Lebenszykluskosten	30%			3			0,9
	ÖPK3 (S): Festigung der Marktposition	30%		4				1,2
	ÖPK4 (S): Erhöhung der Ertragsquellen	10%	5					0,5
	ÖPK5 (ES): Langfristige finanzielle Planungssicherheit	10%			3			0,3
<b>Ökonomisches Potenzial:</b>		100%						<b>3,3</b>
Betriebliche Potenzialkriterien	BPK1 (E): Kompensation von Betriebsausfällen	20%			3			0,6
	BPK2 (E): Serviceleistungen für EVU	10%		4				0,4
	BPK3 (S): Mitbestimmungsrecht über Instandhaltung	30%			3			0,9
	BPK4 (S): Einflussnahme auf die Infrastrukturplanung	20%	5					1,0
	BPK5 (ES): Höhere Verfügbarkeit	20%			3			0,6
<b>Betriebliches Potenzial:</b>		100%						<b>3,5</b>
Sonstige Potenzialkriterien	SPK1 (E): Garantien und Gewährleistungsfristverlängerung	30%				2		0,6
	SPK2 (E): Verringerung des Fachkräftemangel	10%	5					0,5
	SPK3 (S): Differenzierung von Mitbewerber	30%	5					1,5
	SPK4 (S): Ökologisierung	20%		4				0,8
	SPK5 (ES): Innovationsführer	10%	5					0,5
<b>Sonstiges Potenzial:</b>		100%						<b>3,9</b>
<b>Ertragsmodell 5 – Life Cycle Cooperation</b>								
<b>Gesamtpotenzial:</b>								<b>3,9</b>

Bild 5-9 Potenzialanalyse Life Cycle Cooperation

Das höchste Potenzial kann bei der Life Cycle Cooperation nachgewiesen werden. Aufgrund einer organisationsübergreifenden Zusammenarbeit entstehen vor allem aus technologischer Sicht durchwegs große Chancen. Durch eine kooperative Erhöhung der Ertragsquellen – im einfachsten Falle als Bietergemeinschaft – können weitreichende Leistungsspektren über die eigentlichen Kernleistungen der Produktherstellung hinaus, u.a. im Bereich der Infrastrukturplanung sowie in der Sphäre des Eisenbahnbetriebs, abgedeckt werden. In den sonstigen Potenzialkriterien treten vergleichbare Möglichkeiten wie im vorherigen Ertragsmodell auf.

### 5.2.6 Potenzialprofil

Unter Berücksichtigung der 1. Gewichtungsebene – wobei die vier Kategorien *Technologie*, *Ökonomie*, *Eisenbahnbetrieb* und *Sonstiges* im Sinne einer Sensibilitätsanalyse fünfmal unterschiedlich priorisiert wurden – ergibt sich folgendes durchschnittliches Gesamtpotenzial der einzelnen Ertragsmodelle. Das Mittelmaß liegt grundsätzlich in der gleichen Größenordnung wie das jeweilige ungewichtete Ergebnis, welches im vorherigen Kapitel dargestellt wurde, jedoch lassen die einzelnen Gesamtpotenziale eine gewisse Bandbreite erkennen.

Potenzialprofil	Potenzial 25/25/25/25	Potenzial 30/30/30/10	Potenzial 40/40/10/10	Potenzial 40/10/40/10	Potenzial 10/40/40/10	Ø Potenzial
Ertragsmodell 1 – LCC-Champion	2,5	2,5	2,7	2,4	2,4	<b>2,5</b>
Ertragsmodell 2 – Lease-a-Track	2,7	2,6	2,7	2,4	2,7	<b>2,6</b>
Ertragsmodell 3 – Availability Fee	3,8	3,9	3,8	4,0	4,0	<b>3,9</b>
Ertragsmodell 4 – Cross-Subsidisation	3,5	3,4	3,5	3,5	3,3	<b>3,4</b>
Ertragsmodell 5 – Life Cycle Cooperation	3,9	3,9	4,0	4,1	3,6	<b>3,9</b>

Bild 5-10 Potenzialprofil

Da die Ertragsmodelle hinsichtlich ihrer Eignung erst durch eine Gegenüberstellung mit dem Risikoprofil (Vgl. Kap. 5.3.6) untersucht werden können, erfolgt diesbezüglich an dieser Stelle keine Bewertung (Vgl. Kap. 5.4).

## 5.3 Risikoanalyse

In weiterer Folge werden die Risiken der in Kapitel 3.4 beschriebenen fünf Ertragsmodelle bewertet. Hierfür werden zunächst in den jeweiligen Unterkapiteln die technologischen, ökonomischen, betrieblichen und sonstigen Risikoparameter<sup>162</sup> aufgelistet und beschrieben sowie deren individuelle prozentuelle Gewichtung erläutert. Hierbei ist in die Gewichtung der einzelnen Parameter (2. Gewichtungsebene) sowie die Gewichtung der Kategorien (1. Gewichtungsebene) zu unterscheiden. Letztere wird hierbei im Rahmen der Sensibilitätsanalyse fünfmal dynamisch angepasst. Die Gewichtung 2. Ebene selbst verhält sich statisch bzw. gleichbleibend, durch die Anpassung der 1. Ebene ist die Einflussnahme dieser auf das Gesamtergebnis jedoch ebenso dynamisch. Im anschließenden Unterkapitel erfolgt die Risikobewertung anhand der in Kapitel 5.1.3 eingeführten Bewertungstabelle unter Berücksichtigung der Parameter-Gewichtung (2. Gewichtungsebene). Die Gewichtung der Kategorien (1. Gewichtungsebene) erfolgt abschließend in der Darstellung der sog. Risikoprofile.

<sup>162</sup> Anmerkung: Zur leichteren Unterscheidung zwischen den Einflussfaktoren der Potenzial- und Risikoanalyse wurden jeweils der Terminus Kriterium (Potenzial) bzw. Parameter (Risiko) als dessen Synonym ausgewählt. Der semantische Bedeutungsumfang ist jedoch als ident zu verstehen.

### 5.3.1 Technologische Risikoparameter

Die folgenden technologischen Risikoparameter (TRP) bzw. zu berücksichtigenden Hemmnisse technologischer Natur im Hinblick auf herkömmliche Ertragsmodelle lassen sich mit einer entsprechenden Parameter-Gewichtung (2. Gewichtungsebene) aus den in Kapitel 4.1 beschriebenen Randbedingungen ableiten:

- TRP1 (E): Technologischer Zustand nur bedingt bewertbar (30%)

Der aktuelle technologische Zustand der Schienen – horizontale und vertikale Gleislage, Spurweite, Verwindungen, Schienenfehler – bzw. der Gleisinfrastruktur als Gesamtes ist nur durch regelmäßige Inspektionen und Messungen sowie einer akkuraten Datenauswertung und -verarbeitung feststellbar. Selbiges gilt für die Maßnahmenplanung und -durchführung. Wird einer oder werden mehrere dieser Arbeitsschritte der Instandhaltung ausgelagert, bspw. an den Schienenhersteller, ist eine Risikobewertung abhängig von den erhaltenen Informationen, welche lediglich bedingt überprüft werden können. Direkte Folgeschäden – von einem schnelleren Verschleiß der Schiene bis hin zu der Entgleisung eines Zuges – aus einer mangelhaften Durchführung dieser Instandhaltungstätigkeiten an den privatwirtschaftlichen Partner können grundsätzlich, sofern vertraglich vereinbart, weitergegeben werden; ein vertragswidriges Handeln muss jedoch zunächst nachgewiesen werden. Dies ist aufgrund der Komplexität der Gleisgeometrie, der Spurführung, des dynamischen Fahrverhaltens udgl., vor allem bei indirekten Folgeschäden wie Imageverlust und ein reduziertes Verkehrsaufkommen aufgrund von Sicherheitsbedenken, nicht immer vollumfänglich möglich.

- TRP2 (E): Versteckter Lock-in-Effekt (10%)

Ein Abhängigkeitsverhältnis der Eisenbahngesellschaft von einem Schienenhersteller ist v.a. bei langfristigen Kooperationen auf verschiedenste Art und Weise herstellbar und stellt für den Erstgenannten ein Risiko durch hohe Wechselbarrieren dar. Durch langfristige Verträge entsteht eine offensichtliche Bindung. Versteckte Lock-in-Effekte sind dahingehend oftmals bei Vertragsabschluss nicht oder nur bedingt erkennbar und eng mit technologischen Faktoren verbunden. Durch die Normierung und Standardisierung der Produkte kann eine beabsichtigte technologische Inkompatibilität weitestgehend ausgeschlossen werden. Jedoch können bestimmte unternehmensinterne Leistungen, Prozesse und Abläufe einen Gewöhnungseffekt hervorrufen. Eine Bündelung von Produkten und zugehörigen Komplementärprodukten bzw. -leistungen kann einen Kauf nur als Gesamtpaket zulassen. Außerdem steigen durch einen höheren Leistungsbezug auch die technologiespezifischen Kenntnisse der Mitarbeiter und durch einen Wechsel der Vertragspartner fallen somit hohe Folgekosten in der Weiterbildung und Schulung des Personals an.

- TRP3 (S): Abhängigkeit von (bekannten) äußeren Einflüssen (20%)

Im modernen Eisenbahnwesen sind viele Fragen bezüglich Umwelteinwirkungen, betrieblichem Verschleiß, der Interaktion der Schiene mit den nachfolgenden Elementen des Bahnkörpers udgl. beantwortet. Viele dieser Einflüsse sind jedoch nicht aus der Sphäre des Schienenherstellers zu sehen und dadurch nur bedingt beeinflussbar. Durch diese Abhängigkeit des Unternehmenserfolgs bzw. der Profitabilität eines Geschäftes von äußeren Einflüssen, die, auch wenn sie größtenteils bekannt sind, nicht beeinflusst werden können, entsteht ein großes Risiko bei leistungsabhängigen Ertragsmodellen.

- TRP4 (S): Nutzungsdauerschwankung aufgrund (nicht-bekannter) externer Einflüsse (20%)

Ein mindestens ebenso großes Risiko wie die bekannten, aber nicht kontrollierbaren, äußeren Einflüsse stellen die nicht bekannten Randbedingungen dar. Durch fehlende Erfahrungswerte, Abweichungen zwischen Theorie und Praxis sowie nicht geklärte technologische Randbedingungen können vertraglich-relevante Faktoren von lebenszyklusorientierten Ertragsmodellen, wie die notwendigen Zyklen und Maßnahmen der Instandhaltung udgl., nicht präzise vorhergesagt werden. Dies erschwert eine seriöse Prognose der Instandhaltungskosten und der Lebensdauer einer Schiene bei Vertragsabschluss und muss von Schienenherstellern als unumgängliches Risiko kalkuliert werden.

- TRP5 (ES): Wissensmanagement (20%)

Die Bedeutungen eines ganzheitlichen Wissensmanagements in einem Unternehmen sowie über die Organisationsgrenzen hinaus wurden in Kapitel 4.1.8 ausführlich erläutert. Die Risiken, welche bei einem mangelhaften Wissenstransparenz, einem nicht ausreichenden Wissensaustausch oder einer stockenden Wissensentwicklung auftreten, überwiegen hierbei nach Ansicht des Autors der vorliegenden Arbeit das Potenzial einer reibungsfreien und zielgerichteten Kooperation.

### 5.3.2 Ökonomische Risikoparameter

Die folgenden ökonomischen Risiken (ÖRP) bzw. zu berücksichtigenden finanzwirtschaftlichen Hemmnisse im Hinblick auf herkömmliche Ertragsmodelle lassen sich mit einer entsprechenden Parameter-Gewichtung (2. Gewichtungsebene) aus den in Kapitel 4.2 beschriebenen Randbedingungen ableiten:

- ÖRP1 (E): Höhere Gesamtkosten über den Lebenszyklus (20%)

Während mit gewissen Ertragsmodellen eine Optimierung von Lebenszykluskosten der Schiene bzw. der gesamten Gleisinfrastruktur angestrebt wird (ÖPK2), was die Attraktivität

der Eisenbahn steigert, kann dies dennoch zu Mehrkosten für den Eisenbahninfrastrukturbetreiber führen. Diese Situation tritt dann ein, wenn Risiken an den Schienenhersteller vertraglich abgetreten werden, was sich wiederum auf dessen Angebotspreis auswirkt, da entsprechende Zuschläge miteinkalkuliert werden müssen. Mit diesem Risikoparameter wird demnach beurteilt, inwiefern der Inhaber der Eisenbahninfrastruktur von den angestrebten Kostensenkungen profitiert.

- ÖRP2 (E): Kostentransparenz eingeschränkt (20%)

Bei einer eigenständigen Abwicklung sämtlicher Instandhaltungsleistungen, einer Einzelvergabe von Bauleistungen und einem getrennten Erwerb von Gleisinfrastrukturkomponenten erreicht das Eisenbahninfrastrukturunternehmen die höchstmögliche Kostentransparenz. Bei einer Vergabe von gesamten Leistungspaketen erhält dieser jedoch lediglich einen Gesamtpreis und die tatsächlichen Kosten sind je nach Vergabemodell nur eingeschränkt bekannt. Außerdem kann durch spezielle Leistungspakete, angepasst an die individuellen Bedürfnisse des Auftraggebers, die Vergleichbarkeit zu anderen Angeboten die zu marktüblichen Bedingungen erstellt wurden, stark beeinträchtigt werden.

- ÖRP3 (S): Risiko durch Quersubventionierung (30%)

Greifen technologische Lock-In-Effekte (TRP2) nicht oder verweigern Eisenbahninfrastrukturunternehmen eine vertragliche Vereinbarung zu verpflichtenden Folgekäufen von Komplementär- oder Ersatzprodukten sowie Dienst- oder Serviceleistungen, sind Ertragsmodelle, die hierauf basieren nur schwer umsetzbar. Zu hohe Wechselbarrieren, welche von Anfang an klar ersichtlich sind, erhöhen das Risiko, dass Auftraggeber sich für ein anderes Produkt entscheiden. Sind die Hemmnisse eines Anbieterwechsels zu gering bzw. die Vorteile einer langfristigen Partnerschaft nicht ausreichend, können ebenfalls keine langfristigen Erträge, welche die anfänglichen Preisreduktionen ausgleichen können, erwirtschaftet werden. Das Erreichen einer langfristigen Kundenbindung ist von vielen Faktoren abhängig, weshalb entsprechende Ertragsmodelle, welche eine solche Bindung voraussetzen, auch stets mit einem hohen Risiko verbunden sind, das mit diesem Risikopotenzial berücksichtigt wird.

- ÖRP4 (S): Risiko durch Vorfinanzierung (10%)

Werden Schienen erst über einen bestimmten Zeitraum vom Eisenbahninfrastrukturunternehmen abbezahlt, trägt der Produzent bis zum Ende der Laufzeit bzw. Tilgungsdauer ein Finanzierungsrisiko und ist für die Finanzierungskosten verantwortlich. Eine Insolvenz des Infrastrukturbetreibers (v.a. bei privaten Kunden) oder eine Erhöhung der Kapitalbeschaffungskosten bzw. des erforderlichen Zinsaufwandes ist hierbei entsprechend zu berücksichtigen. Dies ist im kalkulatorischen Wagnis zu kalkulieren und im Verkaufspreis, welcher

in Summe somit über einem vergleichbaren Kaufpreis zu marktüblichen Verhältnissen liegt, zu berücksichtigen.

- ÖRP5 (ES): Finanzielles Innovationsrisiko (20%)

Jegliche Innovation, ob strategischer oder technologischer Natur, birgt neben Optimierungspotenzialen auch entsprechende finanzielle Risiken. Sämtliche Ressourcen, die in die Entwicklung von neuartigen Konzepten eingebracht werden, müssen einen entsprechenden Mehrwert erzielen, um die ursprünglichen Investitionen zu rechtfertigen. Ein viel größeres Risiko als eine nicht erfolgreiche Amortisation von Entwicklungskosten sind jedoch eklatante Mehrkosten für einen oder beide Vertragspartner, resultierend aus unvorhergesehenen Mängeln in der praktischen Umsetzung. Eine entsprechend detaillierte Analyse und ausgereifte Umsetzungsstrategie minimieren dieses Risiko, können es jedoch niemals vollständig ausschließen.

### 5.3.3 Betriebliche Risikoparameter

Die folgenden betrieblichen Risiken (BRP) bzw. zu berücksichtigenden Hemmnisse aus dem Eisenbahnbetrieb im Hinblick auf herkömmliche Ertragsmodelle lassen sich mit einer entsprechenden Parameter-Gewichtung (2. Gewichtungsebene) aus den in Kapitel 4.3 beschriebenen Randbedingungen ableiten:

- BRP1 (E): Reduzierter Fahrkomfort (10%)

Bei lebenszyklusorientierten Ertragsmodellen werden leistungsbezogene Einflüsse bzw. qualitative Merkmale zur Preisbildung herangezogen. Als quantitative Messgrößen der Vergütung sind hierbei technologischen Faktoren wie die Nutzungsdauer, betriebliche Werte wie die Zeitdauer der uneingeschränkten Verfügbarkeit sowie Einflüsse der Gebrauchstauglichkeit wie Gleisverwindungsgrenzwerte naheliegend. Interessen des Eisenbahnverkehrsunternehmens zum Fahrkomfort wie die Schallemissionen und -immissionen sowie Einwirkungen aus Schwingungen und Rucken (aus Längs-, Quer- oder Vertikalrichtung) sind, u.a. aufgrund der starken subjektiven Beurteilung von Fahrkomfortparametern sowie großen Unterschieden in der Bewertung durch EVU, nur bedingt definierbar. Eine Instandhaltung, welche vertraglich ausschließlich durch technologische Faktoren bestimmt wird, birgt die Gefahr einer Verschlechterung des Fahrkomforts.

- BRP2 (E): Einschränkung von Betriebsänderungen (30%)

Quantitative Betriebsänderungen (bspw. durch schwerere Güterzüge oder durch eine höhere Fahrtgeschwindigkeit der Züge) sowie qualitative Betriebsänderungen (Fahrzeugart, Laufwerksbauart, Bremsbauarten, udgl.) haben direkte Auswirkungen auf den Verschleiß

der Schiene. Werden bei langfristigen Verträgen diesbezüglich Maximalwerte definiert bzw. Mindest-Qualitätsanforderungen vereinbart, sind Betriebsänderungen darüber hinaus nur durch entsprechende Kompensationen möglich oder führen zu Vertragsstrafen. Das selbige gilt für eine Reduktion des Verkehrsaufkommens aus der Sphäre der Eisenbahngesellschaft. Bei Ertragsmodellen mit einer Vergütung auf Basis von betrieblichen Faktoren kann außerdem eine Betriebsanpassung aufgrund sinkender Nachfragen durch vertraglich vereinbarte Mindestbenutzungsanforderungen erschwert bzw. für die Eisenbahngesellschaft als Gesamtes unwirtschaftlich werden (Infrastruktur bestimmt Fahrplan).

- BRP3 (S): Abhängigkeit von Sperrzeiten (20%)

Die langfristige Qualität der Schiene ist abhängig davon, inwiefern notwendige Sperrzeiten für die Instandhaltung im Betrieb zur Verfügung gestellt werden können. Die hierbei anfallenden Kosten sind des Weiteren abhängig davon, ob die Bauarbeiten unter rollendem Rad durchgeführt oder in Form einer vollständigen Gleissperre, tagsüber oder in der Nacht sowie durchgehend oder etappenweise mit Unterbrechungen durch den Betrieb durchgeführt werden müssen. Außerdem sind spontane Gleissperren bei unvorhergesehenen Ereignissen mit Auswirkungen auf die langfristige Nutzbarkeit der Schiene, aber nicht auf deren kurzfristige Benutzbarkeit, im Einzelfall anzusehen und zu rechtfertigen.

- BRP4 (S): Schienenzustand abhängig vom Betrieb (30%)

Während die Einschränkung von geplanten Betriebsänderungen ein Risiko für die Eisenbahngesellschaft darstellt (Vgl. BRP2), sind der Instandhaltungsaufwand sowie die mögliche Nutzungsdauer durch den direkten Rad-Schienen-Kontakt in einem unumgänglichen Abhängigkeitsverhältnis mit dem Zustand des Rollmaterials. Beladungsfehler, verschlissene Radprofile sowie menschliches Versagen können nicht ausgeschlossen und vonseiten des Schienenherstellers kaum beeinflusst werden. Ebenso wie die nicht-bekanntes technologischen Einflüsse (TRP4), stellen auch die nicht-bekanntes betrieblichen Einflüsse ein erhebliches Risikopotenzial dar.

- BRP5 (ES): Risiko des Imageverlusts (10%)

Neben einem ökonomischen Schaden sind auch ein anhaltender Imageverlust in der Branche und ein sinkendes Vertrauen der Endnutzer durch eine mangelhafte Umsetzung bzw. schlechte Publicity aufgrund von technischen Gebrechen, explodierenden Kosten oder durch eine sinkende Verfügbarkeit der Gleisinfrastruktur bei der Markteinführung eines neuen innovativen Konzeptes zu berücksichtigen.

#### 5.3.4 Sonstige Risikoparameter

Die folgenden sonstigen Risiken (SRP) bzw. weiteren zu berücksichtigenden Hemmnisse lassen sich mit einer entsprechenden Parameter-Gewichtung (2. Gewichtungsebene) aus den in Kapitel 4.4 beschriebenen Randbedingungen ableiten:

- SRP1 (E): Kartellrechtliche Probleme (10%)

Je größer die Kooperationen zwischen mehreren Unternehmen ausfallen, umso eher wird eine Monopolstellung durch ein am Markt nicht vergleichbar anzufindendes Leistungsangebot erreicht. Dieses Alleinstellungsmerkmal ist jedoch ebenso wie die hierausresultierende marktbeherrschende Stellung ein Problem für die Eisenbahngesellschaft, welche durch das Kartellrecht dazu verpflichtet ist, wettbewerbswidriges Verhalten nicht zu unterstützen und durch einen Missbrauch der Marktmacht keinen fairen Wettbewerb zu vergleichbaren Bedingungen durchführen kann.

- SRP2 (E): Fehlende Rechtsgrundlage (20%)

Weitreichende Kooperationen über den gesamten Lebenszyklus sowie leistungsabhängige Vertragsmodelle sind im Bauwesen allgemein sowie im Eisenbahninfrastrukturbau (mit Aufnahme von vereinzelt PPP-Projekten<sup>163</sup>) rechtliches bzw. bauvertragliches Neuland. Durch fehlende Präzedenzfälle sind langwierige und kostspielige Rechtsstreitigkeiten bei unklarer vertraglicher Ausgestaltung ein enormes Risiko. Außerdem müssen etwaige Mehrkosten durch die Eisenbahngesellschaft gegenüber dem Rechnungshof argumentiert werden können. Zusätzlich entsteht durch eine enge Kooperation und dem hiermit verbundenen weitreichenden Zugang zu Informationen durch einen externen Partner ein datenschutzrechtliches Problem.

- SRP3 (S): Risiko höhere Gewalt (20%)

Eine weitere externe Einflussgröße, welche vom Schienenhersteller nicht beeinflusst werden kann und erhebliche Auswirkungen auf seine Produkte sowie den zu erbringenden Leistungsumfang über die vertragliche Zeitdauer hat, sind Ereignisse Höherer Gewalt (sog. Force-Majeure). Für Eisenbahngesellschaften besteht dieses Risiko ohnehin, dahingegen ist der Schienenhersteller durch die marktüblichen Einmalkäufe von selbigen bis dato nur indirekt betroffen bzw. kann sogar von solchen profitieren (bspw. bei einem notwendigen Neubau durch Hochwasserschäden).

---

<sup>163</sup> PPP: Public-Private-Partnership

- SRP4 (S): Subunternehmerrisiko (20%)

Bei einer vertikalen Integration entlang der Wertschöpfungskette, bei welcher keine zusätzlichen Tätigkeiten in den vor- oder nachgelagerten Projektphasen vom Schienenhersteller selbst übernommen, sondern von Vertragspartnern durchgeführt werden, besteht ein zusätzliches Risiko.

- SRP5 (ES): Bauvertragliche Hemmnisse (30%)

Ausgehend von der Konformität mit bestehenden Vergabegesetzen, über die Vollständigkeit und Richtigkeit der Ausschreibungsunterlagen, bis hin zu Mehrkostenforderungen (MKF): Die Umsetzung von neuen Vertrags- und Kooperationsmodellen als logische Folge der vorgeschlagenen Ertragsstrategien in einem bauvertraglichen Rahmen stellt eine Herausforderung für Schienenhersteller und Eisenbahngesellschaft gleichermaßen dar.

### 5.3.5 Risikobewertung der Ertragsmodelle

In diesem Unterkapitel werden die fünf Ertragsmodelle *LCC-Champion*, *Lease-a-Track*, *Availability Fee*, *Cross-Subsidisation* und *Life Cycle Cooperation* hinsichtlich ihrer Risiken untersucht. Hierbei werden lediglich die Gewichtungen 2. Ebene, sprich der einzelnen Parameter, berücksichtigt. Nachfolgend werden die jeweiligen Analyseergebnisse dargestellt. Die Bewertung erfolgt hierbei anhand folgender Skala:

- 5 = großes Risiko
- 4 = überdurchschnittliches Risiko
- 3 = durchschnittliches Risiko
- 2 = unterdurchschnittliches Risiko
- 1 = kein Risiko / für vorliegendes Ertragsmodell nicht relevant

Demnach ist eine möglichst hohe Punktezahl gleichbedeutend mit einem großen Risiko des jeweiligen Ertragsmodells. Außerdem erfolgt die Beurteilung der Risikoparameter sowohl in Bezug auf die derzeitige Marktsituation sowie in Relation zu den übrigen Ertragsmodellen.

## – Ertragsmodell 1 – LCC-Champion

Die Risikoanalyse für den *LCC-Champion* ergab, ohne eine Kategorien-Gewichtung (1. Gewichtungsebene), folgendes Ergebnis:

Ertragsmodell 1 – LCC-Champion – Risikoanalyse								
Risikoparameter		Gew.	5	4	3	2	1	Risiko
Technologische Risikoparameter	TRP1 (E): Technologischer Zustand nur bedingt bewertbar	30%					1	0,3
	TRP2 (E): Versteckter Lock-in-Effekt	10%					1	0,1
	TRP3 (S): Abhängigkeit von bekannten Einflüssen	20%				2		0,4
	TRP4 (S): Abhängigkeit von nicht-bekanntem Einflüsse	20%				2		0,4
	TRP5 (ES): Wissensmanagement	20%				2		0,4
<b>Technologisches Risiko:</b>		100%						<b>1,6</b>
Ökonomische Risikoparameter	ÖRP1 (E): Höhere Gesamtkosten über den Lebenszyklus	20%					1	0,2
	ÖRP2 (E): Kostentransparenz eingeschränkt	20%					1	0,2
	ÖRP3 (S): Risiko durch Quersubventionierung	30%					1	0,3
	ÖRP4 (S): Risiko durch Vorfinanzierung	10%					1	0,1
	ÖRP5 (ES): Finanzielles Innovationsrisiko	20%				2		0,4
<b>Ökonomisches Risiko:</b>		100%						<b>1,2</b>
Betriebliche Risikoparameter	BRP1 (E): Reduzierter Fahrkomfort	10%					1	0,1
	BRP2 (E): Einschränkung von Betriebsänderungen	30%					1	0,3
	BRP3 (S): Abhängigkeit von Sperrzeiten	20%					1	0,2
	BRP4 (S): Schienenzustand abhängig vom Betrieb	30%					1	0,3
	BRP5 (ES): Risiko des Imageverlusts	10%			3			0,3
<b>Betriebliches Risiko:</b>		100%						<b>1,2</b>
Sonstige Risikoparameter	SRP1 (E): Kartellrechtliche Probleme	10%					1	0,1
	SRP2 (E): Fehlende Rechtsgrundlage	20%					1	0,2
	SRP3 (S): Risiko höhere Gewalt	20%					1	0,2
	SRP4 (S): Subunternehmerrisiko	20%					1	0,2
	SRP5 (ES): Bauvertragliche Hemmnisse	30%					1	0,3
<b>Sonstiges Risiko:</b>		100%						<b>1,0</b>
<b>Ertragsmodell 1 – LCC-Champion</b>								
<b>Gesamtrisiko:</b>								<b>1,3</b>

Bild 5-11 Risikoanalyse LCC-Champion

Wie bereits in Kapitel 5.2.5 erläutert, deckt sich der *LCC-Champion* in seiner einfachsten Ausführung mit einem bereits angewandten Modell des Bestbieterprinzips. Die Risiken einer Umsetzung dieses Ertragsmodells – im Sinne der Weiterentwicklung einer bewährten Vorgehensweise – sind daher durchwegs gering.

## – Ertragsmodell 2 – Lease-a-Track

Die Risikoanalyse für das Modell *Lease-a-Track* ergab, ohne eine Kategorien-Gewichtung (1. Gewichtungsebene), folgendes Ergebnis:

Ertragsmodell 2 – Lease-a-Track – Risikoanalyse								
Risikoparameter		Gew.	5	4	3	2	1	Risiko
Technologische Risikoparameter	TRP1 (E): Technologischer Zustand nur bedingt bewertbar	30%					1	0,3
	TRP2 (E): Versteckter Lock-in-Effekt	10%				2		0,2
	TRP3 (S): Abhängigkeit von bekannten Einflüssen	20%		4				0,8
	TRP4 (S): Abhängigkeit von nicht-bekanntem Einflüsse	20%		4				0,8
	TRP5 (ES): Wissensmanagement	20%			3			0,6
<b>Technologisches Risiko:</b>		100%						<b>2,7</b>
Ökonomische Risikoparameter	ÖRP1 (E): Höhere Gesamtkosten über den Lebenszyklus	20%			3			0,6
	ÖRP2 (E): Kostentransparenz eingeschränkt	20%				2		0,4
	ÖRP3 (S): Risiko durch Quersubventionierung	30%					1	0,3
	ÖRP4 (S): Risiko durch Vorfinanzierung	10%	5					0,5
	ÖRP5 (ES): Finanzielles Innovationsrisiko	20%			3			0,6
<b>Ökonomisches Risiko:</b>		100%						<b>2,4</b>
Betriebliche Risikoparameter	BRP1 (E): Reduzierter Fahrkomfort	10%					1	0,1
	BRP2 (E): Einschränkung von Betriebsänderungen	30%			3			0,9
	BRP3 (S): Abhängigkeit von Sperrzeiten	20%					1	0,2
	BRP4 (S): Schienenzustand abhängig vom Betrieb	30%			3			0,9
	BRP5 (ES): Risiko des Imageverlusts	10%				2		0,2
<b>Betriebliches Risiko:</b>		100%						<b>2,3</b>
Sonstige Risikoparameter	SRP1 (E): Kartellrechtliche Probleme	10%					1	0,1
	SRP2 (E): Fehlende Rechtsgrundlage	20%				2		0,4
	SRP3 (S): Risiko höhere Gewalt	20%			3			0,6
	SRP4 (S): Subunternehmerrisiko	20%					1	0,2
	SRP5 (ES): Bauvertragliche Hemmnisse	30%				2		0,6
<b>Sonstiges Risiko:</b>		100%						<b>1,9</b>
<b>Ertragsmodell 2 – Lease-a-Track</b>								
<b>Gesamtrisiko:</b>								<b>2,3</b>

Bild 5-12 Risikoanalyse Lease-a-Track

Mit Ausnahme des Vorfinanzierungsrisikos sowie den bekannten und nicht-bekanntem äußeren Einflüssen bzw. deren Auswirkungen auf die Nutzungsdauer der Schiene, welche bei langfristigen Zahlungszielen im Gegensatz zu einer einmaligen Zahlung stets eine elementare Rolle spielen, sind auch bei diesem Ertragsmodell kaum größere Risiken anzuführen.

## – Ertragsmodell 3 – Availability Fee

Die Risikoanalyse für das Modell *Availability Fee* ergab, ohne eine Kategorien-Gewichtung (1. Gewichtungsebene), folgendes Ergebnis:

Ertragsmodell 3 – Availability Fee – Risikoanalyse								
Risikoparameter		Gew.	5	4	3	2	1	Risiko
Technologische Risikoparameter	TRP1 (E): Technologischer Zustand nur bedingt bewertbar	30%	5					1,5
	TRP2 (E): Versteckter Lock-in-Effekt	10%			3			0,3
	TRP3 (S): Abhängigkeit von bekannten Einflüssen	20%	5					1,0
	TRP4 (S): Abhängigkeit von nicht-bekanntem Einflüsse	20%	5					1,0
	TRP5 (ES): Wissensmanagement	20%		4				0,8
<b>Technologisches Risiko:</b>		100%						<b>4,6</b>
Ökonomische Risikoparameter	ÖRP1 (E): Höhere Gesamtkosten über den Lebenszyklus	20%				2		0,4
	ÖRP2 (E): Kostentransparenz eingeschränkt	20%		4				0,8
	ÖRP3 (S): Risiko durch Quersubventionierung	30%				2		0,6
	ÖRP4 (S): Risiko durch Vorfinanzierung	10%	5					0,5
	ÖRP5 (ES): Finanzielles Innovationsrisiko	20%	5					1,0
<b>Ökonomisches Risiko:</b>		100%						<b>3,3</b>
Betriebliche Risikoparameter	BRP1 (E): Reduzierter Fahrkomfort	10%	5					0,5
	BRP2 (E): Einschränkung von Betriebsänderungen	30%	5					1,5
	BRP3 (S): Abhängigkeit von Sperrzeiten	20%	5					1,0
	BRP4 (S): Schienenzustand abhängig vom Betrieb	30%	5					1,5
	BRP5 (ES): Risiko des Imageverlusts	10%		4				0,4
<b>Betriebliches Risiko:</b>		100%						<b>4,9</b>
Sonstige Risikoparameter	SRP1 (E): Kartellrechtliche Probleme	10%					1	0,1
	SRP2 (E): Fehlende Rechtsgrundlage	20%		4				0,8
	SRP3 (S): Risiko höhere Gewalt	20%	5					1,0
	SRP4 (S): Subunternehmerrisiko	20%				2		0,4
	SRP5 (ES): Bauvertragliche Hemmnisse	30%			3			0,9
<b>Sonstiges Risiko:</b>		100%						<b>3,2</b>
<b>Ertragsmodell 3 – Availability Fee</b>								
<b>Gesamtrisiko:</b>								<b>4,0</b>

Bild 5-13 Risikoanalyse Availability Fee

Die technologischen, aber vor allem die betrieblichen Risiken, sind bei diesem Ertragsmodell durchwegs (mit Ausnahme eines lediglich durchschnittlichen Risikos von versteckten Lock-in-Effekten) beträchtlich. Neben den Risiken der Vorfinanzierung sowie der Ereignisse höherer Gewalt für den Schienenhersteller und der überdurchschnittlich eingeschränkten Kostentransparenz für den Eisenbahninfrastrukturbetreiber, ist vor allem das finanzielle Innovationsrisiko für beide Parteien sehr hoch. Dies führt darauf zurück, dass bei einer weitreichenden Übertragung der Instandhaltungskompetenzen Abhängigkeiten in allen Bereichen auftreten, wodurch bei einem Produktversagen oder sonstigen Verfehlungen bei der Durchführung von baulichen Tätigkeiten beträchtliche Folgeschäden für alle beteiligten Parteien entstehen.

## – Ertragsmodell 4 – Cross-Subsidisation

Die Risikoanalyse für das Modell *Cross-Subsidisation* ergab, ohne eine Kategorien-Gewichtung (1. Gewichtungsebene), folgendes Ergebnis:

Ertragsmodell 4 – Cross-Subsidisation – Risikoanalyse								
Risikoparameter		Gew.	5	4	3	2	1	Risiko
Technologische Risikoparameter	TRP1 (E): Technologischer Zustand nur bedingt bewertbar	30%				2		0,6
	TRP2 (E): Versteckter Lock-in-Effekt	10%	5					0,5
	TRP3 (S): Abhängigkeit von bekannten Einflüssen	20%				2		0,4
	TRP4 (S): Abhängigkeit von nicht-bekanntem Einflüsse	20%				2		0,4
	TRP5 (ES): Wissensmanagement	20%		4				0,8
<b>Technologisches Risiko:</b>		100%						<b>2,7</b>
Ökonomische Risikoparameter	ÖRP1 (E): Höhere Gesamtkosten über den Lebenszyklus	20%	5					1,0
	ÖRP2 (E): Kostentransparenz eingeschränkt	20%		4				0,8
	ÖRP3 (S): Risiko durch Quersubventionierung	30%	5					1,5
	ÖRP4 (S): Risiko durch Vorfinanzierung	10%			3			0,3
	ÖRP5 (ES): Finanzielles Innovationsrisiko	20%			3			0,6
<b>Ökonomisches Risiko:</b>		100%						<b>4,2</b>
Betriebliche Risikoparameter	BRP1 (E): Reduzierter Fahrkomfort	10%					1	0,1
	BRP2 (E): Einschränkung von Betriebsänderungen	30%					1	0,3
	BRP3 (S): Abhängigkeit von Sperrzeiten	20%		4				0,8
	BRP4 (S): Schienenzustand abhängig vom Betrieb	30%				2		0,6
	BRP5 (ES): Risiko des Imageverlusts	10%		4				0,4
<b>Betriebliches Risiko:</b>		100%						<b>2,2</b>
Sonstige Risikoparameter	SRP1 (E): Kartellrechtliche Probleme	10%			3			0,3
	SRP2 (E): Fehlende Rechtsgrundlage	20%			3			0,6
	SRP3 (S): Risiko höhere Gewalt	20%					1	0,2
	SRP4 (S): Subunternehmerrisiko	20%			3			0,6
	SRP5 (ES): Bauvertragliche Hemmnisse	30%			3			0,9
<b>Sonstiges Risiko:</b>		100%						<b>2,6</b>
<b>Ertragsmodell 4 – Cross-Subsidisation</b>								
<b>Gesamtrisiko:</b>								<b>2,9</b>

Bild 5-14 Risikoanalyse Cross-Subsidisation

Die angeführte Risikoanalyse weist durchwegs ein durchschnittliches Risikoniveau auf. Vor allem für die Eisenbahngesellschaft sind die Risiken, mit Ausnahme des aus der Individualisierung des Leistungsangebots resultierenden Mehrkosten (welche bei einem Alles-aus-einer-Hand-Angebot durchaus übliche sind), sowie den versteckten Lock-in-Effekten, als eher gering anzusehen. Der Schienenhersteller ist hierbei vor allem darauf angewiesen, ob das Prinzip der Quersubventionierung am Markt erfolgreich durchgesetzt werden kann, oder ob die eigenen Leistungen über das Kernprodukt hinaus durch Substitute ersetzt werden.

## – Ertragsmodell 5 – Life Cycle Cooperation

Die Risikoanalyse für das Modell *Life Cycle Cooperation* ergab, ohne eine Kategorien-Gewichtung (1. Gewichtungsebene), folgendes Ergebnis:

Ertragsmodell 5 – Life Cycle Cooperation – Risikoanalyse								
Risikoparameter		Gew.	5	4	3	2	1	Risiko
Technologische Risikoparameter	TRP1 (E): Technologischer Zustand nur bedingt bewertbar	30%	5					1,5
	TRP2 (E): Versteckter Lock-in-Effekt	10%		4				0,4
	TRP3 (S): Abhängigkeit von bekannten Einflüssen	20%			3			0,6
	TRP4 (S): Abhängigkeit von nicht-bekanntem Einflüsse	20%			3			0,6
	TRP5 (ES): Wissensmanagement	20%	5					1,0
<b>Technologisches Risiko:</b>		100%						<b>4,1</b>
Ökonomische Risikoparameter	ÖRP1 (E): Höhere Gesamtkosten über den Lebenszyklus	20%			3			0,6
	ÖRP2 (E): Kostentransparenz eingeschränkt	20%	5					1,0
	ÖRP3 (S): Risiko durch Quersubventionierung	30%		4				1,2
	ÖRP4 (S): Risiko durch Vorfinanzierung	10%			3			0,3
	ÖRP5 (ES): Finanzielles Innovationsrisiko	20%			3			0,6
<b>Ökonomisches Risiko:</b>		100%						<b>3,7</b>
Betriebliche Risikoparameter	BRP1 (E): Reduzierter Fahrkomfort	10%				2		0,2
	BRP2 (E): Einschränkung von Betriebsänderungen	30%			3			0,9
	BRP3 (S): Abhängigkeit von Sperrzeiten	20%		4				0,8
	BRP4 (S): Schienenzustand abhängig vom Betrieb	30%				2		0,6
	BRP5 (ES): Risiko des Imageverlusts	10%	5					0,5
<b>Betriebliches Risiko:</b>		100%						<b>3,0</b>
Sonstige Risikoparameter	SRP1 (E): Kartellrechtliche Probleme	10%	5					0,5
	SRP2 (E): Fehlende Rechtsgrundlage	20%		4				0,8
	SRP3 (S): Risiko höhere Gewalt	20%			3			0,6
	SRP4 (S): Subunternehmerrisiko	20%	5					1,0
	SRP5 (ES): Bauvertragliche Hemmnisse	30%			3			0,9
<b>Sonstiges Risiko:</b>		100%						<b>3,8</b>
<b>Ertragsmodell 5 – Life Cycle Cooperation</b>								
<b>Gesamtrisiko:</b>								<b>3,7</b>

Bild 5-15 Risikoanalyse Life Cycle Cooperation

Durch die organisationsübergreifende Kooperation über die Abwicklung einzelner Projekte hinaus müssen kartellrechtliche Bestimmungen beachtet sowie ein Subunternehmerrisiko von Schienenherstellern miteinkalkuliert werden. Durch die enge Zusammenarbeit besteht für beide Parteien gleichermaßen ein Risiko des Imageverlusts bei einer Verfehlung mit schwerwiegenden Folgen, auch wenn diese lediglich von einem Vertragspartner verursacht wurden. Die aus einem Gesamtleistungspaket resultierende Beeinträchtigung der Kostentransparenz, die enorme Bedeutung eines funktionierenden Wissensmanagements sowie die bedingte Beurteilbarkeit des gegenwärtigen Zustandes der Gleisinfrastruktur durch den Eisenbahninfrastrukturbetreiber sind ebenso als Risiken zu bewerten und in einer möglichen Implementierung entsprechend zu berücksichtigen.

### 5.3.6 Risikoprofil

Unter Berücksichtigung der 1. Gewichtungsebene – wobei die vier Kategorien *Technologie*, *Ökonomie*, *Eisenbahnbetrieb* und *Sonstiges* im Sinne einer Sensibilitätsanalyse fünfmal unterschiedlich priorisiert wurden – ergibt sich folgendes durchschnittliches Gesamtrisiko der einzelnen Ertragsmodelle. Das Mittelmaß liegt grundsätzlich in der gleichen Größenordnung wie das jeweilige ungewichtete Ergebnis, welches im vorherigen Kapitel dargestellt wurde, jedoch lassen die einzelnen Gesamtrisiken eine gewisse Bandbreite erkennen.

Risikoprofil	25/25/25/25	30/30/30/10	40/40/10/10	40/10/40/10	10/40/40/10	Ø Risiko
Ertragsmodell 1 – LCC-Champion	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	<b>1,3</b>
Ertragsmodell 2 – Lease-a-Track	2,3	2,4	2,5	2,4	2,3	<b>2,4</b>
Ertragsmodell 3 – Availability Fee	4,0	4,2	4,0	4,5	4,1	<b>4,1</b>
Ertragsmodell 4 – Cross-Subsidisation	2,9	3,0	3,2	2,6	3,1	<b>3,0</b>
Ertragsmodell 5 – Life Cycle Cooperation	3,7	3,6	3,8	3,6	3,5	<b>3,6</b>

Bild 5-16 Risikoprofil

Da die Ertragsmodelle erst durch eine Gegenüberstellung mit dem Potenzialprofil (Vgl. Kap. 5.2.6) hinsichtlich ihrer Eignung untersucht werden können, erfolgt die Bewertung diesbezüglich erst im nachfolgenden Kapitel.

## 5.4 Potenzial-Risiko-Matrix

In diesem Kapitel werden die jeweiligen Potenziale und Risiken im Kontext zueinander betrachtet. Hierfür wird eine Potenzial-Risiko-Matrix (PRM) verwendet (Vgl. Kap. 5.1.4), in welcher die einzelnen Ertragsmodelle dargestellt werden. Für jedes der analysierten Ertragsmodelle wird in der Matrix eine repräsentative Fläche dargestellt, welche die Analyseergebnisse aus dem Potenzialprofil (Kap. 5.2.6) sowie dem Risikoprofil (5.3.6) widerspiegelt und im Kontext zueinander einordnet. Die Lage in der Matrix bestimmt hierbei die Charakterisierung der Eignung des Ertragsmodells im Kontext zur Gleisinfrastrukturkomponente Schiene. Unterteilt wird hierbei wie folgt:

- ungeeignete Ertragsmodelle: Potenzial < 3; Risiko > 3; (u.l.)
- risikoaffine Ertragsmodelle: Potenzial > 3; Risiko > 3; (u.r.)
- risikoaverse Ertragsmodelle: Potenzial < 3; Risiko < 3; (o.l.)
- innovative Ertragsmodelle: Potenzial > 3; Risiko < 3; (o.r.)

Die Gegenüberstellung der individuellen Ergebnisse in einer Gesamtmatrix stellt das Endresultat der Potenzial-Risiko-Analyse dar. Die PRM ist nachfolgend dargestellt.

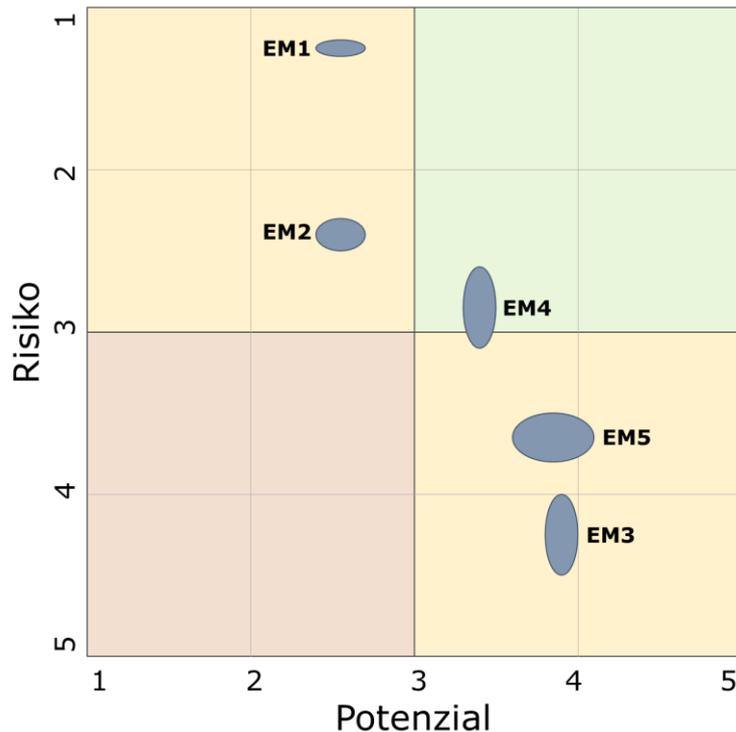


Bild 5-17 Risiko-Potenzial-Matrix

Das Ertragsmodell 1 *LCC-Champion* und das Ertragsmodell 2 *Lease-a-Track* fallen demnach in die Kategorie **risikoavers**. Die Ertragsmodelle *Availability Fee* (3) und *Life Cycle Cooperation* (5) können hingegen als **risikoaffin** bezeichnet werden. Das 4. Ertragsmodell *Cross-Subsidisation* ist in Folge der Analyse als einziges als **innovativ** charakterisierbar und weist demnach nach den aufgestellten Untersuchungsbedingungen die beste Eignung auf. Da im Rahmen der Untersuchung keines der Ertragsmodelle als **ungeeignet** eingestuft wurde, sind jedoch für alle fünf Ertragsmodelle mögliche Einsatzbereiche denkbar.

Bezüglich der risikoaversen Ertragsmodelle ist grundsätzlich der *LCC-Champion* (EM1) erfolgsversprechender, da im Verhältnis zu *Lease-a-Track* (EM2) bedeutend geringere Risiken bei gleichwertigen Potenzialen durch eine Implementierung zu erwarten sind. Gründe für einen Einsatz des *LCC-Champion* entlang der Wertschöpfungskette bzw. des Lebenszyklus der Gleisinfrastruktur – anstelle des in der Analyse als am geeignetsten kategorisierten Ertragsmodell *Cross-Subsidisation* – können hierbei u.a. sein:

- Geringer Wettbewerbsdruck in Nischenmärkten erfordert keine weitreichende strategische Differenzierung (bspw. bei Sonderoberbaulösungen)
- Technologische Innovationskraft allein ist ausreichend (bspw. innovative Messanlagen der Zustandserfassung oder softwarebasierten Auswertungs- und Datenverarbeitungstools)
- Gesamtes Umsetzungsrisiko muss aus Ermangelung an Entwicklungspartnern unternehmensintern getragen werden

Des Weiteren ist hinsichtlich der risikoaffinen Ertragsmodelle das Modell *Life Cycle Cooperation* (EM5) im Allgemeinen als geeigneter als das Modell *Availability Fee* (EM 3) anzusehen, da abermals ein besseres Verhältnis zwischen erwartbaren Potenziale und Risiken im Rahmen der Analyse festgestellt wurde. Ein Einsatz der *Life Cycle Cooperation* (EM5) – anstelle des in der Analyse als am geeignetsten kategorisierten Ertragsmodell *Cross-Subsidisation* – kann hierbei durch folgende Gründe gerechtfertigt sein:

- Kein ausreichendes Leistungs- bzw. Produktportfolio für eine erfolgreiche Quersubventionierung (bspw. bei einer Spezialisierung auf eine Gleisinfrastrukturkomponente)
- Kein Lock-In Effekt beim Kunden durchsetzbar
- Es sind ausreichende Kooperationspartner für eine kooperative Übernahme der höheren Risiken vorhanden

Grundsätzlich handelt es sich jedoch bei vielen Unternehmen im Bau und der Instandhaltung der Gleisinfrastruktur im Allgemeinen sowie bei Schienenhersteller im Speziellen oftmals um weltweit agierende Großkonzerne, die dem Preiskampf des Massenmarktes ausgesetzt sind und eine hohe Wertschöpfungstiefe aufweisen. Außerdem ist derzeit am Markt eine qualitative bzw. technologische Differenzierung bei Gleisinfrastrukturkomponenten, aufgrund der innovationskostenorientierten Vergabe, i.d.R. nicht ausreichend. Aufgrund des Analyseergebnisses wird in den beiden weiterführenden Kapiteln auf das 4. Ertragsmodell *Cross-Subsidisation* im Besonderen eingegangen, da dieses die beste Balance aus Potenziale und Risiken aufweist.

## 5.5 Organisationsspezifische Implikationen auf Auftragsgeberseite

Da im Zuge der vorherigen Potenzial-Risiko-Analyse lediglich eines der entwickelten Konzepte als *innovatives Ertragsmodell* klassifiziert werden konnte, werden in diesem Kapitel lediglich für das 4. Ertragsmodell *Cross-Subsidisation* spezielle Implikationen durch die Organisationsform bzw. -struktur behandelt. Zunächst werden in den beiden nachfolgenden Unterkapiteln jedoch jeweils allgemeingültige Konsequenzen aus den organisationsspezifischen Rahmenbedingungen für alle fünf untersuchten Ertragsmodelle beschrieben.

### 5.5.1 Organisationsinternes Know-how

Das interne Know-how von Eisenbahngesellschaften variiert sehr stark in Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Ressourcen, der Entwicklungsgeschichte, der Organisationsstruktur und vielen weiteren Einflüssen. Lebenszyklusorientierte Ertragsmodelle, welche

eine Ausweitung des Leistungsspektrums durch den Anbieter (Schienenherstellern) anstreben (primär die Ertragsmodelle 3, 4 und 5), sind demnach direkt an die Nachfragebedürfnisse des Kunden (Eisenbahngesellschaft) angewiesen. Die Beziehung, die aus dieser Bedingung hervorgeht, ist nachfolgend vereinfacht dargestellt.

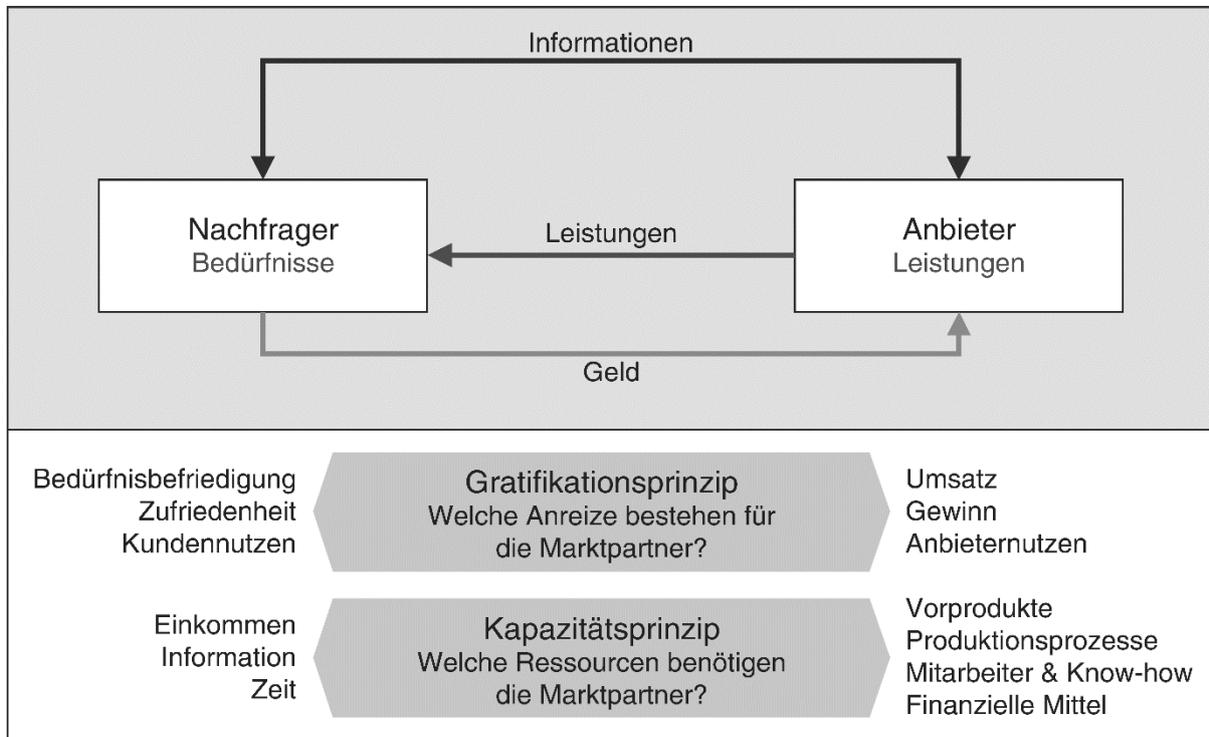


Bild 5-18 Einfaches Anbieter-Nachfrager-Modell als Ausgangspunkt nach Meffert, Burmann und Kirchgeorg<sup>164</sup>

Aus dieser Abbildung lässt sich die allgemeine Bedeutung von unternehmensspezifischen Faktoren auf Nachfrager- und Anbieterseite für eine effiziente und bedürfnisgerechte Ausgestaltung eines Austauschprozesses von Produkten bzw. Dienstleistungen erkennen. Wobei es sich im Einzelfall um das geeignetste Leistungsangebot handelt, ist demnach direkt abhängig von dem hierbei für beide Parteien entstehenden Nutzen. Die vorliegende Arbeit beinhaltet jedoch weder das Produktprogramm von Schienenherstellern noch eine Definition von Zufriedenheitsparametern der Eisenbahngesellschaften oder sonstige Elemente eines Geschäftsmodells bzw. des Marketings, sondern die Ableitung eines innovativen Ertragsmodells. Mit diesem Ertragsmodell sollen bei einer Transaktion dem Anbieter zustehende Erträge bestmöglich eingefangen werden können. Auch hierbei ist jedoch ein beidseitiger Nutzen dieser Innovation elementar für eine erfolgreiche Implementierung einer neuen Verkaufsstrategie.

<sup>164</sup> MEFFERT, H.; BURMANN, C.; KIRCHGEORG, M.: Marketing – Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung. S. 4

Im Sinne des Gravitationsprinzips bedeutet dies, dass die hieraus resultierenden Auswirkungen auf die Anreize für beide Marktpartner im spezifischen Falle näher betrachtet werden müssen.

Aus der Perspektive des Kapazitätsprinzips sind außerdem die hierfür zusätzlichen oder in geringerem Umfang notwendigen Ressourcen – technologischer, ökonomischer und humaner Natur – relevant.

Da aus Sicht des Schienenherstellers eine vertikale Vorwärtsintegration des Leistungsangebots in die Nutzungsphase in Folge eines lebenszyklusorientierten Ertragsmodelles auftritt, werden nachfolgend die spezifischen Implikationen in Abhängigkeit vom organisationsinternen Know-how in dieser Leistungsphase näher betrachtet. Als repräsentatives Beispiel werden die unterschiedlichen Implikationen beschrieben, wann es sich bei dem Auftraggeber um ein Eisenbahninfrastrukturunternehmens (EIU) mit hohem Know-how oder einem EIU mit geringem Know-how in der Instandhaltung des Gleises handelt. Neben den allgemeinen Auswirkungen der intern abdeckbaren Wertschöpfungstiefe und der Fachkompetenz auf die Instandhaltung, werden auch jeweils spezielle Potenziale und Risiken für das im Zuge der Potenzial-Risiko-Analyse (Vgl. Kap. 5.4) als *innovativ* charakterisiertes *Ertragsmodell Cross-Subsidisation* qualitativ beschrieben.

– Variante 1: Hohes Know-how des EIU in der Gleisinstandhaltung

EIUs mit hohem Know-how in der Gleisinstandhaltung besitzen i.d.R. eigene Messfahrzeuge und führen demnach die Inspektion und Messung der Gleisanlage selbst durch. Auch die Datenauswertung und -verarbeitung erfolgt zumeist in internen Abteilungen. Selbiges gilt auch für die Maßnahmenplanung und zum Teil für die Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen. Zusätzlich zur internen Ausführung von Instandhaltungsmaßnahmen werden jedoch auch externe Partner mit langfristigen Rahmenverträgen oder durch Einzelvergabe beauftragt.<sup>165</sup> Das interne Leistungsspektrum ist demnach sehr hoch, weshalb eine Ausweitung der Wertschöpfungstiefe für den Schienenhersteller erschwert wird. Aufgrund des hohen Know-hows sinken jedoch die technologischen Risiken in der Zusammenarbeit, da auf die Fachkompetenz des EIU aufgebaut werden kann.

Für das Ertragsmodell 4 *Cross-Subsidisation* bedeutet dies im Speziellen folgende Potenziale und Risiken:

<sup>165</sup> Vgl. VIDOVIC, I.: Railway Infrastructure Condition Monitoring and Asset Management – The Case of Fibre Optic Sensing. Dissertation. S. (Veröffentlichung ausstehend)

	Potenzial	Risiko
EIU mit hohem Know-how in der Instandhaltung	<p>Gezieltes Outsourcing von unwirtschaftlichen Tätigkeiten oder bei Personalengpässen</p> <p>Abrechnung nach tatsächlich benötigter Leistung durch Individualisierbarkeit des Leistungsangebotes</p>	<p>Abhängigkeitsverhältnis durch outsourcingbedingte Reduktion des internen Know-hows</p> <p>Schienenproduzent nutzt das geteilte interne Know-how auf anderen Märkten ohne Nutzen für das EIU</p>
Schienenproduzent	<p>Bezug von technologischen Messdaten und Informationen</p> <p>Kooperative Entwicklung von Komplementärprodukten und Services</p> <p>Lerneffekt durch enge Zusammenarbeit</p>	<p>Dienst- und Serviceleistungen werden nur bedingt benötigt</p> <p>EIU kennt den Markt und sämtliche mögliche Substitutionsprodukte</p>

Bild 5-19 Qualitative Potenziale und Risiken infolge hohen Know-hows des EIU

– Variante 2: Geringes Know-how des EIU in der Gleisinstandhaltung

Fehlt einem EIU instandhaltungsspezifisches Know-how werden einzelne Instandhaltungsleistungen entweder extern beauftragt oder die gesamte Instandhaltung wird sogar ausgelagert.<sup>166</sup> Vertikale Desintegration und geringes organisationsinternes Know-how gehen demnach ebenso in Einklang, wie die zuvor beschriebene hohe Wertschöpfungstiefe mit einer hohen internen Fachkompetenz. In diesem Fall besteht jedoch eine große Möglichkeit für Schienenhersteller, unzählige Zusatzleistungen, Komplementärprodukte und langfristige Serviceangebote über das eigentliche Produkt Schiene hinaus anzubieten. Da jedoch vonseiten des Auftraggebers wenig Know-how eingebracht werden kann und dieser aufgrund des flächendeckenden Outsourcings nur die essenziellen Informationen über das Bestandsnetz vorweisen kann, entstehen erhebliche Risiken in der Zusammenarbeit.

Das Ertragsmodell 4 *Cross-Subsidisation* führt in diesem Fall zu folgenden Potenzialen und Risiken:

<sup>166</sup> Vgl. VIDOVIC, I.: Railway Infrastructure Condition Monitoring and Asset Management – The Case of Fibre Optic Sensing. Dissertation. S. (Veröffentlichung ausstehend)

	Potenzial	Risiko
EIU mit geringem Know-how in der Instandhaltung	<p>Optimierung des Streckennetzes durch zugekauftes Know-how</p> <p>Alles-aus-einer-Hand-Lösung beziehbar</p>	<p>Vergleichbarkeit der Angebote ist erschwert</p> <p>Abhängigkeitsverhältnis bei Gesamtleistungsbezug hoch</p>
Schienenproduzent	<p>Umfassende Zusatzleistungen werden von Seiten des EIUs benötigt</p> <p>Langfristige Lock-in-Effekte vergleichsweise einfacher umsetzbar</p>	<p>Nur eingeschränkte Information über Streckenbestand</p> <p>LCC-Optimierung ist für EIU nicht relevant bzw. Leistungen werden nur auf Einkaufspreisbasis verglichen</p> <p>Eingebrachtes Know-how kann zu interner Subventionierung der Leistungen des Schienenproduzenten führen</p>

Bild 5-20 Qualitative Potenziale und Risiken infolge geringen Know-hows des EIU

Hieraus lässt sich erkennen, dass sich bei jedem Kunden und jedem Projekt aus Sicht der Schienenhersteller unterschiedliche Rahmenbedingungen ergeben, welche zusätzlich zu den im Verlauf der Arbeit beschriebenen, allgemeingültigen Randbedingungen technologischer, ökonomischer, betrieblicher und sonstiger Natur zu berücksichtigen sind. Die abgeleiteten Ertragsmodelle bieten jedoch diese notwendige Anpassungsfähigkeit für eine individuelle Adaption, da diese lediglich die Art und Weise der Ertragsgenerierung bzw. -abschöpfung beschreiben. Ob bzw. in welchem Ausmaß das am Markt Angebotene Leistungsspektrum des Schienenherstellers an organisationspezifische Besonderheiten angepasst wird, ist schlussendlich nicht vom Ertragsmodell abhängig, sondern von der Unternehmensstrategie im Gesamten.

### 5.5.2 Besonderheiten bei Privatbahnen

Im Verlauf der Arbeit wurde vorrangig die Terminologie von staatlichen Eisenbahnunternehmen – welche wiederum in Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) und Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) unterteilt werden können – verwendet. Auch wenn die Inhalte der vorliegenden Arbeit weitestgehend auch für Privatbahnen als gültig zu erachten sind, ist an dieser Stelle dennoch auf besondere Merkmale bei einer Umsetzung eines lebenszyklusorientierten Ertragsmodells in Bezug auf Privatbahnen hinzuweisen. Hierfür ist jedoch zunächst der Begriff selbst einzuordnen.

Die öffentlichen „*Staatsbahnen*“ befinden sich zwar i.d.R. im direkten oder indirekten Eigentum des Staates, werden jedoch oftmals nicht als öffentlich-rechtliche Staatsunternehmen organisiert, sondern als privat-rechtliche Kapitalgesellschaft bzw. zumeist als Aktiengesellschaft (bspw. Deutsche Bahn und Österreichische Bundesbahn). Die Abgrenzung einer Privatbahn zu einer Staatsbahn kann daher nicht durch die Rechtsform erfolgen. Auch

eine Abgrenzung aufgrund der Besitzverhältnisse ist problematisch. Privatbahnen sind zwar i.d.R. nicht im mehrheitlichen Besitz des Staates, es können jedoch öffentliche Eigentumsverhältnisse vorliegen, bspw. von Städten oder Bundesländern. Dies ist vor allem im Personennahverkehr üblich, bspw. im Falle der Salzburger Lokalbahn bzw. der Pinzgauer Lokalbahn, welche von der Salzburg AG betrieben wird und sich demnach mehrheitlich im Besitz des Landes Salzburg und der Stadt Salzburg befindet. Des Weiteren können Privatbahnen sowohl Verkehrsdienstleistungen als auch den Infrastrukturbetrieb – in Form einzelner Strecken sowie ganzer Eisenbahnnetze – durchführen. Die Einordnung wann es sich um Privatbahnen handelt, ist demnach nur schwer möglich. In Österreich erfolgt die Regelung durch das Privatbahngesetz (PrivbG), welches in §1 lediglich infolge des Ausschlussverfahrens folgende Definition ermöglicht:

*„Privatbahnen im Sinne dieses Bundesgesetzes sind Haupt- und Nebenbahnen, deren Betreiber ein im Bundesbahngesetz nicht angeführtes Eisenbahnunternehmen ist.“<sup>167</sup>*

Hieraus lässt sich die allgemeine Schlussfolgerung ableiten, dass bei Privatbahnen, im Vergleich zu Staatsbahnen, größere Unterschiede bzgl. der Eigentumsverhältnisse und Rechtsformen sowie Leistungsumfänge, Unternehmensgegenstände, strategische Zielsetzungen udgl. zu berücksichtigen sind. Die jeweiligen individuellen Unternehmensverhältnisse sind demnach eingehend zu prüfen und erfordern eine entsprechende Adaption der Leistungstiefe sowie des Ertragsmechanismus. Im Falle des Ertragsmodells *Cross-Subsidisation* können spezielle Produkte, Dienst- und Serviceleistungen für beide Parteien eine Chance infolge der Individualisierung des Leistungsangebotes darstellen, jedoch auch zu Risiken aufgrund mangelnder Erfahrungswerte führen. Nachfolgend wird für jede der vier betrachteten Kategorien ein Beispiel diesbezüglich angeführt.

Die ersten (Pferde-)Eisenbahnen in Österreich auf der Strecke Budweis-Linz-Gmunden wurden bekanntlich primär als Transportmittel für Salz betrieben. Damals wie heute ist die Eisenbahn perfekt dafür geeignet, den Transport von Rohstoffen vom Abbauort zur Weiterverarbeitung in ein Werk oder zum Weitertransport mit Schiffen an einen Hafen durchzuführen. Die heutigen hochleistungsfähigen Schwerlasteisenbahnen (eng. Heavy Haul Railway) sind besonders für Bergbaukonzerne unersetzlich und gehen mit extremen technologischen Anforderungen bezüglich Zuglänge und maximaler Achslast einher. Bei privatwirtschaftlichen (Schwerlast-)Schienennetzen unterscheiden sich vor allem die technologischen Randbedingungen, aber auch die übrigen Randbedingungen sehr stark von jenen des herkömmlichen Schienenverkehrs, weshalb die Ergebnisse der Potenzial-Risiko-Analyse nur bedingt als gültig zu erachten sind. Für die Bewertung der einzelnen Ertragsmo-

<sup>167</sup> RECHTSINFORMATIONSSYSTEM DES BUNDES (RIS): Bundesgesetz über Leistungen für Privatbahnen (Privatbahngesetz 2004 – PrivbG). <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20003309>. Datum des Zugriffs: 15.04.2020

delle in diesem Kontext sind demnach weitere Untersuchungen durchzuführen. Grundsätzlich ermöglicht jedoch das Ertragsmodell *Cross-Subsidisation* auch eine individuelle Anpassung des Leistungsangebots an die technologischen Anforderungen des Schwerverkehrs auf Schienen, weshalb eine grundsätzliche Eignung desselbigen naheliegt.

Aus ökonomischer Sicht ist vor allem die Gewinnmaximierung bei privatwirtschaftlich operierenden Firmen als größte Unterscheidung zu Eisenbahnunternehmen der öffentlichen Hand anzuführen, welche i.d.R. (auch) einem öffentlichen Zweck erfüllen müssen und somit dem Gemeinwohl dienen. Außerdem ist – zumindest in Industrienationen – die langfristige finanzielle Sicherheit bei privatwirtschaftlichen Auftraggebern i.d.R. geringer als bei einer Beauftragung durch die öffentliche Hand. Da die ökonomischen Risiken des Ertragsmodells *Cross-Subsidisation* sehr hoch sind, ist eine individuelle Prüfung der finanziellen Rahmenbedingungen für beide Parteien empfehlenswert.

Die Liberalisierung des europäischen Eisenbahnwesens, welche im Jahr 1991 mit der Veröffentlichung der Richtlinie 91/440/EWG eingeläutet wurde, ermöglicht privat-rechtlichen Unternehmen außerhalb des Staatsbesitzes einen Zugang zur Schieneninfrastruktur sowie zu verschiedensten Serviceeinrichtungen wie Personenbahnhöfen, Güterverladestellen, etc.<sup>168</sup> Bei sämtlichen betrieblichen Randbedingungen, Potenzialkriterien und Risikoparametern sind die jeweiligen Drittanbieter als potenzielle Kunden und betroffene Nutzer festzustellen und ebenfalls zu berücksichtigen. Dies ermöglicht im Ertragsmodell *Cross-Subsidisation* weiter mögliche Ertragsquellen zur Querfinanzierung und somit eine weitere Senkung des Verkaufspreises bzw. Erhöhung des langfristigen Ertrags. Durch eine große Anzahl an verschiedenen Privatbahnen sind jedoch höhere Risiken bezüglich negativer Auswirkungen auf den Schienenzustand und eine komplexere Koordinierung von Sperrzeiten zu erwarten. Für private Eisenbahnverkehrsunternehmen können zusätzliche Serviceleistungen den Markteintritt erleichtern und private Eisenbahninfrastrukturbetreiber profitieren von den geringen betrieblichen Risiken dieses Ertragsmodells.

Bezüglich der sonstigen Einflüsse sind v.a. die bauvertraglichen Randbedingungen relevant. Da das Bundesvergabegesetz nur bedingten Einfluss auf nicht-öffentliche Ausschreibungen und Vergabeverfahren hat, können entsprechende Verträge flexibler gestaltet werden. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, dass dadurch das Risiko der fehlenden Rechtsgrundlage konsequenterweise ansteigt. Für das Ertragsmodell 4 *Cross-Subsidisation* wird außerdem das hohe Potenzial einer Verringerung des Fachkräftemangels für die Eisenbahngesellschaft weiter gesteigert, da Privatbahnen aufgrund der Regionalität oftmals eingeschränkte Recruiting-Möglichkeiten haben.

<sup>168</sup> Vgl. SCHIENEN CONTROL: Liberalisierung braucht Kontrolle. <https://www.schienencontrol.gv.at/de/wettbewerbsregulierung.html>. Datum des Zugriffs: 20.04.2020

Diese Beispiele veranschaulichen anhand ausgewählter Besonderheiten die Spezifika eines privaten Eisenbahnunternehmens. Grundsätzlich sind die unternehmensspezifischen bzw. projektspezifischen Randbedingungen der betroffenen Unternehmen zu berücksichtigen und die einzelnen Potenzialkriterien und Risikoparameter entsprechend anzupassen.

## 5.6 Umsetzungsstrategie

Getreu des vielzitierten Ausspruches

*„Es ist nicht genug zu wissen, man muss es auch anwenden; es ist nicht genug zu wollen, man muss es auch tun.“<sup>169</sup>*

des deutschen Dichters Johann Wolfgang von Goethe, wird in weiterer Folge auf die Umsetzung der abgeleiteten lebenszyklusorientierten Ertragsmodelle durch einen Schienenhersteller näher eingegangen. Es wird hierbei zunächst erläutert, wie bei Bedarf eine unternehmensspezifische Potenzial-Risiko-Matrix erstellt werden kann. Außerdem wird schrittweise beschrieben, wie das in Kapitel 5.4 als am geeignetsten eingestufte Ertragsmodell *Cross-Subsidisation* in ein bestehendes Geschäftsmodell eines Schienenherstellers eingebunden werden kann.

### 5.6.1 Spezifizierung der Potenzial-Risiko-Analyse

Die in der vorliegenden Arbeit vorgenommenen Untersuchungen sind generischer bzw. allgemeingültiger Natur. Dies bedeutet, dass keine unternehmensspezifischen Einflüsse – weder vonseiten der Eisenbahngesellschaft vonseiten des Schienenherstellers – berücksichtigt, sondern auf der Industrie-Ebene Prototypen für Ertragsmodelle untersucht und bewertet wurden. Für eine Spezifizierung der Ertragsmodelle ist demnach zunächst eine Berücksichtigung aller unternehmensinternen Elemente des Schienenherstellers bzw. der entsprechenden Geschäftseinheiten vorzunehmen, welche direkte Auswirkungen auf die Potenziale und Risiken der Ertragsmodelle haben kann. Demnach werden, aufbauend auf der Systematik der Potenzial-Risiko-Analyse (Vgl. Kap. 5.1), zunächst folgende Arbeitsschritte empfohlen:

- Anpassung der **Gewichtung** der einzelnen Potenzialkriterien und Risikoparameter entsprechend der unternehmensinternen Randbedingungen sowie der externen Einflüsse
- Anpassung der **Bewertung** der einzelnen Potenzialkriterien und Risikoparameter entsprechend der unternehmensinternen Randbedingungen sowie der externen Einflüsse

<sup>169</sup> GOETHE, J. W.: Wilhelm Meisters Wanderjahre. In: Werke - Hamburger Ausgabe in 14 Bänden. S. 471

Die internen Randbedingungen des Schienenherstellers sind hierbei die Elemente des bestehenden bzw. ursprünglichen Geschäftsmodelles.

Die externen Randbedingungen bestehen zum einen aus der Makro-Umwelt:<sup>170</sup>

- Politische Randbedingungen
- Ökonomische Randbedingungen
- Sozio-kulturelle Randbedingungen
- Technologische Randbedingungen
- Ökologische bzw. geographische Randbedingungen
- Rechtliche Randbedingungen

Zum anderen sind die externen Einflüsse aus der Mikro-Umwelt zu berücksichtigen. Hierunter fallen:<sup>171</sup>

- Bedrohung durch potenzielle Neueintritte in die Branche
- Bedrohung durch Substitutionsprodukte
- Verhandlungsstärke gegenüber Lieferanten
- Verhandlungsstärke gegenüber den Kunden (EIU)
- Bestehender Wettbewerb in der Branche

Durch diese beiden Arbeitsschritte kann aus dem in Kapitel 5.4 dargestellten generischen Analyseergebnis eine unternehmensspezifische Potenzial-Risiko-Matrix erstellt werden. Da die einzelnen Potenzialkriterien und Risikoparameter von den in Kapitel 4 beschriebenen, allgemeingültigen Randbedingungen der Gleisinfrastruktur abgeleitet wurden, ist eine deren Adaptierung nicht notwendig. Nach Bedarf können jedoch zusätzliche Einflussfaktoren in der Erstellung der spezifischen Potenzial- und Risikoprofile miteingebunden oder bestehende Bewertungsmerkmale ersetzt werden. Auch weitere Ertragsmodelle (bspw. die in Kapitel 3.4.6 beschriebenen sonstigen Ertragsmodelle) können in der Potenzial-Risiko-Analyse berücksichtigt werden.

Eine Spezifizierung der Untersuchungsergebnisse ist grundsätzlich als optional anzusehen, wird jedoch ausdrücklich empfohlen. Das in der vorliegenden Arbeit als innovativ bewertete Ertragsmodell *EM 4 – Cross-Subsidisation* kann auch direkt umgesetzt werden. Die einzelnen Schritte der Implementierung dieses Modells werden im nachfolgenden Kapitel erläutert.

<sup>170</sup> Vgl. WORTHINGTON, I.; BRITTON, C.: The Business Environment. S. 7-9

<sup>171</sup> Vgl. PORTER, M. E.: Competitive Strategy – Techniques for analyzing industries and competitor. S. 4

## 5.6.2 Einbindung des EM4 Cross-Subsidisation in das Geschäftsmodell eines Schienenherstellers

Wie im Kapitel 2.1.2 erläutert, ist das Ertragsmodell ein Bestandteil des Geschäftsmodells eines Unternehmens. Das bedeutet, dass die Implementierung eines neuen Ertragsmodells auch direkte Folgen für die übrigen Dimensionen bzw. Inhalte des Geschäftsmodells hat und somit eine Adaptierung bzw. Innovation desselbigen erforderlich ist. Diese verläuft grundsätzlich durch die nachfolgenden Vorgehensschritte:

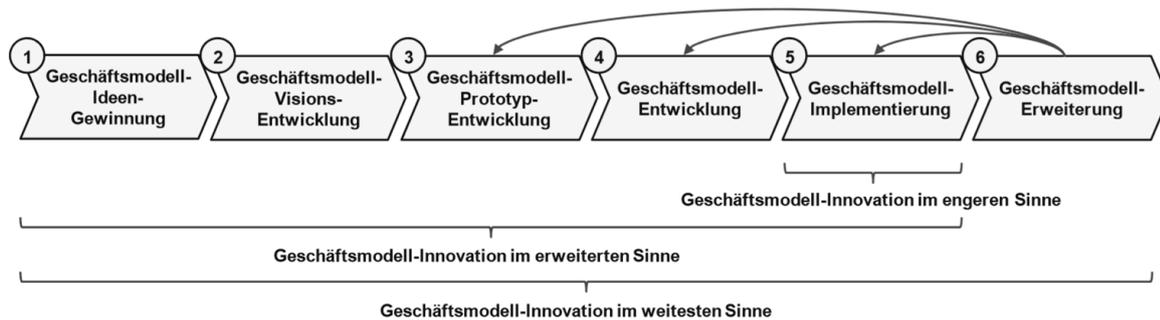


Bild 5-21 Vorgehensmodell der Geschäftsmodell-Innovation (nach Schallmo)<sup>172</sup>

In weiterer Folge steht jedoch bereits ein Ertragsmodell fest, in diesem Fall das *Ertragsmodell Cross-Subsidisation*. Da des Weiteren auf dem bestehenden Geschäftsmodell eines Schienenherstellers aufgebaut werden soll, handelt es sich weniger um eine umfassende Erneuerung des Geschäftsmodells (Innovation), als vielmehr um eine Anpassung desselbigen (Adaption). Daher können die ersten Phasen der **Ideen-Gewinnung** und der **Visionsentwicklung** übersprungen werden.

Der erste Schritt der Geschäftsmodell-Adaption ist demnach die Erstellung von **Geschäftsmodell-Prototypen**. Ausgehend von der bereits fixierten Ertragslogik (Quersubventionierung der Schiene durch Komplementärprodukte, Dienst- und Serviceleistungen), werden in einem Geschäftsmodell-Raster die Inhalte der übrigen Dimensionen erarbeitet:<sup>173</sup>

- Wer sind unsere Kunden bzw. welche Kundensegmente gibt es?
- Welche Kundenprobleme löst / welche Kundenbedürfnisse befriedigt unser Wertangebot?
- Welche Kooperationspartner benötigen wir?
- Welche wertschöpfenden Aktivitäten müssen wir durchführen, welche Ressourcen sind hierfür erforderlich und was sind die maßgeblichen Kosten?
- Welche Kommunikations-, Distributions- und Verkaufskanäle sind notwendig?

<sup>172</sup> Vgl. SCHALLMO, D.: Geschäftsmodell-Innovation – Grundlagen, bestehende Ansätze, methodisches Vorgehen und B2B-Geschäftsmodelle. S. 141

<sup>173</sup> Vgl. OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.: Business Model Generation – Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer. S. 19ff.

Ein nützliches Werkzeug von Geschäftsmodell-Prototypen ist bspw. der Business Model Canvas von *Osterwalder und Pigneur*. Dieser ist nachfolgend dargestellt.

### The Business Model Canvas

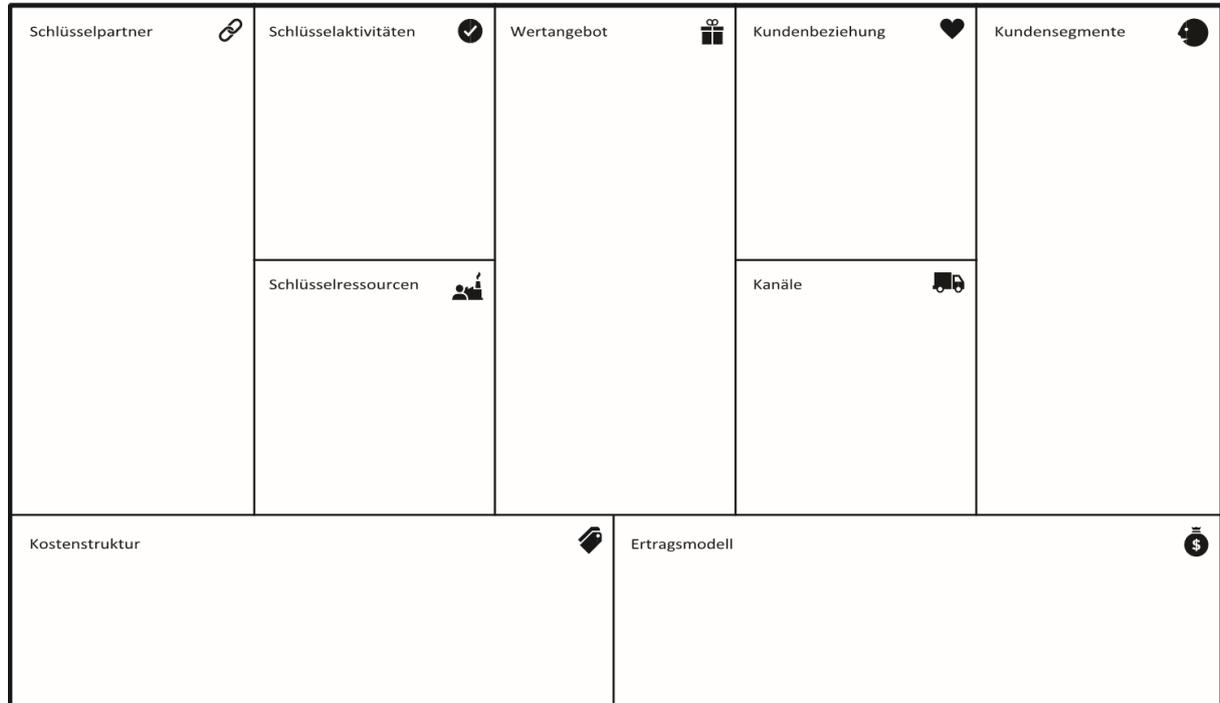


Bild 5-22 Der Business Model Canvas (nach Osterwalder und Pigneur)<sup>174</sup>

Für die Erstellung von mehreren Geschäftsmodell-Prototypen mittels des Business Model Canvas wird hierbei folgende Vorgehensweise empfohlen:

- Darstellung des ursprünglichen Geschäftsmodells
- Ersetzung des derzeitigen Ertragsmodelles (Einmalverkauf) durch ein innovatives Ertragsmodell aus der vorherigen Potenzial-Risiko-Analyse
- Variantenbildung: Beurteilung, welche Inhalte des ursprünglichen Geschäftsmodells für einen Geschäftsmodell-Prototypen weiterhin erforderlich sind und welche Inhalte neu hinzukommen

Das Resultat sollten mehrere Geschäftsmodell-Prototypen darstellen, die verdeutlichen, wie die jeweilige operative Umsetzung des neuen Ertragsmodells die übrigen Dimensionen beeinflusst. Durch eine anschließende Bewertung der einzelnen Geschäftsmodell-Prototypen kann die bestmögliche Variante ausgewählt werden. Ein Beispiel für einen Geschäftsmodell-Prototypen für das Ertragsmodell *Cross-Subsidisation* ist nachfolgend abgebildet. Alle Geschäftsmodell-Inhalte, welche eine direkte Folge des neuen Ertragsmodells sind, werden grün dargestellt.

<sup>174</sup> OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.: Business Model Generation – Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer. S. 19ff.

## The Business Model Canvas – Prototyp Cross-Subsidisation

<b>Schlüsselpartner</b>  Rohstofflieferanten Maschinen- und Anlagenbauer Speditionen Investoren Interessenvertretungen Bildungseinrichtungen Forschungsinstitute und Kompetenzzentren Bahnbauunternehmen Datenanalyse-Unternehmen Versicherungsdienstleister Zivilt Techniker im Bereich Eisenbahninfrastruktur Hersteller von Betonschwellen ...	<b>Schlüsselaktivitäten</b>  Schienenproduktion Forschung und Entwicklung Vertrieb Gleis(um-)bau Schienenschleifen Messung und Inspektion ... <b>Schlüsselressourcen</b>  Mitarbeiter Produktionsanlagen Produktions-Know-how Verlege- / Umbauzüge Schienenbearbeitungsmaschinen Messgeräte ...	<b>Wertangebot</b>  Qualitativ hochwertige und lebenszyklusoptimierte Schienen Beratung und kooperative Produktentwicklung Individualisierbare Rundum-Sorglos-Schiene Lebenszyklusmanagement der Schiene mittels Big-Data Verschleißmessung an den Radsätzen ...	<b>Kundenbeziehung</b>  Persönliche Beratung Langfristige Kooperationen Automatisierte Bestellung von Serviceleistungen ... <b>Kanäle</b>  Website Vergabeverfahren Gemeinsame Forschungsprojekte Messen Online Bestellung ...	<b>Kundensegmente</b>  Eisenbahninfrastrukturunternehmen Eisenbahnverkehrsunternehmen ...
<b>Kostenstruktur</b>  Gehaltskosten Laufende Kosten sowie Investitionskosten der Produktionsanlagen Investitionskosten für Gleisbaugeräte bzw. -maschinen Beauftragung von Subunternehmern ...		<b>Ertragsmodell</b>  Einmalverkauf von Schienen unter marktüblichen Gewinnmargen Kostendeckender Verkauf von Schienen Gewinnerwirtschaftung durch Folgekäufe von Komplementärprodukten, Dienstleistungen und Serviceangeboten ...		

Bild 5-23 Möglicher Geschäftsmodell-Prototyp für das Ertragsmodell Cross-Subsidisation

Durch den beispielhaften Geschäftsmodell-Prototyp wird ersichtlich, dass eine Adaption des Ertragsmodells weitgehende Auswirkungen auf die übrigen Dimensionen hat, aber grundsätzlich auf bestehenden Assets aufgebaut werden kann. Auf welche Art und Weise sich das Konzept der Quersubventionierung auf das hierfür erforderliche Wertangebot auswirkt, ist unternehmensspezifisch durch die internen Möglichkeiten und externen Einwirkungen festzulegen. Beispiele hierfür sind:

- Dienstleistungen in der Instandhaltung der Schiene (Vorwärtsintegration)
- Dienstleistungen in der Inspektion und Messung des Bestandsgleises (Vorwärtsintegration)
- Dienstleistungen in der Planung von Instandhaltungsmaßnahmen und/oder Gleis(um-)baumaßnahmen (Rückwärtsintegration)
- Zusätzliche Gleisinfrastrukturkomponenten,
  - die selbst produziert werden
  - die von Schlüsselpartnern zugekauft werden
  - deren Produzenten in die eigene Unternehmensstruktur eingegliedert werden
- Serviceleistungen für Eisenbahnverkehrsunternehmen

Diese strategische Entscheidung ist hauptauschlaggebend für alle weiteren notwendigen Anpassungen des ursprünglichen Geschäftsmodells.

Die bestmögliche Einbindung des Ertragsmodells – und das hierdurch adaptierte Wertangebot sowie sämtliche weiteren Konsequenzen der übrigen Dimensionen – stellen den erfolgversprechendsten Geschäftsmodell-Prototyp dar. Dieser Prototyp wird in der **Geschäftsmodell-Entwicklung** weiter konkretisiert. Dieser Schritt ist unternehmensspezifisch durchzuführen und kann nicht auf generischer Ebene behandelt werden. Zur Implementierung des *Ertragsmodells Cross-Subsidisation* werden nachfolgend dennoch einige zu beantwortende Fragestellungen der einzelnen Dimensionen aufgelistet, die eine Umsetzung unterstützen:

- Wertangebot

Welche Produkte bzw. Leistungen sind unternehmensintern bereits verfügbar und können als mögliches Add-On angeboten werden? Welche konkreten Möglichkeiten einer Steigerung des Wertangebots gibt es? Wie erfolgt der Lock-In-Effekt?

- Schlüsselpartner

In welchen Bereichen sind auf lange Sicht Kooperationspartner erforderlich? Welche zusätzlichen Kompetenzen können von bestehenden Schlüsselpartnern genutzt werden? Welche neuen Partner werden benötigt und wie können Anreize für eine partnerschaftliche Leistungserbringung geschaffen werden? Wie erfolgt die langfristige Bindung von Partnerunternehmen?

- Schlüsselaktivitäten

Inwiefern sind bestehende Schlüsselaktivitäten von der Geschäftsmodell-Adaption betroffen? Ist eine Steigerung der Wertschöpfungstiefe in-house technologisch möglich bzw. finanziell sinnvoll? Welcher konkreten Aktivitäten bedarf das erweiterte Wertangebot?

- Schlüsselressourcen

Welche materiellen Ressourcen sind notwendig und wie erfolgt das Supply-Chain-Management? Welches zusätzliche Know-how und welche entsprechenden Recruiting-Maßnahmen sind erforderlich? Welche Anpassungen im Bereich des Prozessmanagements sind erforderlich?

- Kundenbeziehungen

Wie erfolgt die Kundenbeziehung über den Kaufprozess in der Kontakt-, Evaluierungs-, Kauf- und Nutzungsphase bis hin zum Wiederkauf?

- Kanäle

Welche konkreten Kommunikations-, Distributions- und Vertriebskanäle werden genutzt?

- Kundensegmente

Inwiefern profitieren Bestandskunden von der Geschäftsmodell-Adaption und welche potenziellen neuen Kundensegmente werden hierdurch zusätzlich angesprochen?

- Kostenstruktur

Welche Kosten fallen derzeit an? Wo können Kosteneinsparungen vorgenommen werden? In welchen Bereichen sind Mehrkosten in welcher Höhe zu erwarten?

- Ertragsmodell

Was ist der geringste Preis, mit welchem die Schiene am Markt angeboten werden kann? Welche Gewinnmargen können durch Folgekäufe erzielt werden?

In der Geschäftsmodell-Entwicklung werden demnach konkrete, operative Umsetzungsvarianten entwickelt, geprüft und gegenübergestellt. Hierbei sind sämtliche in Kapitel 4 beschriebenen Randbedingungen vertieft zu überprüfen und ein frühzeitiges Risikomanagement einzurichten.

In der Phase der **Geschäftsmodell-Implementierung** wird das Geschäftsmodell realisiert. Dies erfolgt in zwei Schritten:<sup>175</sup>

- Erstellung eines Realisierungsplans: Definition aller notwendigen Projekte, Untersuchungen und Maßnahmenpakete, die zur Realisierung des Geschäftsmodells erforderlich sind. Hierfür ist ein Abgleich zwischen den vorhandenen (Ist) und den erforderlichen (Soll) Geschäftsmodell-Elementen notwendig.
- Implementierung: Umsetzung des Geschäftsmodells am Markt. In der Markteinführungsphase werden Erfahrungen, wie bspw. die Akzeptanz in einzelnen Kundensegmenten, gesammelt. Um die Risiken zu minimieren, ist eine Implementierung in einem Testmarkt bzw. in Testprojekten empfehlenswert.

In der abschließenden **Geschäftsmodell-Erweiterung** erfolgen kontinuierliche Anpassungen aufgrund der gewonnenen Erfahrungen in der Umsetzung am Markt. Wie in Bild 5-21 ersichtlich, kann eine solche Anpassung des Geschäftsmodells entweder direkt implementiert werden oder es muss eine erneute Geschäftsmodell-Entwicklung erfolgen. Werden eine oder mehrere Dimensionen grundlegend geändert – wie dies durch ein neues Ertragsmodell der Fall ist – ist die in diesem Kapitel beschriebene Geschäftsmodell-Adaption erneut durchzuführen.

<sup>175</sup> Vgl. SCHALLMO, D.: Geschäftsmodell-Innovation. S. 151

## 6 Fazit

Die vorliegende Arbeit beinhaltet eine umfassende Übersicht über die Randbedingungen und Einflussfaktoren der Gleisinfrastruktur, welche in der erfolgreichen Umsetzung eines innovativen Ertragsmodells zu berücksichtigen sind (Vgl. Kap. 2 & Kap. 4). Außerdem werden Vorteile, Nachteile, Potenziale und Risiken einer neuartigen Verkaufsstrategie über den Mikro-Lebenszyklus der Teilkomponente Schiene und den Makro-Lebenszyklus der Eisenbahnanlage abgeleitet und bewertet (Vgl. Kap. 3 & Kap. 5.1-5.4). Dies erfolgt stets unter der Berücksichtigung der kausalen Auswirkung im Gesamtkontext des Geschäftsmodells eines Schienenherstellers. Um die Implementierung der vorgestellten generischen Erkenntnisse zu unterstützen, werden außerdem organisations- bzw. unternehmensspezifische Merkmale auf Seiten des Kunden bzw. Eisenbahninfrastrukturbetreibers diskutiert (Vgl. Kap. 5.5) und eine schrittweise Umsetzungsstrategie für den Schienenhersteller (Vgl. Kap. 5.6) entwickelt.

Eine gewichtige Rolle in der Ausarbeitung der eingangs gestellten Forschungsfrage (Vgl. Kap. 1.3) nehmen zum einen die verschiedenen Kostengruppen über den gesamten Lebenszyklus ein. Demnach werden von der Anschaffung bzw. Investition, über die Instandhaltung und Nutzung (inkl. möglicher Betriebserschwerisse), bis hin zum Ende der Lebensdauer der Teilkomponente Schiene bzw. des Gesamtsystems Bahnkörper, mannigfache Einflüsse aus ökonomischer Sicht in jeden Entwicklungsschritt miteinbezogen. Zum anderen werden die vielfachen technologischen Herausforderungen und Möglichkeiten in den Projektphasen der Infrastrukturplanung, der Schienenproduktion, des Gleis(um-)baus und der Instandhaltung in der Entscheidungsfindung entsprechend berücksichtigt. Darüber hinaus wird die ökologische Bedeutung einer Lebenszyklusbetrachtung bei der Errichtung und dem Betrieb von Infrastrukturanlagen hervorgehoben und die Interaktion des Fahrweges bzw. der Schiene mit dem Eisenbahnverkehr durchwegs miteinbezogen. Abschließend spiegeln sich im vorliegenden Forschungsergebnis ebenso die bauvertraglichen, normativen und gesetzlichen Randbedingungen, wie auch die Einflüsse der Unternehmensstrategie bzw. der Wertschöpfungstiefe des Geschäftsmodells, wider.

Das Ergebnis dieser Arbeit lässt sich demnach als eine holistische Betrachtung von möglichen lebenszyklusorientierten Ertragsmodellen der Gleisinfrastruktur beschreiben, wobei eine vertiefte Betrachtung der Teilkomponente Schiene vorgenommen wurde. Die Erhebungen und Analysen wurden auf einer generischen Meta-Ebene durchgeführt, weshalb eine Implementierung der dargestellten Erkenntnisse weiteren Untersuchungen bedarf. Demnach erfolgt nachfolgend neben einer Zusammenfassung der Forschungsinhalte und einer Beantwortung der Forschungsfragen auch ein Ausblick auf notwendige künftige Entwicklungen in der Umsetzung von innovativen Ertragsmodellen durch Schienenhersteller.

## 6.1 Zusammenfassung

Im einleitenden Kapitel erfolgt zunächst eine Darstellung der Ausgangssituation in der Beschaffung von Gleisinfrastrukturkomponenten. Hierbei wird im Besonderen die Grundprämisse aufgestellt, dass zurzeit de facto ein Wettbewerb nach dem Billigstbieterprinzip<sup>176</sup> im (Um-)Bau von Gleisanlagen die unumstrittene Norm darstellt und dadurch qualitative, monetäre und ökologische Implikationen sowie strategische Möglichkeiten über die gesamte Lebensdauer des Fahrweges vernachlässigt werden. Die zweite Prämisse beschreibt die aus dieser Vernachlässigung einer gesamtheitlichen Lebenszyklusbetrachtung entstehenden langfristigen Folgen mit negativer Konnotation für Auftraggeber bzw. Käufer und Auftragnehmer bzw. Verkäufer. Die logische Schlussfolgerung aus diesen beiden Vordersätzen ist, dass der Status-Quo von einer der beiden Parteien entschlossen herausgefordert werden muss, um die aus einer lebenszyklusorientierten Zusammenarbeit hervorgehenden Potenziale synergetisch nutzen zu können. Diese Konklusion stellt die Ausgangssituation für die vorliegende Arbeit dar und wird in Form einer konkreten Zielsetzung sowie den hieraus abgeleiteten Forschungsfragen weiter präzisiert.

Das zweite Kapitel beinhaltet die allgemeinen Grundlagen und Begrifflichkeiten bezüglich einer Lebenszyklusbetrachtung sowie der einzelnen Phasen der Lebensdauer einer baulichen Anlage bzw. eines Produktes. Außerdem werden die Bedeutung eines Ertragsmodells als Bestandteil eines Geschäftsmodellens bzw. einer übergeordneten Unternehmensstrategie und die einzelnen Komponenten der Gleisinfrastruktur im Kontext der gesamten Eisenbahnanlage beschrieben und eingeordnet. Des Weiteren wird in diesem Kapitel die bereits in der Einleitung charakterisierte Bedeutung einer holistischen Lebenszyklusbetrachtung näher beschrieben. Dies erfolgt aus einem monetären Blickwinkel anhand einer Beschreibung der einzelnen Kostengruppen (Life Cycle Costs – LCC), aus ökologischer Sicht auf der Ebene der Bauwirtschaft, der Verkehrswirtschaft und der Eisenbahninfrastruktur sowie in betrieblicher Hinsicht durch die Implikationen für den Eisenbahnverkehr.

Im dritten Kapitel erfolgt eine schrittweise Ableitung von lebenszyklusorientierten Ertragsmodellen, welche für den Vertrieb von Gleisinfrastrukturkomponenten im Allgemeinen, sowie im Speziellen für die Eisenbahnschiene, eingesetzt werden können. Hierfür werden zunächst aus den branchenübergreifenden Geschäftsmodellansätzen von *Gassmann et al.* mögliche Ertragsmechanismen abgeleitet und in entsprechenden Ertragskonzepten geclustert. Anschließend erfolgt eine Eignungsbewertung der Ertragsmodelle, anhand deren Applikabilität in Bezug auf die Gleisinfrastruktur, hinsichtlich der Tauglichkeit für eine Lebenszyklusbetrachtung sowie bezüglich des direkt betroffenen Ertragsvolumens. Das Resultat dieser Eignungsbewertung sind fünf Ertragsmodelle, bestehend aus einem oder mehreren

<sup>176</sup> Anm.: Auch wenn (de jure) das Bestbieterverfahren zunehmend Anwendung im Infrastrukturbau findet, werden die Zuschlagskriterien nach wie vor prozentuell unverhältnismäßig stark von den einmaligen Investitionskosten bzw. initialen Anschaffungspreisen dominiert.

geeigneten Ertragsmechanismen, welche vier der fünf Gewinnstufen nach *Hungenberg* abdecken. Die jeweiligen Grundsätze, Vorteile, Nachteile sowie repräsentative Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen dieser fünf generischen Ertragsmodelle *LCC-Champion*, *Lease-a-Track*, *Availability Fee*, *Cross-Subsidisation* und *Life Cycle Cooperation* werden im Kontext der Gleisinfrastruktur näher beschrieben. Zusätzlich werden drei mögliche Ansätze – *National Pride Railway*, *Track Flatrate* und *Green Track* – vorgestellt, welche in weiterer Folge jedoch aufgrund der mangelnden Applikabilität nicht näher verfolgt werden.

Das vierte Kapitel beinhaltet eine Beschreibung der zu berücksichtigenden technologischen, ökonomischen, betrieblichen, bauvertraglichen, rechtlichen und strategischen Randbedingungen der Gleisinfrastruktur, welche von Seiten des Schienenherstellers nicht bzw. nur bedingt beeinflusst werden können. Die Ausführungen in diesem Kapitel stellen die Grundlage für die Ableitung der Bewertungsfaktoren der anschließenden Potenzial-Risiko-Analyse dar.

In Kapitel fünf erfolgen zunächst die Bewertung der Potenziale und Risiken der fünf Ertragsmodelle sowie ein abschließendes Fazit der jeweiligen Eignung auf Basis einer Gegenüberstellung in einer Potenzial-Risiko-Matrix. Von den fünf in dieser Arbeit untersuchten Ertragsmodellen können zwei als risikoavers – *LCC-Champion* und *Lease-a-Track* – zwei als risikoaffin – *Availability Fee* und *Life Cycle Cooperation* – sowie eines als innovativ – *Cross-Subsidisation* – charakterisiert werden. Risikoavers zeigt hierbei ein geringes Risiko bei einem ebenso geringen Potenzial an. Risikoaffin signalisiert sowohl ein hohes Risiko als auch ein hohes Potenzial und ein innovatives Ertragsmodell verbindet ein hohes Potenzial mit einem geringen Risiko. Anschließend an die Potenzial-Risiko-Bewertung erfolgt eine Beschreibung der zu berücksichtigenden organisationsspezifischen Besonderheiten von Eisenbahngesellschaften mit unterschiedlichem Know-How in der Instandhaltung des Fahrweges sowie exemplarischer Besonderheiten von Privatbahnen. Im letzten Unterkapitel wird eine schrittweise Umsetzungsstrategie entwickelt, in welcher Schienenhersteller eines oder mehrere Ertragsmodelle bzw. Ertragsmechanismen in ihr bestehendes Geschäftsmodell einbinden können. In diesen beiden letzten Arbeitsschritten wird im Kontext des jeweiligen Kapitels vor allem auf das als innovativ bewertete Ertragsmodell *Cross-Subsidisation* näher eingegangen.

Zusammengefasst werden somit mögliche Ansätze für lebenszyklusorientierte Ertragsmodelle auf einer generischen Meta- bzw. Branchen-Ebene unter Berücksichtigung der Randbedingungen der Gleisinfrastruktur untersucht. Durch die beschriebene Umsetzungsstrategie können die Erkenntnisse dieser Arbeit von Schienenherstellern zur Adaptierung ihrer bestehenden Geschäftsmodelle verwendet werden und hiermit eine Evolution hin zu einem lebenszyklusorientierten und synergetischen Anlagenmanagement vorantreiben.

## 6.2 Beantwortung der Forschungsfragen

Nachfolgend werden die konkreten Forschungsergebnisse der vorliegenden Arbeit durch die Beantwortung der vier in Kapitel 1.3 definierten Forschungsfragen zusammengefasst dargestellt.

- 1. Forschungsfrage: Welche Bedeutung hat eine Lebenszyklusbetrachtung für die Gleisinfrastruktur und wie sind die relevanten Begrifflichkeiten definiert?

Eine Lebenszyklusbetrachtung in Form eines holistischen Anlagenmanagements bzw. Life-Cycle Managements ermöglicht einen gesamtheitlichen Überblick über die anfallenden Gesamtkosten unterschiedlicher Schienen und Fahrwegkonstruktionen, aber auch einen Vergleich derer ökologischen Auswirkungen sowie der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) unterschiedlicher Instandhaltungsstrategien. Eine Betrachtung des gesamten Lebenszyklus einer Gleisanlage hat eine Bedeutung in allen Projektphasen und betrifft sämtliche beteiligte Parteien – vom Verkäufer (bspw. Schienenhersteller), über den Käufer (Eisenbahninfrastrukturunternehmen) und Nutzer (Eisenbahnverkehrsunternehmen für Personen- und Güterverkehr), bis zum Endverbraucher (Fahrgast).

Hierbei ist die eindeutige Definition der verwendeten Begrifflichkeiten – v.a. für den exakten Wortlaut der vertraglichen Vereinbarungen, aber auch für die unternehmensinterne Kommunikation und das Marketing – von hoher Bedeutung. Es wird im Verlauf dieser Arbeit dargelegt, dass die Inhalte eines Lebenszyklus und demnach auch die Anforderungen an ein lebenszyklusorientiertes Ertragsmodell stark vom Blickwinkel bzw. von den Interessen des Betrachters abhängig sind.

- 2. Forschungsfrage: Welche Ertragsmechanismen bzw. Ertragskonzepte lassen sich zu lebenszyklusorientierten Ertragsmodellen zusammenfassen?

Aus den erhobenen 55 Geschäftsmodellen können 32 einzigartige Ertragsmechanismen abgeleitet werden, welche wiederum fünf unterschiedlichen Ertragskonzepten zuordenbar sind. Hiervon weisen zehn Ertragsmechanismen bzw. vier Ertragskonzepte eine hohe Applikabilität bezüglich der Gleisinfrastruktur auf. Aus diesen geeigneten Ertragsmechanismen lassen sich fünf konkrete Ertragsmodelle mit unterschiedlichen Gewinnmechanismen ableiten, welche im Verlauf dieser Arbeit genauer analysiert werden.

- 3. Forschungsfrage: Welche Randbedingungen sind für Ertragsmodelle der Gleisinfrastruktur zu berücksichtigen?

Bei der Entwicklung eines geeigneten Ertragsmodells von Seiten des Schienenherstellers sind weit mehr als nur die naheliegenden monetären Faktoren zu berücksichtigen. Aufgrund des komplexen Zusammenspiels der einzelnen Gleisinfrastrukturkomponenten, der variablen Wechselwirkung aus dem Eisenbahnbetrieb, den ökologischen Ansprüchen, den strategischen Interessen auf Auftraggeber- und Auftragnehmer-Seite, den rechtlichen bzw. bauvertraglichen Randbedingungen sowie vielen weiteren im Verlauf dieser Arbeit dargelegten Einflussfaktoren, entstehen zahlreiche Chancen und Risiken für alle beteiligten Parteien. Die Transformation von einem Einmal(ver-)kauf nach dem Billigstbieterprinzip zu einem Wettbewerb mit qualitativen, lebenszyklusorientierten Bewertungskriterien kann demnach nur dann erfolgreich umgesetzt werden, wenn eine kumulative Betrachtung der dargelegten technologischen, ökonomischen, betrieblichen, ökologischen, bauvertraglichen bzw. rechtlichen und strategischen Besonderheiten erfolgt.

- 4. Forschungsfrage: Welche Potenziale und Risiken haben die einzelnen lebenszyklusorientierten Ertragsmodelle; welche organisationsspezifischen Implikationen sind hierbei zu berücksichtigen und welche Umsetzungsstrategien ergeben sich hieraus?

In der durchgeführten Eignungsbewertung der lebenszyklusorientierten Ertragsmodelle werden in Summe je 20 Potenzialkriterien und Risikoparameter in den Kategorien *Technologie*, *Ökonomie*, *Eisenbahnbetrieb* und *Sonstiges* mit unterschiedlicher Gewichtung definiert. Durch 40 individuelle Bewertungsmerkmale kann – in Kombination mit fünf konträren Gewichtungen im Sinne einer Sensibilitätsanalyse – ein aussagekräftiges Analyseergebnis erzielt werden. Die Anzahl der Potenzial- und Risikocharakteristika kann jedoch nach Bedarf weiter erhöht werden.

Bei der Umsetzung eines der auf Meta-Ebene bewerteten Ertragsmodelle ist eine spezifische Anpassung der Potenzial- und Risikokennzahlen unter Berücksichtigung der unternehmensinternen Randbedingungen des Schienenherstellers erforderlich. Außerdem müssen das organisationsinterne Know-how sowie die Organisationsform bzw. Eigentumsverhältnisse der Eisenbahngesellschaft berücksichtigt werden. Die Implementierung eines lebenszyklusorientierten Ertragsmodells erfolgt grundsätzlich durch dessen Einbindung in das bestehende Geschäftsmodell des Schienenherstellers.

### 6.3 Ausblick und künftige Entwicklungen

Erste Schritte in Richtung Bestbieterverfahren werden in der Errichtung und Instandsetzung von Infrastrukturbauten bereits vorangetrieben, auch wenn bisher die Anschaffungskosten bzw. initialen Kaufpreise von Produkten und Bauleistungen noch das bestimmende Zuschlagsargument sind. Auch von Seiten der Europäischen Union erfolgt eine sukzessive Forcierung hin zu einer umweltfreundlichen und demnach auch lebenszyklusorientierten Beschaffung durch das Green Public Procurement. Darüberhinaus findet das Building Information Modeling (BIM) auch im Gleis(um-)bau zunehmend Anwendung. So wird bspw. in Deutschland durch die vom deutschen Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) beauftragte Arbeitsgemeinschaft *BIM4INFRA2020* eine schrittweise Einführung von BIM bei allen neu zu planenden öffentlichen Infrastrukturprojekten ab dem Jahre 2020 antizipiert.<sup>177</sup> Dies unterstützt auch die Entwicklung einer lebenszyklusoptimierten Anlagestrategie, da die Eisenbahnanlagen hierdurch in einem digitalen Zwilling vorhanden sind und ein Digitales Asset-Management ermöglicht wird. Dieses beinhaltet intelligente *Diagnose und Monitoring Technologien* in Kombination mit softwarebasierten LCC-Tools, welche eine frühzeitige Fehlererkennung der Infrastruktur, aber auch des rollenden Materials unterstützen und somit eine zustandsorientierte Instandhaltung zulassen.

Die Entwicklungen hin zu einem lebenszyklusorientierten, modellgestützten und digitalen Planungs- und Bauprozess, aber auch zu einer entsprechenden Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen und Bauprodukten führen konsequenterweise zu einer großen Chance für lebenszyklusorientierte Ertrags- und Geschäftsmodelle. Um als Schienenhersteller die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Potenziale solcher Verkaufsstrategien nutzen zu können, ist eine frühzeitige und schrittweise Markteinführung mit konstanten Rückkopplungen für eine erfolgreiche Risikomitigation erforderlich. Die in dieser Arbeit diskutierten generischen Varianten von geeigneten Ertragsmodellen für Schienenhersteller müssen zunächst konkretisiert und in Pilotprojekten erprobt werden. Hierdurch können erste Erkenntnisse technologischer, ökonomischer, betrieblicher und bauvertraglicher bzw. rechtlicher Natur erhoben und ausgewertet werden. Dieser Erprobungsprozess ist nicht eindimensional und erfordert ein iteratives Vorgehen, welches erst dann gestoppt werden kann, wenn eine optimale Lösung für die flächendeckende Markteinführung gefunden wird.

Das Ertragsmodelle *Cross-Subsidisation* sowie die übrigen vier behandelten Ertragsmodelle ermöglichen Schienenherstellern eine strategische Differenzierung am Markt. Die Folgen sind jedoch weit mehr als nur strategischer Natur, vielmehr werden dadurch die nachhaltige Entwicklung zu einer lebenszyklusbewussten Planung, eine Vergabe nach Qualitätskriterien sowie ein digitaler Bau- und Instandhaltungsprozess weiter vorangetrieben.

<sup>177</sup> Vgl. ARGE BIM4INFRA2020: Umsetzung des Stufenplans „Digitales Planen und Bauen“. <https://bim4infra.de>. Datum des Zugriffs: 5.2.2020

## Literaturverzeichnis

<http://www.slate.fr/story/87823/scandale-trains-trop-larges-manip-et-bulle-mediaticque>. Datum des Zugriffs: 01.03.2020.

ALBRECHT, C.; SAUER, C.: Vom Billigstbieterprinzip zum Qualitätswettbewerb. In: Österreichische Bauzeitung, Juni/2018.

ALSALAMAT, H.: Verfahren zur Ermittlung des Einflusses von infrastrukturellen und betrieblichen Faktoren auf die spezifischen Kosten der Eisenbahninfrastruktur. Dissertation. Technischen Universität Dresden. Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, 2012.

ARGE BIM4INFRA2020: Umsetzung des Stufenplans „Digitales Planen und Bauen“. <https://bim4infra.de>. Datum des Zugriffs: 5.2.2020.

AUSTRIAN STANDARDS: ÖNORM EN ISO 14001:2015 11 15 (Umweltmanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung) .

AUSTRIAN STANDARDS: ÖNORM EN 15804:2014 04 15 (Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte) .

AUSTRIAN STANDARDS: ÖNORM B 2061:1999 09 01 (Preisermittlung für Bauleistungen - Verfahrensnorm) .

AUSTRIAN STANDARDS: ÖNORM B 1801-2:2011 04 01 (Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 2: Objekt-Folgekosten).

BACH, N. et al.: Organisation – Gestaltung wertschöpfungsorientierter Architekturen, Prozesse und Strukturen. Wiesbaden. Springer Fachmedien, 2017.

BARBOSA, F. et al.: Reinventing construction: A route to higher productivity. McKinsey & Company, 2017.

BIEGER, T.; REINHOLD, S.: Das wertbasierte Geschäftsmodell - Ein aktualisierter Strukturansatz. In: Innovative Geschäftsmodelle. Hrsg.: BIEGER, T.; ZU KNYPHAUSEN-AUFSEß, D.; KRYS, C.: Springer.

BUNDESAMT DER JUSTIZ: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen. [www.gesetze-im-internet.de/krwg/index.html#BJNR021210012BJNE000100000](http://www.gesetze-im-internet.de/krwg/index.html#BJNR021210012BJNE000100000). Datum des Zugriffs: 13.01.2020.

BUNDESMINISTERIN FÜR VERKEHR, INNOVATION UND TECHNOLOGIE: Gesamtverkehrsplan für Österreich . Wien. 2012.

BUNDESMINISTERIUM FÜR FINANZEN: Produktivität in Deutschland – Messbarkeit und Entwicklung. <https://www.bundesfinanzministerium.de/Monatsberichte/2017/10/Inhalte/Kapitel-3-Analysen/3-1-Produktivitaetsentwicklung-Deutschland.html>. Datum des Zugriffs: 20.12.2019.

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT; BUNDESMINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND WIRTSCHAFT: Ressourcennutzung in Österreich. Bericht. Wien. 2015.

BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS : Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich. Statusbericht. Wien. 2019.

BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS – SEKTION ENERGIE UND BERGBAU: Baurohstoffe. <https://www.bmnt.gv.at/energie-bergbau/bergbau/mineralische-rohstoffe/Baurohstoffe.html>. Datum des Zugriffs: 16.01.2020.

BUNDESMINISTERIUM KLIMASCHUTZ, UMWELT, ENERGIE, MOBILITÄT, INNOVATION UND TECHNOLOGIE: Interoperabilität. <https://www.bmk.gv.at/themen/eisenbahn/interoperabilitaet.html>. Datum des Zugriffs: 21.03.2020.

CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY: Zero Draft of the Post-2020 Global Biodiversity Framework. <https://www.cbd.int/doc/c/efb0/1f84/a892b98d2982a829962b6371/wg2020-02-03-en.pdf>. Datum des Zugriffs: 17.01.2020.

DANZER, P.: Prognose der Lebenszykluskosten (LCC) von Fahrbahnkomponenten am Beispiel der Vignolschiene. Tagungsbericht. Brandenburg an der Havel. Internationales Symposium "Schienenfehler", 2000.

DARR, E.; FIEBIG, W.: Feste Fahrbahn: Innovative Oberbauart des Fahrweges. In: Deine Bahn, Band 43, Nr. 4/2015.

DEY, A. et al.: Die Klassifizierung von Oberflächenfehlern in Schienen mit der Wirbelstromprüfung . Münster. DGZfP-Jahrestagung, 2009.

DUDEN: Lebenszyklus, der. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Lebenszyklus>. Datum des Zugriffs: 05.01.2020.

EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT DER EUROPÄISCHEN UNION: Richtlinie 2012/34/EU zur Schaffung eines einheitlichen europäischen Eisenbahnraums, ABI 2012 L 343/32. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:343:0032:0077:DE:PDF>. Datum des Zugriffs: 06.01.2020.

EUROPÄISCHES PARLAMENT UND RAT DER EUROPÄISCHEN UNION: Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle, ABI 2008 L 312/3. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32008L0098>. Datum des Zugriffs: 13.01.2020.

FACHVERBAND DER BAUINDUSTRIE: Österreichische Baugeräteliste 2015. Gütersloh. Bauverlag BV, 2015.

FORSCHUNGSINFORMATIONSSYSTEM (FIS): Wartung und Instandhaltung des Eisenbahnfahrweges. <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/322429/>. Datum des Zugriffs: 23.02.2020.

FRANK, N.; UHRIG, R.: LCC am Beispiel von Rillenschienen eines Nahverkehrsbetriebes. Tagungsbericht. Brandenburg an der Havel. Internationales Symposium "Schienenfehler", 2000.

FREYSTEIN, H.: Eisenbahnaufsicht zur Instandhaltung. In: Deine Bahn, 1/2009.

FSV - ARBEITSGRUPPE „EISENBAHNWESEN - PLANUNG, VERKEHR UND UMWELT“ - ARBEITSAUSSCHUSS „LEISTUNGSBILD EISENBAHNPLANUNG“: RVE 12.01.01-Eisenbahn Infrastrukturplanung, Ziel- und Aufgabenbeschreibung. [https://www.arching.at/fileadmin/user\\_upload/redakteure/LM\\_VM\\_2014/RVE\\_12\\_01\\_01\\_161227\\_GT\\_OPT.pdf](https://www.arching.at/fileadmin/user_upload/redakteure/LM_VM_2014/RVE_12_01_01_161227_GT_OPT.pdf). Datum des Zugriffs: 20.02.2020.

GABLER BANKLEXIKON: Crowdfunding. <https://www.gabler-banklexikon.de/definition/crowdfunding-81513/version-347448>. Datum des Zugriffs: 22.01.2020.

GABLER WIRTSCHAFTSLEXIKON: Anschaffungskosten. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/anschaffungskosten-29431/version-253037>. Datum des Zugriffs: 06.01.2020.

GABLER WIRTSCHAFTSLEXIKON: Wissensmanagement. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/wissensmanagement-47468/version-270732>. Datum des Zugriffs: 25.02.2020.

GANDHI, P.; KHANNA, S.; RAMASWAMY, S.: Which Industries Are the Most Digital (and Why)?. [hbr.org/2016/04/a-chart-that-shows-which-industries-are-the-most-digital-and-why](https://hbr.org/2016/04/a-chart-that-shows-which-industries-are-the-most-digital-and-why). Datum des Zugriffs: 20.12.2019.

GASSMANN, O.; FRANKENBERGER, K.; CSIK, M.: Geschäftsmodelle Entwickeln - 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. München. Carl Hanser Verlag, 2013.

GERBER, U.: Auslegung des Eisenbahnoberbaus. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. Hrsg.: FENDRICH, L.; FENGLER, W.: Berlin. Springer Vieweg, 2019.

GIRMSCHIED, G.: Strategisches Bauunternehmensmanagement. Heidelberg. Springer, 2010.

GLEISBAU WELT; IVE - TU BRAUNSCHWEIG;: Oberbauformen. <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/infrastruktur/oberbau/oberbauformen/>. Datum des Zugriffs: 18.02.2020.

GLEISBAU-WELT: Schiene. <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/infrastruktur/oberbau/schiene/>. Datum des Zugriffs: 18.02.2020.

GLEISBAU-WELT: Gleisbau und Instandhaltung. <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/gleisbau-und-instandhaltung/>. Datum des Zugriffs: 20.02.2020.

GLEISBAU-WELT: Schienenbearbeitung. <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/gleisbau-und-instandhaltung/maschinelles-gleisbau/schienenbearbeitung/>. Datum des Zugriffs: 20.02.2020.

GLEISBAU-WELT: Sperrzeiten / Sperrpausen. <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/gleisbau-und-instandhaltung/sperrzeiten-sperrpausen/>. Datum des Zugriffs: 10.03.2020.

GLEISBAU-WELT; VOESTALPINE SCHIENEN;: Verschleiß und Schienenfehler. <https://www.gleisbauwelt.de/lexikon/infrastruktur/oberbau/schiene/verschleiss-und-schienenfehler/>. Datum des Zugriffs: 20.02.2020.

GOETHE, J. W.: Wilhelm Meisters Wanderjahre. In: Werke - Hamburger Ausgabe in 14 Bänden. Hrsg.: München. Deutscher Taschenbuch Verlag, 1981.

HEPPE, A.; WEIGAND, W.: Spurplangestaltung und betriebliche Infrastrukturplanung. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. Hrsg.: FENDRICH, L.; FENGLER, W.: Berlin. Springer Vieweg, 2019.

HOAI: HOAI 2013 Volltext. [https://www.hoai.de/online/HOAI\\_2013/HOAI\\_2013.php#P3](https://www.hoai.de/online/HOAI_2013/HOAI_2013.php#P3). Datum des Zugriffs: 01.03.2020.

HUMAN RIGHTS COUNCIL : Climate change and poverty. [https://www.ohchr.org/Documents/Issues/Poverty/A\\_HRC\\_41\\_39.pdf](https://www.ohchr.org/Documents/Issues/Poverty/A_HRC_41_39.pdf). Datum des Zugriffs: 15.01.2020.

HUNGENBERG, H.: Strategisches Management in Unternehmen – Ziele - Prozesse - Verfahren. Wiesbaden. Springer Gabler, 2014.

IHME, J.: Schienenfahrzeugtechnik. Wiesbaden. Springer Vieweg, 2019.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE: Global Warming of 1.5°C. [https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15\\_spm\\_final.pdf](https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf). Datum des Zugriffs: 15.01.2020.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE: The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. <https://www.ipcc.ch/srocc/download-report-2/>. Datum des Zugriffs: 15.01.2020.

INTERNATIONAL RESOURCE PANEL: Assessing Global Resource Use – A systems approach to resource efficiency and pollution reduction. A Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. Nairobi. 2017.

JACOB, D.; MÜLLER, C.: Estimating in Heavy Construction – Roads, Bridges, Tunnels, Foundations. Berlin. Wilhelm Ernst & Sohn, 2017.

JANKOWSKI, C.: Der baubetriebliche Anmeldeprozess nach Ril 406 bei der DB ProjektBau GmbH. [https://www-docs.b-tu.de/fg-eisenbahn/public/Lehre/LV/Kolloquium/2011\\_2012/DBAG\\_Jankowski.pdf](https://www-docs.b-tu.de/fg-eisenbahn/public/Lehre/LV/Kolloquium/2011_2012/DBAG_Jankowski.pdf). Datum des Zugriffs: 10.13.2020.

JOHNSON, G.; SCHOLLES, K.; WHITTINGTON, R.: Exploring Corporate Strategy. Essex. Pearson Education Limited, 2008.

JUSSEL, D.: Spurführung. Vorlesungsskriptum. Graz. TU Graz, 2020.

KANDOLF, T.: Systematische Geschäftsmodellentwicklung – Der Weg zum marktfähigen Geschäftsmodell. Hamburg. disserta, 2014.

LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN: Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz (MALBO), Band 20. Leistungsbuch Altlasten und Flächenentwicklung. Essen. 2005.

LANDGRAF, M.: Zustandsbeschreibung des Fahrwegs der Eisenbahn – Von der Messdatenanalyse zum Anlagenmanagement. Dissertation. Graz. Technische Universität Graz, 2016.

LECHNER, H.: Leistungsmodell Ingenieurbauwerke [LM.IB]. Graz. Verlag der Technischen Universität Graz, 2014.

LIEBERENZ, K.; KLÜGEL, S.; KIPPER, R.: Lastabtragung – Allgemeine Grundlagen. <https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/infrastruktur/lastabtragung/allgemeine-grundlagen/>. Datum des Zugriffs: 18.02.2020.

LINSEL, R.; MEIßNER, K.: Schienen und Schienenschweißen. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. Hrsg.: FENDRICH, L.; FENGLER, W.: Berlin. Springer Vieweg, 2019.

MARSCHNIG, S.; VEIT, P.: Nachhaltige Bewirtschaftung der Infrastruktur unter Budgetrestriktionen. In: ZEVrail, 6/7/2012.

MARSCHNIG, S.; VEIT, P.: Life Cycle Management in der Realität. In: ZEVrail, 9/2012.

MARX, L.; MOBMANN, D.; KULLMANN, H.: Arbeitsverfahren für die Instandhaltung des Oberbaues. Heidelberg. Eisenbahn-Fachverlag, 2004.

MATHOI, T.: Neue Projektabwicklungs- und Bauvertragsmodelle. Tagungsband. 3. PM Bau Symposium, 2008.

MEFFERT, H.; BURMANN, C.; KIRCHGEORG, M.: Marketing – Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung. Wiesbaden. Gabler Verlag, 2012.

OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F.: Industrie 4.0 in der Wertschöpfungskette Bau - Ferne Vision oder greifbare Realität?. In: Industrie 4.0: Herausforderungen, Konzepte und Praxisbeispiele. Hrsg.: REINHEIMER, S.: Wiesbaden. Springer, 2017.

ÖSTERREICHISCHE BUNDESBAHNEN (ÖBB): 100% grüner Bahnstrom = neues Kapitel beim Klimaschutz. <https://presse.oebb.at/de/presseinformationen/100-prozent-gruener-bahnstrom-neues-kapitel-beim-klimaschutz>. Datum des Zugriffs: 16.01.2020.

OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.: Business Model Generation – Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer. Frankfurt am Main. Campus Verlag, 2011.

PACHL, J.: Betriebsführung der Infrastruktur. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. Hrsg.: FENDRICH, L.; FENGLER, W.: Berlin. Springer Vieweg, 2019.

PORTER, M. E.: Competitive Advantage – Creating and Sustaining Superior Performance. New York. The Free Press, 1985.

— : Competitive Strategy – Techniques for analyzing industries and competitor. New York. Free Press, 1980.

RASMUSSEN, C. et al.: Tracking down the origin of squats. In: Railway Gazette International, 172/2016.

RECHTSINFORMATIONSSYSTEM DES BUNDES (RIS): Bundesgesetz über Leistungen für Privatbahnen (Privatbahngesetz 2004 – PrivbG). <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20003309>. Datum des Zugriffs: 15.04.2020.

RIEBBERGER, K.: Das Zusammenwirken von Rad und Schiene. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. Hrsg.: FENDRICH, L.; FENGLER, W.: Berlin. Springer-Verlag, 2019.

SCHALLMO, D.: Geschäftsmodell-Innovation. Springer Gabler, 2013.

SCHATTENKIRCHNER, S.: Die Entwicklung des Leasingrechts von Mitte 2009 bis Ende 2011. In: Neue Juristische Wochenschrift: NJW, 4/2012.

SCHIENEN CONTROL: Infrastrukturbenutzungsentgelt. [www.schienencontrol.gv.at/de/IBE.html](http://www.schienencontrol.gv.at/de/IBE.html). Datum des Zugriffs: 10.02.2020.

SCHIENEN CONTROL: Liberalisierung braucht Kontrolle. <https://www.schienencontrol.gv.at/de/wettbewerbsregulierung.html>. Datum des Zugriffs: 20.04.2020.

SCHMIDL, A.; THEUERMANN, C.; MAIER, A.: Rechnungswesen, Steuern und Betriebswirtschaft in der Bauwirtschaft. Wien. Linde Verlag, 2019.

SCHÖNENBERGER, T.: General- und Totalunternehmer-Konstellationen: Risiken und Fallstricke für den Bauherrn. <https://www.bratschi.ch/fileadmin/daten/dokumente/newsletter/2012/04/artikelPDF-336.pdf>. Datum des Zugriffs: 20.04.2020.

SCHWARZ, H.: Umweltschutz. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. Hrsg.: FENDRICH, L.; FENGLER, W.: Berlin. Springer Vieweg, 2019.

SIEFER, T.; LÜCKING, L.: Systemanalyse von Weichenumbaumaschinen. In: EI – Eisenbahningenieur (57), 6/2006.

TINKHOF, O. M. et al.: Entwicklung einer praxisorientierten replizierbaren Rückbaustrategie zur Forcierung des verwertungsorientierten Rückbaus. Bericht. Wien. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2016.

UMWELTBUNDESAMT: Berechnung der Lebenszykluskosten. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltfreundliche-beschaffung/berechnung-der-lebenszykluskosten>. Datum des Zugriffs: 06.01.2020.

UMWELTBUNDESAMT: Emissionsdaten. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#textpart-1>. Datum des Zugriffs: 16.01.2020.

VDI-FACHBEREICH FABRIKPLANUNG UND -BETRIEB: VDI 2884 Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von Life Cycle Costing (LCC) 2005-12. VDI-Richtlinie. 2005.

VEIT, P.: Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsrechnungen. Vorlesungsskriptum. St. Pölten. University of Applied Sciences, 2016.

— : Fahrweginstandhaltung – Theorie und Praxis. [https://online.tugraz.at/tug\\_online/voe\\_main2.getvolltext?pCurrPk=71516](https://online.tugraz.at/tug_online/voe_main2.getvolltext?pCurrPk=71516). Datum des Zugriffs: 14.01.2020.

— : Instandhaltung und Anlagenmanagement des Fahrwegs. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur. Hrsg.: FENDRICH, L.; FENGLER, W.: Berlin. Springer Vieweg, 2019.

VEIT, P.; LANDGRAF, M.: Life Cycle Management Railway Infrastructure. Vorlesungsfolien. Graz. Technische Universität Graz, 2020.

VEIT, P.; MARSCHNIG, S.: PlanBudget. ÖBB Infrastruktur AG Projektbericht. Graz. 2011.

VEIT, P.; PETRI, K.: Betriebserschwerungskosten – ein Baustein zur Systemoptimierung . In: ZEVrail, 5/2008.

VIDOVIC, I.: Railway Infrastructure Condition Monitoring and Asset Management – The Case of Fibre Optic Sensing. Dissertation. Graz. Technische Universität Graz, 2020 (Veröffentlichung ausstehend).

WALL, J. et al.: Auswirkung der Energiepolitik auf die Bauwirtschaft – Implementierung von Nachhaltigkeitsanforderungen in die Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen. In: 13. Symposium Energieinnovation. Hrsg.: Graz. Technische Universität Graz, 2014.

WEBER, W.; KABST, R.; BAUM, M.: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. Wiesbaden. Springer Fachmedien, 2014.

WELGE, M. K.; AL-LAHAM, A.; EULERICH, M.: Strategisches Management – Grundlagen - Prozess - Implementierung. Wiesbaden. Springer Gabler, 2017.

WIRTSCHATSKAMMER ÖSTERREICH (WKO): Kartellrecht in Österreich. <https://www.wko.at/service/wirtschaftsrecht-gewerberecht/Kartellrecht.html>. Datum des Zugriffs: 20.03.2020.

WORTHINGTON, I.; BRITTON, C.: The Business Environment. Essex. Pearson Education Limited, 2006.

ZECHMEISTER, A. et al.: Klimaschutzbericht 2016 . Wien. Umweltbundesamt, 2016.

ZEBOLD, C.: Lebenszykluskostenrechnung. Wiesbaden. Springer Fachmedien, 1996.



WISSEN ▪ TECHNIK ▪ LEIDENSCHAFT



Institut für Eisenbahnwesen  
und Verkehrswirtschaft  
Technische Universität Graz  
Rechbauerstrasse 12/II  
8010 Graz  
+43 316 873 6216  
office.ebw@tugraz.at  
▶ [www.ebw.tugraz.at](http://www.ebw.tugraz.at)