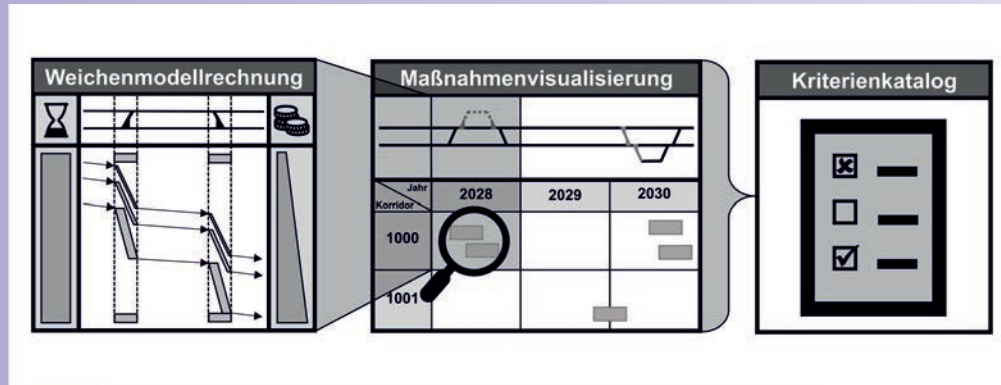


SEBASTIAN KANTORSKI



Modellbasierte Planung von Weicheninstandsetzungsmaßnahmen für eine transparente Sperrzeiteffizienzanalyse

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Impressum:

Wissenschaftliche Arbeit Nr. 81 des Instituts für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Kantorski, Sebastian, „Modellbasierte Planung von Weicheninstandsetzungsmaßnahmen für eine transparente Sperrzeiteffizienzanalyse“,
Dissertation 20.01.2025

ISBN 978-3-96245-278-0

Copyright© 2025

bei GRT Global Rail Academy and Media GmbH, Werkstättenstraße 18,
D-51379 Leverkusen, Telefon: +49 (0) 40 228 679 500, E-Mail: office@globalrailmedia.com

Alle Rechte der Verbreitung und Wiedergabe vorbehalten. Übersetzungen in eine andere Sprache, Nachdruck und Vervielfältigungen – in jeglicher Form und Technik, auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags gestattet.

Eine Publikation von



TrackoMedia ist die Verlagsmarke der
GRT Global Rail Academy and Media GmbH.

WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN

des Instituts für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb
Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

Nr. 81

**Modellbasierte Planung von
Weicheninstandsetzungsmaßnahmen
für eine transparente Sperrzeiteffizienzanalyse**

Sebastian Kantorski

2025

Von der Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig
zur Erlangung des Grades
eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Dissertation

Eingereicht am: 25. Juni 2024

Disputation am: 20. Januar 2025

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Siefer

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Patrick Schwerdtner

Vorwort

Das Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb (IVE) befasst sich seit vielen Jahren mit Fragen des Eisenbahnoberbaus und den Möglichkeiten diesen kostengünstig und gut planbar instand zu halten. Die vorliegende Arbeit ist im Rahmen mehrjähriger Forschungstätigkeit an der Hochschule und Praxistätigkeit in einem befreundeten Ingenieurbüro entstanden.

Die Eisenbahninfrastruktur soll ständig verfügbar sein. Notwendige Instandhaltungsmaßnahmen schränken die Verfügbarkeit aber immer stärker ein. Dieser Konflikt beim Eisenbahnfahrweg wurde besonders in den letzten Jahren immer offensichtlicher. Die Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) müssen den Nutzern eine anforderungsgemäße, betriebsfähige Infrastruktur zur Verfügung stellen, damit ein sicherer Betrieb gewährleistet werden kann. Hierfür muss der Fahrweg in bestimmten Intervallen instandgehalten werden. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf den Weichen, die wegen der vorhandenen beweglichen Teile eine deutlich kürzere Lebensdauer als die anderen Bestandteile des Oberbaus aufweisen.

Gleisbaumaßnahmen müssen exakt geplant sein, um die entstehenden Betriebs Einschränkungen zu bestimmen und zeitlich einhalten zu können. Da die finanziellen Mittel der EIU begrenzt sind gilt es Verfahren zu identifizieren, wie Gleisbaumaßnahmen wirtschaftlich durchgeführt werden können. Auf der einen Seite steht die operative Bauablaufplanung mit ihrer Vielzahl individueller Eingangsgrößen, die aus den zu berücksichtigenden Bauverfahren, örtlichen, logistischen und betrieblichen Randbedingungen sowie sonstigen bautechnischen Besonderheiten resultieren. Sie machen dadurch jede Baustelle für sich einzigartig. Auf der anderen Seite steht die von einer stetig wachsenden Nachfrage im Bauwesen bedingte strategische Forderung und Notwendigkeit einer langfristigen Effizienzsteigerung.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird ein parametrisiertes Modell entwickelt mit dessen Hilfe komplexe Planungen von Gleisinstandhaltungsmaßnahmen differenziert nachgebildet und somit ein standardisierter Vergleichsmaßstab zur effizienten Planung und Prüfung von Gleisbaustellen geschaffen wird. Um die dazu vom Modell geprüften Lenkungs- bzw. Steuerungshebel zur Effizienzsteigerung identifizieren, transparent darstellen und in eine praktische Anwendbarkeit überführen zu können, wird in diesem Zusammenhang die Visualisierungsmöglichkeit in Form einer verknüpften Übersichtsdarstellung der örtlich betroffenen Gleisinfrastruktur mit den zeitlich geplanten Instandhaltungsmaßnahmen vorgestellt, welche auf diese Weise zugleich zur Informationsversorgung und Projektsteuerung dient. Im Rahmen der Modellentwicklung wird die Arbeit gezielt auf die Instandsetzung von Weichen fokussiert.

Danksagung

Diese Dissertation ist während meiner Elternzeit entstanden – in einer Lebensphase voller tiefgreifender Veränderungen, neuer Prioritäten und täglicher Herausforderungen. Das Spannungsfeld zwischen wissenschaftlicher Konzentration und familiärer Verantwortung war nicht immer leicht zu bewältigen. Umso mehr danke ich all jenen, die mich in dieser Zeit unterstützt und zur Realisierung dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein tief empfundener Dank gilt zu allererst meiner Tochter Elisa. Ihre ausgeglichene und unkomplizierte Art hat die Vereinbarkeit von wissenschaftlicher Tätigkeit und Familienleben erheblich erleichtert. Sie war nicht nur der Anlass für meine Elternzeit, sondern hat diesen Lebensabschnitt in ganz besonderer Weise geprägt.

Sehr herzlich danke ich meinem Betreuer, Herrn Professor Thomas Siefer, für seine fachliche Begleitung und Expertise, sein stets offenes Ohr und das mir entgegengebrachte Vertrauen. Die Freiheit, inhaltliche und methodische Schwerpunkte eigenständig setzen zu können, bildete für mich die Grundlage für die erfolgreiche Umsetzung dieser Arbeit.

Ebenso danke ich meinem Zweitgutachter, Herrn Professor Patrick Schwerdtner, für seine kritischen Anmerkungen und konstruktiven Hinweise, die diese Arbeit wesentlich bereichert und vorangebracht haben.

Mein Dank gilt auch allen aktuellen und ehemaligen IVE-Kolleginnen und -Kollegen für den fachlichen Austausch und die stets angenehme Zusammenarbeit. Besonders hervorheben möchte ich Herrn Dirk Lillie für die zahlreichen konstruktiven Diskussionen, die kollegiale Unterstützung und die freundschaftliche Arbeitsatmosphäre. Herrn Christoph Schütze danke ich für seine hilfreichen Anregungen und den kritischen Blick auf meinen Disputationsvortrag im Vorfeld der Verteidigung.

Von Herzen danke ich meiner Frau Lea Domke für ihre beständige Unterstützung, Geduld und Ermutigung während des gesamten Entstehungsprozesses dieser Dissertation. Sie hat mir nicht nur den nötigen Freiraum verschafft, mich dieser Aufgabe zu widmen, sondern mit ihrem sorgfältigen Lektorat auch ganz praktisch zum Gelingen beigetragen.

Schließlich gilt mein großer Dank meinen Eltern, deren verlässliche und liebevolle Betreuung unserer Tochter maßgeblich dazu beigetragen hat, diese Arbeit zu ermöglichen. Ihr tatkräftiger Einsatz – an vielen Wochenenden und immer dann, wenn Hilfe gebraucht wurde – hat mir Zeit und Ruhe gegeben, mich auf diese Aufgabe einzulassen.

Diese Dissertation ist inmitten des alltäglichen Lebens entstanden – unterstützt von Menschen, die mir in dieser Zeit den Rücken gestärkt haben. Ihnen allen gilt mein aufrichtiger Dank.

Kurzfassung

Korrespondierend zu einem sowohl gegenwärtig als auch zukünftig stetig steigenden Investitions- beziehungsweise Bauvolumen im Schienenverkehrssektor nimmt der zur Bauausführung im Gleisbau benötigte Sperrzeitbedarf ebenso deutlich zu. Um vor diesem Hintergrund den im Eisenbahnwesen bestehenden ständigen Zielkonflikt zwischen den Anforderungen aus Fahren und Bauen zu harmonisieren, werden in der vorliegenden Arbeit dynamische Verfahren und Instrumente zur Sperrzeiteffizienzanalyse mit folgender Fragestellung beziehungsweise Zielsetzung untersucht:

„Wie können die Sperrzeiteffizienz bei der Planung im Gleisbau optimiert und in Kombination die identifizierten Steuerungsmaßnahmen transparent visualisiert werden?“

Zur Problemlösung werden in Anlehnung an die funktionalen Kernaufgaben des Controllings sowie unter Verwendung methodischer Grundlagen zur modellbasierten Gleisbaustellenplanung und -visualisierung zwei voneinander abhängige, aber ebenso ergänzende Werkzeuge als Hilfsmittel für die Gleisbaupraxis entwickelt: Auf der einen Seite dient für den ausgewählten Anwendungsfall von Weicheninstandsetzungsmaßnahmen eine Sperrzeitenmodellrechnung zur Planung und Kontrolle beziehungsweise Effizienzprüfung; andererseits werden identifizierte Lenkungs- beziehungsweise Steuerungshebel zur Sperrzeitenoptimierung in einer Maßnahmenvisualisierung graphisch anschaulich präsentiert. Die Umsetzung erfolgt in Form einer verknüpften Übersichtsdarstellung der örtlich betroffenen Gleisinfrastruktur mit den zeitlich geplanten Baumaßnahmen und dient auf diese Weise zur transparenten Informationsversorgung der am Bau beteiligten Personen.

Für eine praktische Anwend- und Umsetzbarkeit werden die taktisch geprägten Instrumente zur Planung, Prüfung und Visualisierung von Weicheninstandsetzungsmaßnahmen bezüglich ihrer methodischen Ausprägung zur Prozessoptimierung anhand der größten europäischen Eisenbahninfrastrukturbetreiberin im Rahmen einer Wirkungsanalyse mit Vorher-Nachher-Vergleich qualitativ validiert. Die von den entwickelten Werkzeugen erzeugten Ergebnisse in Form einer modellbasierten Bau- beziehungsweise Sperrzeiten- und -kostenberechnung werden durch eine Gegenüberstellung mit den derzeit zur Vorplanung nutzbaren Kennzahlen sowie anonymisierten Praxisprojekten quantitativ verifiziert.

Als Ausblick werden Einsatzfelder für eine weitere Entwicklung, flexible Alternativnutzung oder praktische Umsetzung der vorgestellten Werkzeuge und Methode skizziert bevor im Fazit die Sperrzeiteffizienzanalyse als ganzheitliche Methode zur effizienten Baustellenorganisation zusammengefasst wird.

Abstract

Considering the constant increase of investment and construction volume in the rail infrastructure sector, both now and in the future, the track possession time required for track construction works is rising accordingly. With this background, and in order to harmonise the constant conflict of targets between the requirements of operation and construction in the railway sector, dynamic procedures and instruments for the analysis of track possession time efficiency are presented in this study with the following question and objective:

“How can the track possessions time efficiency in planning of track works be optimised and, in combination, the identified controlling measures be transparently visualised?”

For this purpose, two interdependent but also complementary tools are developed as an aid for track construction practice, based on the functional core tasks of controlling and using the methodological principles of model-based track construction site planning and visualisation: On the one hand, a track possession time model calculator is used for planning and control or efficiency review with the selected use case of turnout replacement works; on the other hand, the steering and control factors identified for optimising track possession times are detected and presented graphically in a procedure viewer. The implementation consists of a linked overview of the locally affected track infrastructure objects with the planned construction works schedule, and thus, also serves as a transparent information source for the persons involved in the construction process as a defined stakeholder and target group.

For practical usability, the tactical tools for planning, reviewing and visualising turnout reconstruction works will be qualitatively validated with regard to their methodological characteristics and effectiveness, as well as process optimisation, on the basis of the largest European rail-way infrastructure manager within the framework of an impact analysis with a before-after comparison. The results generated by the developed tools, in the form of a model-based calculation of construction and track possession times and costs, are quantitatively verified by comparison with the performance measurement indicators that are currently available for estimation, and with plans from anonymised practical projects.

For the future, other potential scenarios for a redevelopment, flexible alternative usage or more practical implementation of the introduced tools are presented as an outlook. In conclusion, the track possession time efficiency analysis is summarised as a comprehensive method for organising construction sites more efficiently.

Inhaltsverzeichnis

Seite

Abkürzungsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XI
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung	3
1.3 Durchführung.....	4
2 Grundlagen	7
2.1 Planung von Gleisbaumaßnahmen	7
2.1.1 Funktionale Grundlagen und Aufgaben des Baustellen-Controllings	8
2.1.1.1 Steuerung	11
2.1.1.2 Planung und Kontrolle.....	11
2.1.1.3 Informationsversorgung	12
2.1.2 Zeitliche Ebenen im Projektmanagement.....	13
2.1.2.1 Strategische Langfristplanung.....	13
2.1.2.2 Operative Kurzfristplanung.....	14
2.1.2.3 Taktische Mittelfristplanung.....	14
2.1.3 Gesetzesgrundlagen, Richtlinien, Arbeitsanweisungen und Leitfäden ..	15
2.1.3.1 Allgemeine LPH gemäß HOAI	17
2.1.3.2 Zuständigkeiten und Projektablauf gemäß Ril 809.....	19
2.1.3.3 Bautechnische Planung gemäß Ril 823	22
2.1.3.4 Baubetriebliche Anmeldung gemäß Ril 406	24
2.1.3.5 Standardsperrzeit und Bauzeitenkatalog als Referenzwertgeber	27
2.2 Instandhaltung der Eisenbahninfrastruktur	30
2.2.1 Weichenregelbauarten zur Standardisierung	32
2.2.2 Weichenanordnung zur Spurplangestaltung.....	36
2.2.3 Arbeitsverfahren zur Instandhaltung von Weichen	37
2.2.3.1 Weichenschmierung zur Wartung	37
2.2.3.2 Weichenprüfung zur Inspektion.....	38
2.2.3.3 Weichenerneuerung zur Instandsetzung	38

2.3	Transparente Visualisierung der Gleisbaustellenplanung.....	42
2.3.1	Bautechnische Visualisierung der Bauablaufplanung.....	43
2.3.1.1	Termin- bzw. Tätigkeitsliste als Tabelle	43
2.3.1.2	Gantt-Chart als Balkenplan.....	44
2.3.1.3	Zyklogramm als Weg-Zeit-Diagramm.....	45
2.3.2	Baubetriebliche Visualisierung der Sperrzeitenplanung	47
2.3.3	Methoden und Hebel zur Sperrzeitenoptimierung im Gleisbau	48
2.4	Modellbildung, Standardisierung und Simulation im Gleisbau.....	50
2.4.1	Systemidentifikation als Simulations- bzw. Referenzmodell	51
2.4.2	Segmentierung zur Standardisierung durch Clusteranalyse.....	52
2.4.3	Softwareentwicklungsprozess nach „ <i>Simulationspipeline</i> “	53
2.5	Analyse der Effizienz von Gleisbaustellen.....	54
2.5.1	Begriffsabgrenzung der Effektivität, Effizienz, Kapazität und Produktivität.....	55
2.5.2	Effizienzmessverfahren zur Input-Output-Analyse	56
2.5.3	Differenzierte Ausgangsgrößendefinition.....	57
2.5.3.1	Qualität.....	57
2.5.3.2	Termine.....	58
2.5.3.3	Kosten.....	59
3	Untersuchung.....	60
3.1	Weichenmodellrechnung zur Planung und Prüfung.....	61
3.1.1	Input der Weichenmodellrechnung.....	62
3.1.1.1	Auswahl der Weichenanzahl und -lage	62
3.1.1.2	Auswahl der Weichenart	64
3.1.1.3	Auswahl der Entfernungen für Fahrten zum Lager- und Montageplatz	65
3.1.1.4	Auswahl der Nutzbarkeit von Nachbargleis oder Baustraße ...	66
3.1.1.5	Auswahl von Zusatzarbeiten	66
3.1.2	Transformation der Weichenmodellrechnung.....	67
3.1.2.1	Definition der Bautechnik	69
3.1.2.2	Definition der Standardbauabläufe und Leistungsansätze	70
3.1.2.3	Definition der Wagenanzahl, Aufstelllängen und Pendelverkehre.....	73
3.1.2.4	Definition der Personal- und Gerätekosten	75
3.1.3	Output der Weichenmodellrechnung	78
3.1.3.1	Berücksichtigung von Beschleunigungsmaßnahmen.....	78
3.1.3.2	Berücksichtigung von Bahnbetriebsauswirkungen.....	81

3.1.3.3	Berücksichtigung von Betriebserschwerungs- und Zusatzkosten.....	82
3.1.4	Zusammenfassung der Weichenmodellrechnung	83
3.2	Maßnahmenvisualisierung zur Steuerung und Informationsversorgung.....	84
3.2.1	Visualisierung der Infrastrukturübersicht	84
3.2.1.1	Input der Infrastrukturübersicht	85
3.2.1.2	Transformation der Infrastrukturübersicht	85
3.2.1.3	Output der Infrastrukturübersicht	85
3.2.2	Visualisierung der Maßnahmenübersicht	86
3.2.2.1	Input der Maßnahmenübersicht	86
3.2.2.2	Transformation der Maßnahmenübersicht	86
3.2.2.3	Output der Maßnahmenübersicht	87
3.2.3	Zusammenfassung der Maßnahmenvisualisierung	87
3.3	Kombination von Weichenmodellrechnung und Maßnahmenvisualisierung zur Sperrzeiteffizienzanalyse.....	88
3.3.1.1	Input der Sperrzeiteffizienzanalyse	89
3.3.1.2	Transformation der Sperrzeiteffizienzanalyse	89
3.3.1.3	Output der Sperrzeiteffizienzanalyse	92
3.3.2	Zusammenfassung der Sperrzeiteffizienzanalyse	93
4	Auswertung	94
4.1	Methodenvalidierung	95
4.1.1	Qualitative Prüfung und Bewertung der Sperrzeiteffizienzanalyse	96
4.1.2	Qualitative Prüfung und Bewertung der Weichenmodellrechnung	98
4.1.3	Qualitative Prüfung und Bewertung der Maßnahmenvisualisierung	100
4.2	Ergebnisverifikation	102
4.2.1	Quantitative Prüfung und Bewertung der Sperrzeitenmodellrechnung	103
4.2.2	Quantitative Prüfung und Bewertung der Kostenmodellrechnung	106
4.2.3	Quantifizierbare Prüfung und Bewertung der Effizienzkriterien	109
5	Ausblick	110
5.1	Zukünftiger Forschungsbedarf zur Weichenmodellrechnung	111
5.1.1	Erweiterung von Eingangsgrößen der Weichenmodellrechnung.....	111
5.1.2	Konsolidierung von Prozessgrößen der Weichenmodellrechnung	111
5.1.3	Alternativnutzung von Ausgangsgrößen der Weichenmodellrechnung	111
5.2	Zukünftiger Forschungsbedarf zur Maßnahmenvisualisierung	112
5.2.1	Konsolidierung von Eingangsgrößen der Maßnahmenvisualisierung..	112

5.2.2	Erweiterung von Prozessgrößen der Maßnahmenvisualisierung	112
5.2.3	Alternativnutzung von Ausgangsgrößen der Maßnahmenvisualisierung.....	112
5.3	Praktische Handlungsempfehlungen zur Sperrzeiteffizienzanalyse	113
6	Zusammenfassung	114
	Literaturverzeichnis	116
	Anhang.....	128

1 Einleitung

„Jede Baustelle ist ein Unikat.“¹ ([64])

„Effizienzsteigerung durch Modularisierung und Standardisierung“² ([106])

Diese zunächst gegensätzlichen Aussagen spiegeln eine gemeinsame Herausforderung bei der effizienten Planung und Prüfung von Baustellen wider:

Auf der einen Seite steht die operative Bauablaufplanung mit ihrer Vielzahl individueller Eingangsgrößen, die aus den zu berücksichtigenden Bauverfahren, örtlichen, logistischen und betrieblichen Randbedingungen sowie sonstigen bautechnischen Besonderheiten resultieren. Sie machen dadurch jede Baustelle für sich einzigartig. Auf der anderen Seite steht die von einer stetig wachsenden Nachfrage im Bauwesen bedingte strategische Forderung und Notwendigkeit einer langfristigen Effizienzsteigerung. Ausgehend von den Methoden eines „*schlanken*“ Lean Projektmanagements kann dies unter anderem durch eine Modularisierung und Standardisierung von Bauprozessen beginnend mit der Planungsphase ermöglicht werden. Die auf diese Weise modellgestützt geplanten Baustellen können somit vergleichend bewertet sowie darauf aufbauend hinsichtlich ihrer Effizienz geprüft und optimiert werden.

1.1 Problemstellung

Das einleitend genannte Spannungsfeld aus zu berücksichtigenden Einflüssen operativer Baustellenbesonderheiten im Einzelnen und strategischer Effizienzplanung, -prüfung und -steigerung im Allgemeinen findet sich auch im Gleisbau wieder. Aufgrund der infrastrukturabhängigen Zwangspunkte und möglichen Beeinflussung durch den Bahnbetrieb stellen die schienengebundenen Bauverfahren sowie insbesondere ihre zugehörige Baustellenlogistik sowohl die ganzheitliche Planung als auch vergleichende Bewertung und Optimierung vor besondere Herausforderungen. Jede Baustelle muss aufgrund ihrer spezifischen Eingangsgrößen (vergleiche (vgl.) [135], S. 2 f.) individuell geplant werden, wodurch ein pauschales, auf einem Kennzahlensystem (vgl. [128]) oder vorgegebenen Referenzwerten basiertes Schema zur Effizienzprüfung der Baustellenplanung zu unspezifisch ist.

Angesichts einer zuletzt – mit Ausnahme der unmittelbaren Auswirkungen der COVID-19-Pandemie (engl.: „*coronavirus disease*“) – stetig wachsenden Betriebsleistung in Trassenkilometer (Trkm) pro Jahr im Schienenverkehr in Deutschland (vgl. [18], S. 64) und aktuell strategischen Verkehrswende beziehungsweise (bzw.) -verlagerung auf die Bahn zur Erreichung der Klimaziele sowie zukünftigen Steigerung der Investitionen der DB Netz AG in die Schiene zwischen 2020 bis 2030 um prognostiziert **+55 %** (vgl. [71], S. 4) ist eine

¹ Joseph Dörmann vom Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik zu den Besonderheiten der Bau-logistik

² Stefan Lossau zur Realisierung strategischer Kostenvorteile mit Hilfe von Standardisierung und Modularisierung über alle Lebenszyklus-Phasen der Leit- und Sicherungstechnik

Baueffizienzplanung und -prüfung zur Optimierung der gleichzeitig zunehmenden Bau- bzw. Sperrzeiten im Gleisbau durch Weiterentwicklungen im Bereich der Baustellenplanung zwingend erforderlich. So soll der ständige Zielkonflikt zwischen Fahren und Bauen entsprechend den Anforderungen der 2018 von der DB Netz AG mit dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) beschlossenen Strategie „Starke Schiene“ (vgl. [17]; [51]) harmonisiert werden, denn:

„Das Zusammenspiel zwischen Planung und Baubetriebsplanung wird in Zeiten von immer mehr Baumaßnahmen und dem geplanten gestiegenen Investitionsvolumen immer relevanter.“¹
 ([135], S. 130)

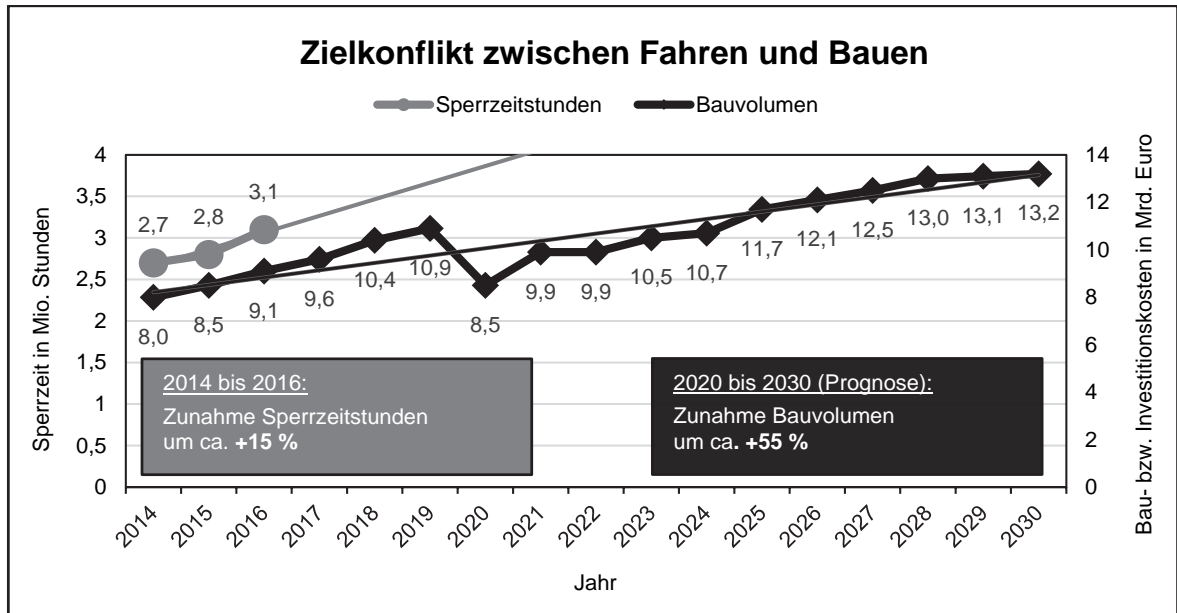


Abbildung 1: Vergleich Sperrzeitstunden zu Bauvolumen zwischen 2014 bis 2030 der DB Netz AG
 Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an [71], S. 4; [100], S. 4

Die für eine vergleichende Sperrzeiteneffizienzanalyse von Planungsleistungen benötigten Grundlagen in Form einer Prozessmodularisierung und -standardisierung wurden bei der DB Netz AG vor knapp 20 Jahren von externen Beratungsfirmen aus dem Bereich des Lean Projektmanagements erstmals vorgestellt. Für die planbaren Instandhaltungsmaßnahmen stellte dies eine Innovation zur „Effizienzsteigerung in der Instandhaltung von Eisenbahnanlagen“² dar ([65]; vgl. [146]; [147]). Seit Januar 2019 laufen bei der DB Netz AG darauf aufbauend Vorbereitungen für eine umfassende Einführung einer „Standardisierung und Digitalisierung der Arbeitsvorbereitung und -durchführung in der Instandhaltung (Projekt OPEX SPI (=Operative Exzellenz Standardisierung Produktionssystem Instandhaltung))“³ ([31], S. 22).

¹ Konrad Spang zu den Voraussetzungen für die Planung von Schieneninfrastrukturprojekten
² Peter Dumler von der proLean Consulting AG über Maßnahmen zur Effizienzsteigerung durch Modularisierung der Instandhaltungstätigkeiten und Änderung der Arbeitsorganisation
³ DB Netz AG in ihrem Geschäftsbericht 2018 zu ihren strategischen Schwerpunkten im Jahr 2018

3.1.1.2 Auswahl der Weichenart

Die zur Weichenmodellrechnung hinterlegte Auswahl an Weichenarten wird anhand der Grundlagen bzgl. der Weichenregelbauarten aus Kapitel 2.2.1 hergeleitet. Entsprechend dieser Auswertung werden die maßgeblichen Eingangsparameter zur Sperrzeiteffizienzanalyse in Abgleich mit den in Anhang 1 analysierten Vergabeunterlagen der DB Netz AG auf die in Tabelle 12 zusammengefassten **drei Weichentypen** praxisgerecht abgegrenzt.

Für die automatisierte Planung, Prüfung und Visualisierung im WZ-Diagramm sind in diesem Zusammenhang wie in Tabelle 12 gezeigt für das Modell primär die je Weichenart ermittelte **Umbaulänge** als zu berücksichtigende Wegkomponente für die in Kapitel 3.1.2.2 definierten Arbeitsgänge sowie zur Berechnung der Sperrzeiten und davon ableitbaren Kosten relevant. Im Modell wird vom Weichen- bzw. Baustellenanfang aus der Bereich für die Umbautätigkeiten bestimmt. Dieser ist abhängig von den spezifischen geometrischen Längen der drei Weichengroßteile sowie dem Endteil. Für die Weichenstopfarbeiten im Stamm- und Zweiggleis wird hingegen gemäß Kapitel 2.2.1 die **Leistungslänge** als Vergleichsgröße angesetzt. Da diese grob der doppelten Umbaulänge entspricht, wird im Modell für die Stopfarbeiten einheitlich der bloße Umbaubereich als Bezugsort definiert und die eigentliche Arbeitsleistung demgegenüber halbiert, um den tatsächlichen Zeitbedarf darzustellen. Bogenweichen wie in dem Anwendungsbeispiel aus Tabelle 32 in Anhang 1 werden im Modell durch EW abgebildet, da sie aus der zugehörigen Weichengrundform hergestellt bzw. „gebogen“ werden (vgl. [7], S. 43 f.).

Bei vormontierter Weichenlieferung wird über das Gewicht der Weichengroß- und Endteile der im Modell als **Standardhebezeug** benutzte EDK dimensioniert (s. Anh. 4, Abb. 40, 41 und 42). Die Teileanzahl dient zur Planung der notwendigen **Schweißungen** sowie Transportfahrten. Die dabei zurückzulegenden Entfernungen werden nachfolgend zur Auswahl definiert.

Tabelle 12: Übersicht zur Auswahl der Weichenart im Modell

	EW 60-300-1:9	EW 60-500-1:12	EW 60-1.200-1:18,5
aus den Grundlagen	<ul style="list-style-type: none"> drei Weichengroßteile mit einer geometrischen Gesamtlänge von 33,230 m <u>Weichenteil</u> mit einer Länge von 7,065 m <p>→ 40,3 m Umbaulänge insgesamt → 81 m Leistungslänge → 14 Schweißungen + 4 für Endteil → Hebezeug leichter 50 t EDK</p>	<ul style="list-style-type: none"> drei Weichengroßteile mit einer geometrischen Gesamtlänge von 41,594 m <u>Weichenteil</u> mit einer Länge von 10,669 m <p>→ 52,3 m Umbaulänge insgesamt → 105 m Leistungslänge → 14 Schweißungen + 4 für Endteil → Hebezeug mittlerer 80 t EDK</p>	<ul style="list-style-type: none"> drei Weichengroßteile mit einer geometrischen Gesamtlänge von 64,818 m <u>Weichenteil</u> mit einer Länge von 16,039 m <p>→ 80,9 m Umbaulänge insgesamt → 163 m Leistungslänge → 14 Schweißungen + 4 für Endteil → Hebezeug schwerer 100 t EDK</p>
im Modell			

Quelle: eigene Darstellung

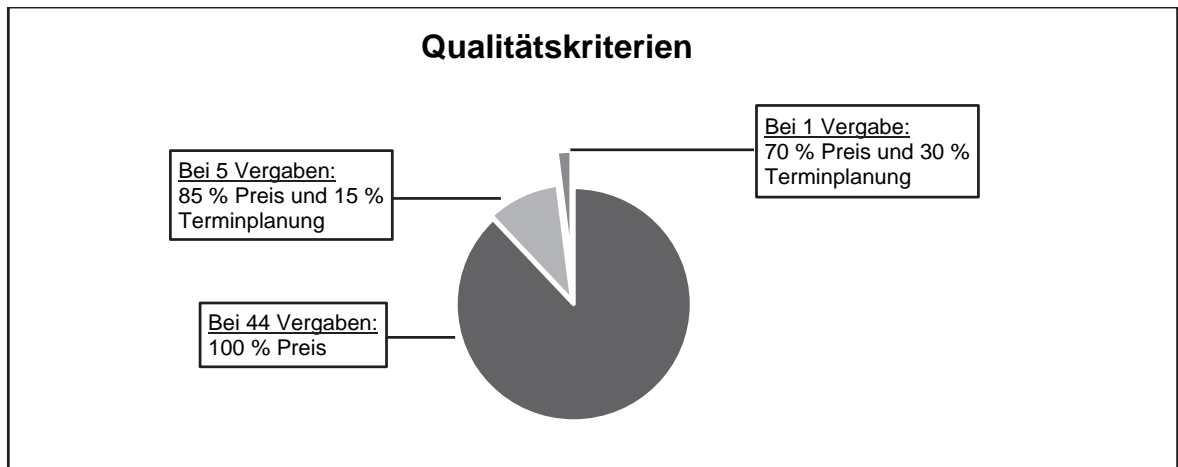


Abbildung 36: Auswertung offener Vergaben der DB Netz AG zu Qualitätskriterien
 Quelle: eigene Darstellung durch Auswertung von [27], Zugriff am: 03.03.2023

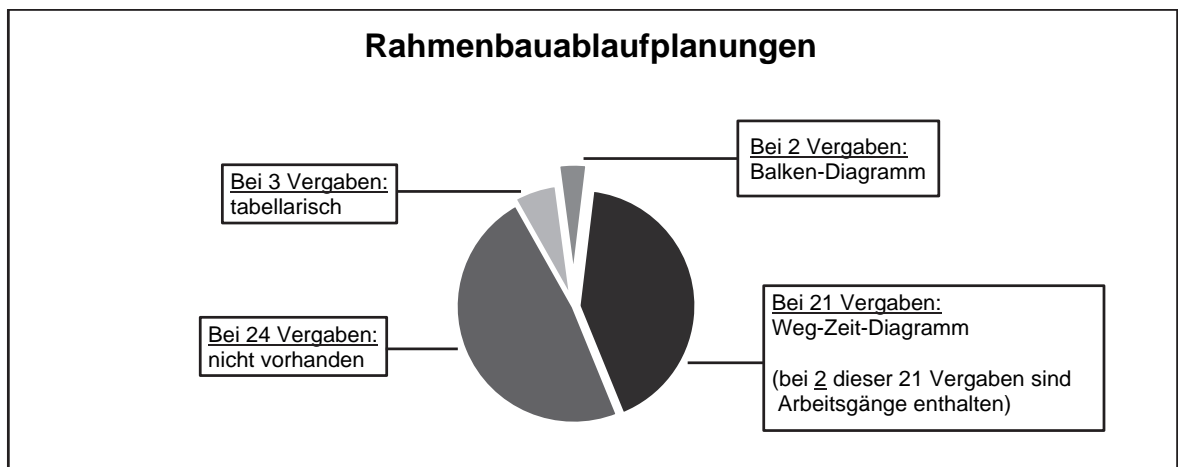


Abbildung 37: Auswertung offener Vergaben der DB Netz AG zu Rahmenbauablaufplanungen
 Quelle: eigene Darstellung durch Auswertung von [27], Zugriff am: 03.03.2023

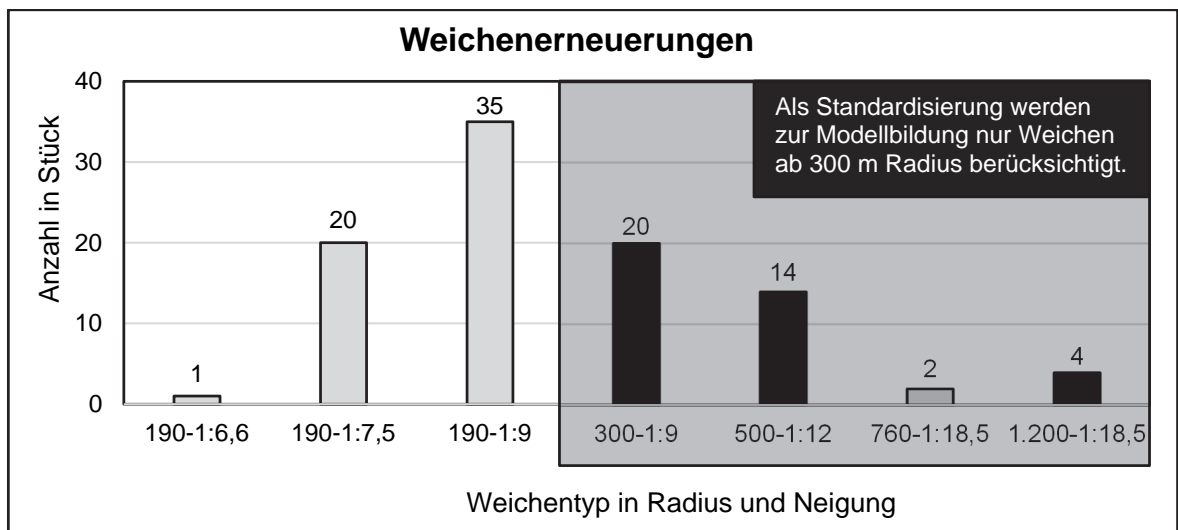

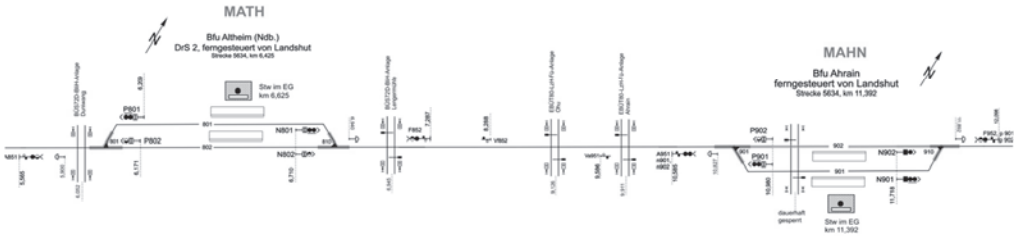
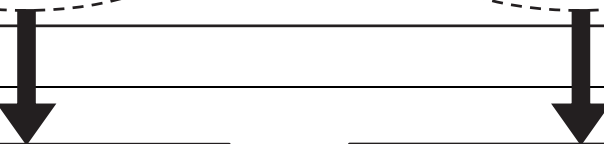
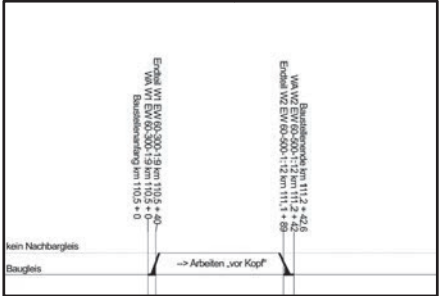



Abbildung 38: Auswertung offener Vergaben der DB Netz AG zu Weichenerneuerungen
 Quelle: eigene Darstellung durch Auswertung von [27], Zugriff am: 03.03.2023

Tabelle 32: Rahmenbauablaufplan der DB Netz AG als Vorlage vergleichend zur Modellrechnung

aus der Praxisvorlage	<p> Baustellennr.: G.016180398 G.016180401 G.016181639 </p> <p> Strecke: 5634 Landshut Hbf - Bayerisch Eisenstein </p> <p> Baustelle: WE Altheim W 801 + 810 GE Ahrain Gl. 902 und WE Ahrain W 910 WE Ahrain W 901 </p> <p> Beschreibung: Rahmenterminplan </p>	<p>Stand: 13.02.2023</p> <p>Bearbeiter: AI</p> 
		
<p> Untertitel Sperrung Sdg A851 (km 5,965) bis Sdg A (km 16,448) Sperrung Sdg P902 (km 11,980) bis Sdg N902 (km 11,781) Sperrung von Sdg A851 (km 5,965) bis Sdg P902 (km 11,781) Logistisches Weichen (GI 3) Sd 801 Sperrung mit SdZ ab Höhe Sdg P801 bis N801 Logistisches Weichen (GI 3) Logistisches Landshut (GI 8394) und Pfaffing (GI 72, 426, 427) Datum </p>	<p>Anmerkungen:</p> <ol style="list-style-type: none"> Weichenanzahl und -lage aus der Praxisvorlage als Aneinanderreihung von 2x „Fall 2a“ gemäß Tabelle 11 im Modell Weichenart W 801: EW 60-300-1:9, W 810: EW 60-500-1:12 W 901: IBW 60-500-1:12 und W 910: EW 60-500-1:12 aus der Praxisvorlage, als W 801: EW 60-300-1:9 und W 810+W 901+W 910: EW 60-500-1:12 im Modell 1.257 m GE auf Gl. 902 zwischen W 901 und W 910 aus der Praxisvorlage als zusätzliche konventionelle Gleiserneuerung im Modell kein Nachbargleis → Arbeiten „vor Kopf“ 	<p>Sd 902 (km 17,0 + 0)</p>
im Modell		
		

Quelle: [27] bzw. Lfd.-Nr. 022 aus Tab. 31 mit eigener Anmerkung und Kennzeichnung



ISBN 978-3-96245-278-0

