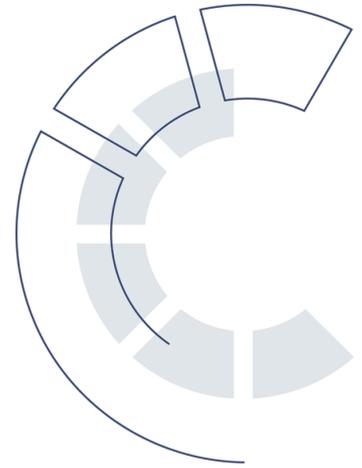




Österreichische Zeitschrift  
für Verkehrswissenschaft



# Instandhaltung und Verfügbarkeit von Verkehrsinfrastruktur



# EDITORIAL

Liebe Leser\*innen,

Die ÖZV gibt es zwar nun nicht mehr in gedruckter Form, aber dafür hält sie auch viel Neues für Sie bereit! Wir möchten Ihnen nicht nur die Beiträge dieser Ausgabe vorstellen, sondern auch zeigen, worauf Sie sich in Zukunft freuen können.

Künftig wollen wir das Thema Verkehr breiter denken und Autor:innen aus verschiedenen – nicht nur technischen – Disziplinen gewinnen. Ganz besonders freuen wir uns über Young Professionals, die ihre Arbeit vorstellen möchten. Traut Euch und meldet euch gerne bei uns! Denn wir haben uns das Ziel gesetzt, diverser zu werden und neue Formate auszuprobieren. Bereits jetzt gibt es auch einen Blog und den ÖVG Mobility Podcast, mit dem es auch längere Gespräche auf die Ohren gibt.

All das lässt sich nur mit einem starken Team umsetzen. Wir sind jetzt eine große und vielfältig zusammengestellte, ehrenamtliche Redaktion. Daher wollen wir diese erste ÖZV - Ausgabe im neuen Gewand auch nutzen, um uns Ihnen vorstellen (siehe S. 1).

In jeder Ausgabe wird ein anderes Mitglied der Chefredaktion innehaben und pro Ausgabe wird es ein spezielles Rahmenthema geben. Das Thema dieser Ausgabe lautet "Infrastruktur und Verfügbarkeit". Prof. Stefan Marschnig, Florian Gerhold und Jan Schatzl haben sich in ihrem Leitartikel der Frage gewidmet, welche Eisenbahninfrastruktur wir in Österreich künftig haben und vor allem auch bezahlen wollen (siehe S. 7).

Außerdem erhalten Sie in dieser Ausgabe spannende Einblicke in die Arbeit der DB InfraGo, erfahren, wie es um die Dekarbonisierung der Grazer Busflotte steht, und lernen, was es mit dem Begriff ‚Bikeconomics‘ auf sich hat.

Wir danken für Ihr Interesse und wünschen viel Freude beim Lesen!



**Franz Kalina**  
Redaktion



**Marie-Luise Zwicker**  
Redaktion



# INHALT

- S. 1 **Die neue ÖZV**  
Vorstellung des neuen Redaktionsteams
- Good News
- S. 2 **3-i-Modell**  
von Alexander Rhein und Sebastian Ude (DB InfraGo AG)
- Good News
- S. 5 **move2zero: Forschungsprojekt zur Dekarbonisierung städtischer Busflotten**  
von Lisa Göttfried (Grazer Energieagentur GmbH)
- Leitartikel
- S. 7 **Verfügbarkeit und Instandhaltung – was kann oder will man sich leisten?**  
von Stefan Marschnig, Florian Gerhold und Jan Schatzl (TU Graz)
- Schlaglicht Europa
- S. 15 **Rethinking Transport Infrastructure Investments Through the Lens of Bikenomics**  
von Chris Bruntlett (Dutch Cycling Embassy)
- S. 17 **ÖVG Vorausschau**



# DIE NEUE ÖZV

## VORSTELLUNG DES NEUEN REDAKTIONSTEAMS



Das Jahr 2024 brachte für die Österreichische Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft (ÖVG) auch im redaktionellen Bereich einen spannenden Neustart: Die Österreichische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft (ÖZV) wurde inhaltlich und organisatorisch neu aufgestellt. Ein neu formiertes Redaktionsteam, das in einer öffentlich ausgeschriebenen Bewerbungsrunde ausgewählt wurde, hat diese wichtige Aufgabe übernommen.

Das Team zeichnet sich durch eine beeindruckende Vielfalt aus: Es vereint die Energie und Kreativität junger, motivierter Student:innen mit ÖV-Background und die Expertise von Fachleuten unterschiedlicher Bereiche aus dem Bereich des öffentlichen Verkehrs. Diese Zusammensetzung des Teams war bewusst darauf ausgerichtet, nicht nur die interdisziplinäre und zukunftsorientierte Ausrichtung der ÖVG widerzuspiegeln, sondern sichert auch frische Perspektiven und innovative Ansätze für die ÖZV zu liefern, um die wissenschaftlichen Inhalte zu wahren und gleichzeitig ein breiteres Publikum anzusprechen.

### Aufgaben und Ziele des neuen ÖZV-Teams

Das Redaktionsteam hat sich folgende Ziele gesetzt, um die Österreichische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft als führendes Medium im Bereich verkehrswissenschaftlicher Themen weiterzuentwickeln:

**1. Neuaufstellung der Inhalte:** Unter Berücksichtigung der aktuellen Entwicklungen und Herausforderungen im Verkehrswesen wird die ÖZV neue Akzente setzen. Die Themenauswahl orientiert sich an den von der ÖVG definierten Zukunftsfragen: künstliche Intelligenz und neue Technologien; Fachkräftemangel & Diversität, Klimawandel & Resilienz; Instandhaltung & Verfügbarkeit.

**2. Verwendung vielfältiger Formate:** Die Zeitschrift wird künftig auf mehreren Plattformen präsent sein, um unterschiedlichen Lese- und Informationsgewohnheiten gerecht zu werden. Neben klassischen Online-Papers werden Blog-Beiträge und Podcasts eingeführt, die sowohl tiefgehende Analysen als auch kurzweilige Diskussionen und Einblicke ermöglichen. Dabei sollen die Blog-Beiträge und die Podcasts auch Leser:innen und Hörer:innen außerhalb des Mitgliederkreises der ÖVG ansprechen

**3. Mehr Interaktion:** Die Formate der ÖVG werden in Zukunft mehr und vielfältigere Möglichkeiten zur Interaktion und Beteiligung der Mitglieder anbieten, um der Breite der Themenlandschaft besser zu entsprechen.

In der neuen Konstellation soll die ÖZV als führendes Medium für verkehrswissenschaftliche Themen weiterentwickelt und ihr eine starke Stimme in der Fachwelt und darüber hinaus verliehen werden.

### Die Mitglieder des ÖZV-Redaktionsteams sind:



Roman Benedetto



Franz Kalina



Sylvia Leodolter



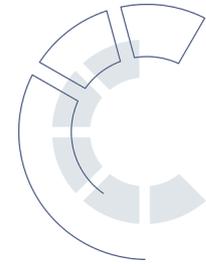
Pamela Nolz



Wolfgang Schweinhammer



Marie-Luise Zwicker



GOOD NEWS

# DB INFRAGO AG: BEDARFSERMITTLUNG MIT DEM 3-i MODELL

VON RHEIN, A. UND UDE, S.

Die DB InfraGO AG betreibt rund 33.000km Schienennetz in Deutschland. Neben Gleisen und Weichen umfasst das Netz eine Vielzahl an Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik, des konstruktiven Ingenieurbaus und verschiedenster weiterer Gewerke. Für die Bewirtschaftung eines Anlagenportfolios dieser Größe und Vielfältigkeit benötigt es eine Asset-Strategie. Der Geschäftsbereich Fahrweg der DB InfraGO AG bedient sich dabei der 3-i Strategie, welche für die integrierte Betrachtung der Instandhaltung- und Investitionsplanung steht (Gramer 2013). Die Strategie bildet die langfristige Bedarfsberechnung, die mittelfristige Planung sowie die kurzfristige Steuerung von Instandhaltungs- und Investitionsmaßnahmen ab. Seit 2012 erfolgt die zentrale Bedarfsbestimmung in der Asset Simulation des selbstentwickelten 3-i Modells. Dieses errechnet auf Grundlage des Anlagenportfolios, der Lebenszyklusmodelle und der Preise den technischen Bedarf des gesamten Netzes (DB InfraGO AG, 2025).

Das Lebenszyklusmodell besteht aus einzelnen Jahresscheiben, in welchen je Alter die notwendigen Instandhaltungstätigkeiten nach Instandhaltungs-komponenten differenziert und für das betroffene Anlagenkollektiv beschrieben werden (siehe Abbildung 1). Die investive Vollerneuerung ist der Startpunkt des Lebenszyklusmodells, die durchschnittliche technische Nutzungsdauer begrenzt es. Sobald die technische Nutzungsdauer überschritten ist, befindet sich die Anlage im Investitionsrückstau. Nach der initialen Einordnung der Anlagen in die LCM durchläuft das 3-i Modell den Simulationszeitraum und lässt dabei die Anlagen durch die Lebenszyklusmodelle wandern. Die Ersatzinvestition berechnet sich aus den Anlagen, deren technische Nutzungsdauer überschritten ist. Damit lassen sich je Simulationsjahr Bedarfe für die Instandhaltung sowie die Ersatzinvestition errechnen.

### Funktionsweise des 3-i Modells

Die Grundlogik des 3-i Modells basiert auf dem Alter der Einzelanlagen. Über das Alter wird zu Beginn der Bedarfsermittlung die Anlage in das zugeordnete Lebenszyklusmodell einsortiert.

Bevor die Simulation in dieser Form starten und Bedarfe errechnen kann, muss das Anlagenportfolio beschrieben werden, Lebenszyklusmodelle entworfen sein sowie die Preise für das Durchführen von Instandhaltung und Ersatzinvestition vorliegen. Die Daten des Anlagenportfolios werden jährlich aus den zur Verfügung stehenden Datensystemen importiert.

## Inhalte eines Lebenszyklusmodells

ID	Tätigkeit	Komponente	Alter der Anlage										tND
			0	1	2	3	4	5	6	7	...	28	
<b>Einzelfehlerbeseitigung</b>													
100	Stopfen	EFB	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	...	0,02	
300	Herzstückwechsel	EFB	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	...	0,06	
400	Radlenkerwechsel	EFB	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	...	0,06	
...	Weitere Tätigkeiten	EFB									...		
<b>Entstörung</b>													
9210	Entstörung	EN	0,00	0,01	0,03	0,06	0,09	0,13	0,17	0,22	...	2	
<b>Inspektion und Wartung</b>													
9110	Inspektion & Wartung	IW	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	...	2,50	
<b>Prävention</b>													
100	Stopfen	PR							1,00		...		
...	Weitere Tätigkeiten	PR									...		
<b>Investition</b>													
9653	Vollerneuerung	VE	1,00								...		

▲ Abb. 1 Beispiel für ein Lebenszyklusmodell einer Weiche mit fiktiven Zahlen (DB InfraGO AG, 2025)

### Lebenszyklusmodell

Das Lebenszyklusmodell gilt für ein Kollektiv von Anlagen. Die Anlagen eines Gewerks mit vergleichbaren betrieblichen sowie bautechnischen Eigenschaften bilden ein Anlagencluster.

### Technische Nutzungsdauer (tND)

Die tND beschreibt den mittleren, optimalen Investitionszeitpunkt. Sobald das Alter einer Anlage die tND überschreitet, ist die Anlage im Investitionsrückstau.

### Tätigkeiten

Die Tätigkeiten bilden das „Scheckheft“ der Anlage ab. Je Tätigkeit und Anlagenalter ist der Anteil der zu behandelnden Anlagen hinterlegt.

### Komponenten

Die Komponenten bündeln die Tätigkeiten der Lebenszyklusmodelle nach der Art der Instandhaltung bzw. Investition.

**GOOD NEWS**

## **DB INFRAGO AG: BEDARFSERMITTLUNG MIT DEM 3-i MODELL**

Dabei erfolgt die Aufbereitung der Daten zur sogenannten Mengendatenbank, welche die relevanten Informationen wie Alter und Größe je Anlage umfasst. Darüber hinaus enthält die Mengendatenbank die Anlagencluster, denen die Einzelanlagen zugewiesen wurden. Die Grundidee des 3-i Modells ist, vergleichbare Anlagen des Portfolios zu gruppieren, für diese Gruppe ein Lebenszyklusmodell zu entwerfen und mithilfe von Preisbewertungen die Bedarfe für die Instandhaltung und Investition zu bestimmen. Für die erfolgreiche Berechnung des Bedarfs wird das abzubildende Anlagenportfolio von heute ca. 475.000 Anlagen aufgrund technischer und betrieblicher Merkmale in ca. 500 Anlagencluster aufgeteilt. Dazu stehen je Objektgruppe bis zu vier nutzbare Merkmale zur Verfügung. Beispielweise werden Weichen nach der zulässigen Geschwindigkeit, der Tonnage, dem Weichenradius sowie der Schwellenart geclustert. Das Lebenszyklusmodell enthält die in Abbildung 1 beschriebenen Informationen. Zusätzlich müssen Preise für die Instandhaltungs- und Investitionstätigkeiten vorhanden sein, um den monetären Bedarf bestimmen zu können.

### **Anwendungsgebiete des 3-i Modells**

Der technische Bedarf startet als sogenannter 3-i Modellvorschlag den jährlichen Planungszyklus im Geschäftsbereich Fahrweg der DB InfraGO AG. Dabei wird das 3-i Modell zur Verteilung der vorhandenen Mittel auf die sieben Regionen für das letzte Jahr des Mittelfristzeitraums angewendet. In den Folgejahren der Planung werden die näher rückenden Jahresscheiben in iterierenden Planungsrunden detailliert ausgeplant. Nach der Umsetzung der Instandhaltung und Investition wird diese ausgewertet. Aus der Analyse können sich Weiterentwicklungsthemen für das 3-i Modell ergeben. Rückschlüsse, technische Innovationen und weiterer Verbesserungsbedarf an den Lebenszyklusmodellen werden gesammelt und eine priorisierte Auswahl jährlich umgesetzt. Die jährliche Weiterentwicklung der Lebenszyklusmodelle ist in der Prozesslandschaft der DB InfraGO AG verankert.

Zusätzlich hat das 3-i Modell weitere Anwendungsgebiete. Im strategischen Bereich bildet beispielsweise die Kennzahl Rückstau den Wiederbeschaffungswert der Anlagen ab, die die technische Nutzungsdauer überschritten haben. Anlagen im Investitionsrückstau sind grundsätzlich für den Bahnbetrieb sicher. Der Rückstau zeigt lediglich den theoretischen Erneuerungsbedarf einer Anlage an und erfasst nicht ihren tatsächlichen Zustand. Für den sicheren Betrieb werden alle Anlagen der DB in regelmäßigen Abständen begutachtet, bewertet und instandgehalten. Der Rückstau wird als Nachholbedarf im Infrastrukturzustandsbericht an den Eigentümer kommuniziert. Die Kennzahl wurde im Zuge der Verhandlungen der Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung (LuFV III) mit dem Bund aufgenommen. In diesem Zusammenhang kam das 3-i Modell ebenfalls zur Berechnung des Investitionsbedarfs zum Einsatz. Die Bundesgutachter testierten das 3-i Modell, sodass die berechneten Bedarfe für die Verhandlungen genutzt werden dürfen.

Seit 2022 dient das 3-i Modell auch als Grundlage für die Berechnung der Netzzustandsnote. Die technischen Nutzungsdauern sowie das im 3-i Modell abgebildete Anlagenportfolio fließen in die Berechnung der Note ein. Mit der Einführung der Netzzustandsnote bei der DB InfraGO AG zeichnet sich die Integration eben dieser in das 3-i Modell ab. Die Netzzustandsnote soll die Einordnung der Einzelanlagen in die Lebenszyklusmodelle präzisieren und das Alter der Anlage ablösen. Somit lässt sich abschließend, als Good News resümieren: Mit dem 3-i Modell hat die DB InfraGO AG ein etabliertes Werkzeug zur Bestimmung der technischen Bedarfe für die Instandhaltung und die Erneuerung der Anlagen im Geschäftsbereich Fahrweg, welches mit der Integration des Zustands fit für die Zukunft gemacht wird.

## GOOD NEWS

## DB INFRAGO AG: BEDARFSERMITTLUNG MIT DEM 3-i MODELL



Dr. Alexander Rhein, Leiter Modelle 3-i Strategie Segmente, DB InfraGO AG

Dr. Alexander Rhein ist seit 2020 Leiter der OE Modelle 3-i-Strategie Segmente bei der DB InfraGO AG. Dabei verantwortet er die Ermittlung des technischen Bedarfs für die Instandhaltung und die Erneuerung der Anlagen im Geschäftsbereich Fahrweg. Darüber hinaus bringt er die Entwicklung des strecken- und zustandsbasierten Asset Managements voran. Zuvor war Herr Dr. Rhein von 2019 bis 2020 Spezialist für IH-Strategie und Analysen bei der DB Netz AG. Zwischen 2013 und 2018 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Darmstadt. Seine Dissertation hat er über das Asset Management in elektrischen Energieversorgungsnetzen verfasst. Herr Dr. Rhein bringt umfassende Erfahrungen zu strategischen und analytischen Fragestellungen in der Infrastrukturplanung mit.



Sebastian Ude, Spezialist Anlagenstrategie, DB InfraGO AG

Sebastian Ude ist als Spezialist für Lebenszyklusmodelle und Anlagenstrategie bei der DB InfraGO AG tätig. Dort verantwortet er die Integration der Netzzustandsnote in das 3-i Modell als Arbeitspaketleiter im Projekt zur Weiterentwicklung des 3-i Modells. Herr Ude bringt umfassende Erfahrung aus der Entwicklung von Lebenszyklusmodellen sowie der Erstentwicklung der Netzzustandsnote mit. Vor seiner beruflichen Laufbahn studierte er Mobilität & Verkehr an der RWTH Aachen, war Hilfswissenschaftler am Verkehrswissenschaftlichen Institut und konnte im Rahmen einer Masterarbeit bei der DB Netz AG seine Kenntnisse im Bereich der eisenbahnbetriebswissenschaftlichen Untersuchungen vertiefen.

### Quellen

[1] Matthias Gramer, „Die integrierte Investitions- und Instandhaltungsstrategie (3-i) bei der DB Netz AG“, Eisenbahntechnische Rundschau 12-15, Nr. 12 (2013).

[2] DB InfraGO AG, „Alters- und zustandsbasierte Bedarfsermittlung mit dem 3-i Modell - Die Asset Simulation der DB InfraGO AG“, Wiener Eisenbahnkolloquium, Wien, 2025.

GOOD NEWS



# move2zero: FORSCHUNGSPROJEKT ZUR DEKARBONISIERUNG STÄDTISCHER BUSFLOTTEN

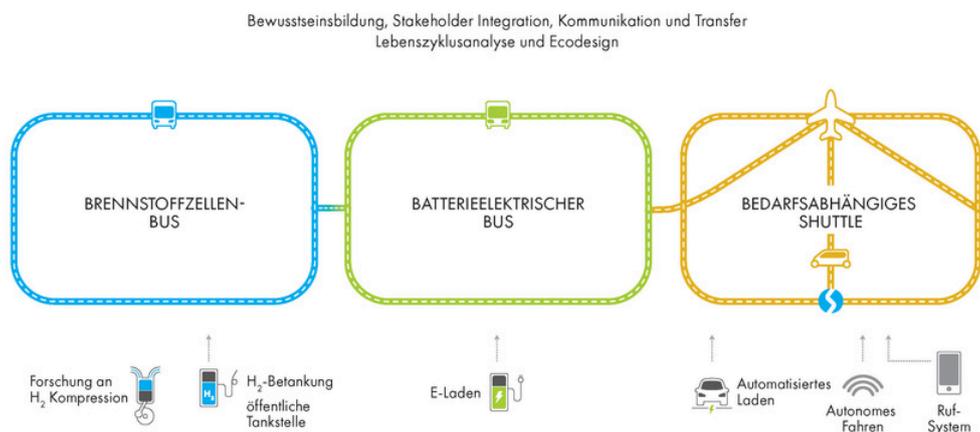
VON GÖTTFRIED, LISA

Österreich will bis 2040 klimaneutral sein – eine große Herausforderung, besonders im Mobilitätsbereich. Mit dem Leitprojekt move2zero wurde ein bedeutender Schritt zur Dekarbonisierung städtischer Busflotten und zur Attraktivierung des öffentlichen Verkehrs gesetzt.

Das Ziel: Ein emissionsfreies, zukunftsorientiertes Bussystem. Im Rahmen des Projekts wurden zwei alternative Antriebstechnologien – Batterie- und Brennstoffzellenbusse – im Echtbetrieb in Graz getestet. Durch den Parallelbetrieb auf denselben Linien konnten beide Technologien unter identischen Bedingungen verglichen werden. Ein speziell entwickeltes Optimierungsmodell, das zahlreiche kostenrelevante Faktoren berücksichtigt, ermittelte für jede Linie die jeweils optimale Technologie samt zugehöriger Infrastruktur. Für Graz zeigte sich: Batterieelektrische „Overnight Charging“-Busse sind aktuell die wirtschaftlichste Lösung. Doch move2zero denkt weiter: Umweltfreundlichkeit soll nicht an der Antriebstechnologie enden. Daher wurden alle Komponenten auf Umweltwirkungen, Lebenszykluskosten und Recyclingfähigkeit geprüft.

Auch Kriterien wie Energieaufwand und Treibhausgasemissionen flossen in eine ganzheitliche Lebenszyklusanalyse ein – und sogar in Ausschreibungen für neue Fahrzeuge und Infrastruktur. Ein weiterer Schwerpunkt war die Entwicklung effizienter Wasserstoffkompressionstechnologien: Der elektrochemische Verdichter zeigte hohes Potenzial für die Verdichtung von niedrigen Drücken auf 100-200 bar, während mechanische Kolbenverdichter bei größeren Durchflussmenge mit hohen Vordrücken punkten.

Innovativ und zukunftsweisend: Am Flughafen Graz wurde ein batterieelektrisches On-Demand-Shuttlesystem getestet – mit besonderem Fokus auf die Nutzer:innenakzeptanz und die Perspektive eines künftig autonomen Betriebs. Erstmals kam dabei ein automatisiertes Ladesystem zum Einsatz, bei dem die Fahrzeuge über im Boden integrierte Ladeplatten direkt an den Stellplätzen kontaktlos geladen werden.



## GOOD NEWS

## MOVE2ZERO: FORSCHUNGSPROJEKT ZUR DEKARBONISIERUNG STÄDTISCHER BUSFLOTTEN



Begleitet wurde das Projekt durch umfassende Öffentlichkeitsarbeit: Mit Workshops, Vorträgen, Befragungen und Ideenwettbewerben wurden Bewusstsein und Akzeptanz für klimafreundliche Mobilität gestärkt. Alle Erkenntnisse aus dem Projekt sind im Leitfaden „Dekarbonisierung städtischer Busflotten“ gebündelt – ein praxisnahes Hilfsmittel für Städte und Verkehrsunternehmen. Er bietet konkrete Empfehlungen zu Technologie, Infrastruktur, Planung und Wirtschaftlichkeit.

Die Grazer Energieagentur – Initiatorin des Projekts – unterstützt Städte und Betreiber bei der Umsetzung von Dekarbonisierungsprozessen und der Nutzung passender Förderprogramme.



Lisa Göttfried ist seit 2019 Projektleiterin im Bereich „Smart Mobility“ bei der Grazer Energieagentur. Sie hat Umweltsystemwissenschaften mit Schwerpunkt Volkswirtschaft an der Universität Graz und der Ulster University in Nordirland studiert. Ihre fachlichen Schwerpunkte liegen in der Entwicklung von städtischen Klimaschutzplänen, der Begleitung von Dekarbonisierungsprozessen im Schwerverkehr sowie der Einführung innovativer, bedarfsorientierter Mobilitätsangebote.



▲ Abb. 2: v.l.n.r.: Robert Schmied, Geschäftsführer Grazer Energieagentur; Manuela Beran, Projektmitarbeiterin Grazer Energieagentur; Lisa Göttfried, Projektleiterin Grazer Energieagentur; Andreas Solymos, Projektleiter Holding Graz

## move<sup>2</sup>zero

**Projektlaufzeit:** Mai 2019 – April 2024

**Projektpartner:** Holding Graz, Grazer Energieagentur, Energie Graz, Energie Steiermark, KF Uni Graz, TU Graz, HyCentA, Invenium, Arti Robots, Upstream, Technoma, Umweltbundesamt, Planungsguppe

**Fördergeber:** Dieses Projekt wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds im Rahmen des Programms „Zero Emission Mobility“ gefördert und bis April 2024 umgesetzt.

## VERFÜGBARKEIT UND INSTANDHALTUNG

# WAS KANN ODER WILL MAN SICH LEISTEN?

VON MARSCHNIG, S., GERHOLD, F. UND SCHATZL, J.



Die Eisenbahn hat ihre Renaissance bekommen, endlich, zumindest im Personenverkehr. Durch das gesteigerte Bewusstsein hin zu nachhaltiger Mobilität wachsen die Fahrgastzahlen [1]. Unterstützt wird das in Österreich durch ein Ticket, das bundesweit für alle öffentlichen Verkehrsmittel gilt. Für die Eisenbahn ist das gut, auch wenn der Zuwachs an Fahrgästen schneller von statten geht als das Angebot ausgebaut werden kann.

Nach der Corona-Delle haben die Fahrgastzahlen nach zwei Jahren schon ein Rekordniveau erreicht. Das Ergebnis sind volle Züge und notwendige Sitzplatzreservierungen. Umstände, die wir lange Jahre nicht gewohnt waren. Es werden also mehr Personenzüge gebraucht, häufigere Verbindungen, kürzere Intervalle.

Im Güterverkehr sieht das anders aus: dieser ist viel sensibler auf wirtschaftliche Auf- und Schwünge, ein Trend hin zu mehr schienengebundenem Güterverkehr ist nicht zu erkennen. Der Ganzzugverkehr ist zwar grundsätzlich kompetitiv zur Alternative auf der Straße, aber eben volatil. Die noch immer nicht geklärten Hemmnisse beim grenzüberschreitenden Verkehr machen den Eisenbahnverkehrsunternehmen zu schaffen. Die Bestrebungen hin zu reservierten Güterzugkapazitäten oder zur digitalen automatischen Kupplung sind couragiert, werden aber – wenn überhaupt – ihre positiven Wirkungen erst in geraumer Zeit entfalten können. Letztlich geht der Eisenbahn auch das systemadäquate Transportgut in Europa langfristig verloren. Kohle- und Öltransport werden deutlich abnehmen, wie sich Europas Autoindustrie entwickelt, weiß man zurzeit auch nicht. Bleibt der Containerverkehr, bei dem der Bahn in Co-Modality mit der Straße eine wichtige Rolle zukommen kann.

Die in Österreich dominanten Mengen sind aber im Einzelwagenverkehr. Diese Verkehre sind betriebswirtschaftlich im intermodalen Vergleich nur schwer darstellbar, die Produktionskosten sind einfach zu hoch [2]. Um aber die hoch gesteckten Ziele (40% Modal Split) zu erreichen, sind sie unabdingbar.

Die in Österreich gewährte Beihilfe [3] für Einzelwagenverkehre – wie im Übrigen auch für unbegleiteten kombinierten Verkehr (uKV) und die rollende Landstraße (Rola) – sowie die gezielte Förderung von Anschlussbahnen [4] sorgen für einen deutlich höheren Schienengüterverkehrsanteil als in anderen europäischen Staaten. Gerade, wenn es künftig um Kapazität auf den Strecken geht, sind die vielen Zugfahrten mit teils kurzen Zügen nicht gerade hilfreich.

Wie dem auch sei, es ist das erklärte Ziel, die Kapazität im österreichischen Streckennetz bis 2040 zu verdoppeln. Dies soll zum einen – eher geringen – Teil, denkt man an die langen Realisierungszeiträume, durch Infrastrukturinvestitionen, zu einem weiteren Teil durch Fahrzeuginvestitionen (Personenverkehr) und zu einem dritten Teil durch die Digitalisierung (insbesondere der Zugsicherung) erreicht werden. Kapazität ist das eine, Verfügbarkeit das andere. Hohe Kapazitätsauslastungen bergen mehrere Risiken, die es zu adressieren und zu managen gilt.

### Kapazität, Verfügbarkeit und Pünktlichkeit

Unter Verfügbarkeit wird im Allgemeinen das Verhältnis aus geplanter Betriebszeit abzüglich nicht geplanter Ereignisse zu geplanter Betriebszeit verstanden. Diese Definition bedingt, dass Zeiten, die für die – geplante – Instandhaltung und Erneuerung notwendig sind, nicht Teil der geplanten Betriebszeit sind. Im Infrastrukturmanagement der Eisenbahn werden aber solche Zeiten in aller Regel auch als Nicht-Verfügbarkeit ausgewiesen, obwohl sie theoretisch unter dem Kapazitätsbegriff abgehandelt werden müssten: in Zeiten, die für die Instandhaltung und Erneuerung der Infrastruktur notwendig sind, dürften daher keine Trassen vergeben werden. Nur: Trassen sind knapp, die Ansprüche an die Kapazität hoch. Zudem sind beide – Instandhaltung, wie auch Erneuerung – bei Eisenbahninfrastrukturassess keine fest vorgegebenen Notwendigkeiten und in vielen Fällen schwer über längere Zeiträume hinaus sinnvoll planbar (mehr dazu später).

## VERFÜGBARKEIT UND INSTANDHALTUNG



### WAS KANN ODER WILL MAN SICH LEISTEN?

Die ungeplanten Nichtverfügbarkeiten sind durch zwei Aspekte dominiert: Störungen und externe Ereignisse. Gerade letztere können nur bedingt beeinflusst werden. Naturgefahren bzw. deren Auswirkungen können zu massiven Nichtverfügbarkeiten führen. Die Eisenbahn ist weder betrieblich noch technisch besonders resilient. Manifestieren sich Naturgewalten, sind Streckenunterbrechungen oder -sperrungen unvermeidbar, die Zeit bis zur Wiederaufnahme des Betriebes ist meist lang. Hier sind Baumwürfe durch Sturm oder Schneelast, Muren- und Lawinenabgänge oder Hochwasser zu nennen, allesamt Phänomene, die es in Zukunft eher häufiger und intensiver geben wird als bisher und denen es somit mehr Aufmerksamkeit zu widmen gilt.

Anlagenstörungen wiederum sind etwas, das das Infrastrukturmanagement zumindest teilweise zu verhindern wissen sollte. Vor allem in der Leit- und Sicherungstechnik, zum Teil auch in der Elektrotechnik, treten jedoch Störungen oft auch stochastisch auf. Diese „Random Failures“ sind kaum verhinderbar, während die „End of Life Failures“ durch konsequentes Monitoring und zeitgerechten Anlagenersatz wohl vermieden werden können.

Bei verschleißgetriebenen Anlagen sind Störungen wiederum Konsequenz aus entweder unterlassener Instandhaltung oder – ebenfalls – der Überalterung der Anlagen geschuldet. Dies wird später noch vertieft. Klar ist jedoch: Störungen sind nicht zur Gänze vermeidbar. Je höher die Kapazitätsauslastung, desto eher betrifft eine temporäre Nichtverfügbarkeit geplante Zugtrassen. Damit geht eine höhere Kapazitätsauslastung mit einer sinkenden Pünktlichkeit einher.

Es gibt jedoch Beispiele, dass dieser Zusammenhang nicht zwingend auftritt: sowohl das japanische, als auch das schweizerische Bahnsystem zeichnen sich durch beides, hohe Kapazitätsauslastung und hohe Pünktlichkeit aus. Dies ist möglich, da planbare Tätigkeiten, wie Inspektion, Instandsetzung oder auch (Teil-)Erneuerung grundsätzlich in zugfreie Zeiten (in diesen beiden Ländern in die Nacht) gelegt sind, womit die betriebliche Resilienz in den Betriebszeiten steigt. Diese Strategie hat aber auch ihren Preis.

#### Instandhaltung und Erneuerung

Alle Anlagen benötigen Instandhaltung – manche mehr Inspektion, andere mehr Instandsetzung, wiederum andere mehr Entstörung. Grundsätzlich gilt, dass die Instandsetzung für die Wiederherstellung des gebrauchstauglichen Zustands verantwortlich ist. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die verschleißgetriebene Anlagengattung Fahrweg, also Gleise und Weichen, da hier alle zur Verfügung stehenden Optionen der Instandsetzung besprochen werden können.

In einer reaktive Instandsetzungsstrategie werden Fehler behoben. Es kommt also entweder zu einem Anlagen- oder Komponentenversagen oder es wird im Zuge der Inspektion das Erreichen oder eine Überschreitung eines sicherheitskritischen Zustandes festgestellt. Die Maßnahme muss daher sofort (Versagen) oder innerhalb kurzer Zeit (Grenzwertüberschreitung) gesetzt werden, womit eine Planungsmöglichkeit entfällt, die Kosten der Maßnahme hoch sind und die Verfügbarkeit unmittelbar betroffen ist. Die Menge der Instandsetzung ist jedoch gering.

Es lässt sich zeigen, dass dieses Instandhaltungsregime auf lange Sicht nicht zielführend ist, da verschleißbasierte Anlagen langlebiger sind, wenn sie auf höheren Qualitätsniveaus instandgehalten werden [5]. Ein präventives Instandhaltungsregime zielt darauf ab, einzugreifen bevor ein Grenzwert erreicht oder Schaden entstanden ist.

Hier lassen sich zwei Ansätze unterscheiden: präventives Instandhalten, das durch ein festgelegtes Zeit- oder Belastungsintervall angesteuert ist oder ein Eingreifen, das unter „Predictive Maintenance“ geführt wird. Letzteres bedarf eines Monitorings, erfasst also die zeitliche Veränderung des Anlagenzustandes. Zwar ließe sich diese prädiktive Instandhaltung auch als Fehlerprognose verstehen und damit als ein Eingreifen kurz vor der Erreichung von Grenzwerten oder Eintreten von Schäden, im Allgemeinen ist es jedoch so ausgerichtet, dass damit optimale Eingriffsschwellen für das Erreichen einer möglichst langen Nutzungsdauer der Anlage umgesetzt werden.

## Verfügbarkeit und Instandhaltung



# WAS KANN ODER WILL MAN SICH LEISTEN?

Die Nutzungsdauer der Anlage selbst, also die Zeit zwischen zwei Erneuerungen ist wiederum selbst keine vordefinierte Größe. Für Fahrweganlagen gilt grundsätzlich, dass durch partielle Erneuerungen bzw. den Tausch von Komponenten eine de facto unendliche Nutzungsdauer realisiert werden kann.

Die Bewertung über Lebenszykluskosten zeigt, dass dies unwirtschaftlich ist und teure Instandhaltungsmaßnahmen bei hohem Anlagenalter vermieden werden sollten. Werden Neukomponenten in ein bereits vorgeschädigtes Gesamtsystem eingebracht, so erreichen sie nie die Lebensdauern, die sie bei einer gesamthaften Erneuerung erzielen können. Diese so genannte wirtschaftliche Nutzungsdauer ist damit eine Rechengröße [6].

### **Instandhaltung und Erneuerung bei Mehrverkehr, hoher Kapazitätsauslastung und hohem Verfügbarkeitsniveau**

Beim Fahrweg manifestieren sich zusätzliche Zugfahrten als schneller voranschreitende Verschlechterung des Anlagenzustandes. Damit erhöht sich der generelle Instandsetzungsbedarf. Für das Gleis folgen die Instandsetzungskosten der Zunahme des Verkehrs ausgedrückt durch Gesamtbruttotonnen annähernd linear. Das bedeutet, dass die prozentuelle Zunahme der Belastung jener des Instandsetzungsbudgets entspricht.

Zudem verschiebt sich die Lage des optimalen Reinvestitionszeitpunktes, die wirtschaftliche Nutzungsdauer wird kürzer, was zu einem erhöhten Bedarf an Erneuerung führt. Gleichzeitig werden die Zeitfenster, in denen die Instandsetzung durchgeführt werden kann, weniger werden. Selbst das Ausweichen in die Nacht hilft nicht: zum einen werden die Nächte kürzer, weil die letzten Personenzüge später, die ersten früher verkehren.

Zum anderen sind, zumindest in Österreich, die Nächte ohnehin nicht zugfrei, da der Güterverkehr jetzt schon durch die hohe Anzahl der Personenzüge in der Nacht geführt werden muss.

Um die Auswirkungen auf den Verkehr möglichst gering zu halten, wird die Anzahl der Gleissperren reduziert und die Dauer der einzelnen Gleissperren gekürzt. Gerade für die im Gleisbau üblichen Großmaschinen bedeutet das aber hohe Fixkosten für die Baustellen. Dies liegt nicht nur an den Überstellungskosten der Maschinen zu den zu bearbeitenden Streckenabschnitten, sondern auch an den Rüstzeiten. Die Maschinen sind dahingehend konstruiert, möglichst viel Leistung zu erzielen, die aber nur auf langen Abschnitten realisiert werden kann. Dies gilt für Instandsetzungsmaschinen, noch mehr jedoch für große Umbauzüge.

### **Gleissperren, Abschnittslängen, Schichtleitungen und Einheitskosten**

Das Reduzieren von Abschnittslängen hat zwei Ursachen. Die eine wurde schon beschrieben: die Verkürzung von Gleissperrdauern. Die andere entsteht paradoxer Weise durch die fortschreitende Implementierung von messdatengestützter, prädiktiver Instandsetzung: durch die detaillierte Analyse des Anlagenzustandes können die (kurzen) Abschnitte, die unmittelbar einer Qualitätsverbesserung bedürfen, identifiziert werden.

Ist also Sperrzeit rar und/oder das Instandhaltungsbudget knapp, so werden auch nur kurze Abschnitte bearbeitet, was grundsätzlich der Idee einer möglichst homogenen Fahrwegqualität, aber auch der Effizienz der Großmaschinen widerspricht. Dieser Weg, als Konsequenz beider Ursachen, ist schon längst beschritten.

## VERFÜGBARKEIT UND INSTANDHALTUNG



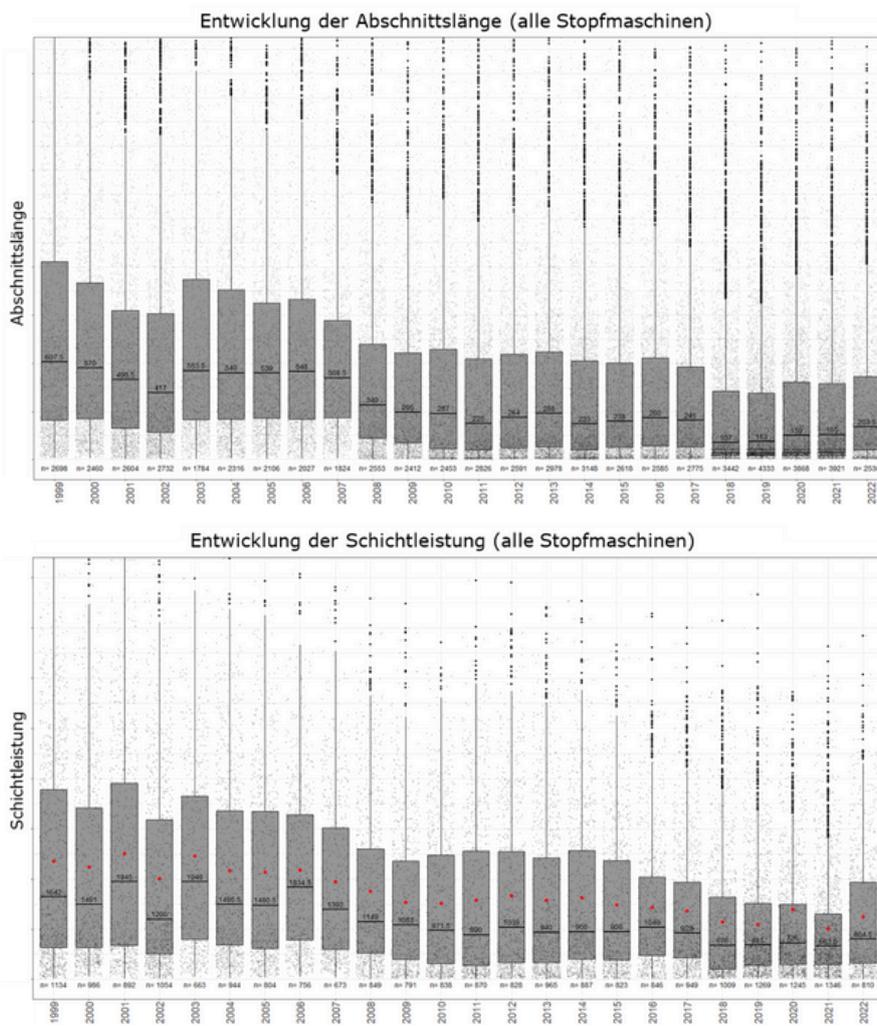
## WAS KANN ODER WILL MAN SICH LEISTEN?

Am Beispiel der bearbeiteten Abschnittslängen sowie der umgesetzten Schichtleistungen für Gleisstopfungen, der häufigsten und in Summe kostenintensivsten Instandsetzungsmaßnahme für Schottergleise, im Netz der ÖBB-Infrastruktur AG, zeigt über die letzten Jahrzehnte einen sinkenden Trend (Abbildung 1).

Die Einheitskosten, also die Kosten pro bearbeitetem Meter, steigen bei sinkender Schichtleistung und belasten damit zusätzlich zum Mehrbedarf durch Mehrverkehr das Instandhaltungsbudget.

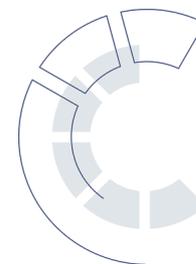
Der Kostendruck wiederum führt dazu, dass nur noch wenige Meter bearbeitet werden können, die Abschnittslänge und damit die Schichtleistung weiter sinkt – ein Dilemma für den Infrastrukturbetreiber.

Da dieser Effekt bei den zeitintensiven Erneuerungsarbeiten viel stärker zu Buche schlägt, steigen die Einheitskosten für die Erneuerung schneller als jene der Instandsetzungsmaßnahmen. Daraus wiederum entstehen zwei Konsequenzen:



▲ Abb. 1 Entwicklung der Abschnittslängen und der Schichtleistung für die Arbeit Stopfen bei der ÖBB-Infrastruktur AG

## VERFÜGBARKEIT UND INSTANDHALTUNG



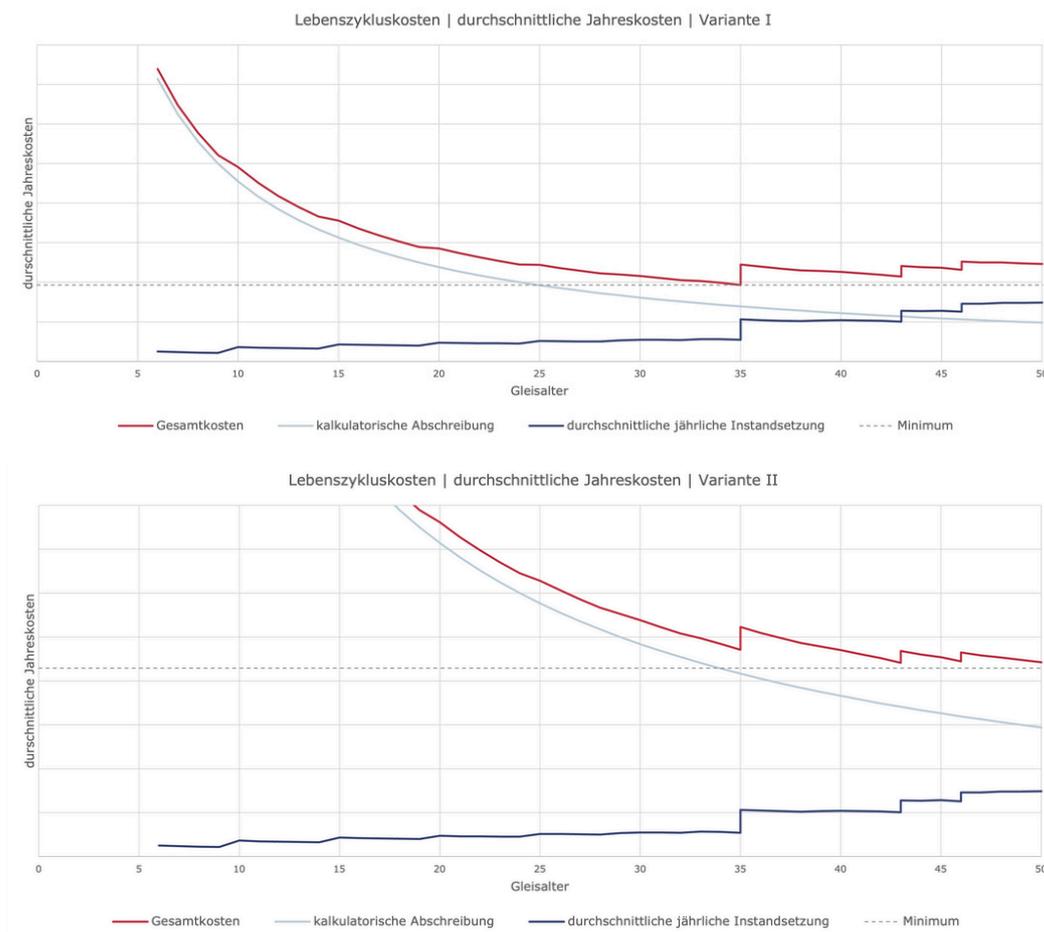
### WAS KANN ODER WILL MAN SICH LEISTEN?

Die Reinvestitionsbudgets reichen nicht mehr aus, Erneuerungen müssen zeitlich nach hinten verschoben werden, was entweder höhere Instandhaltungskosten durch lebensdauererlängernde Maßnahmen oder aber Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit (Langsamfahrstellen) nach sich zieht.

Letzteres bedeutet aber wiederum längere Fahrzeiten und damit eine Reduktion des Pünktlichkeitsniveaus, weshalb bei einigermaßen zur Verfügung stehendem Instandhaltungsbudget eher die erste Option zum Tragen kommt. Die dadurch weiter belasteten Erhaltungsbudgets führen mittel- bis langfristig zum Streichen der präventiven Arbeiten und führen somit zu einer Reduktion der erzielbaren Nutzungsdauer. Das nächste Dilemma.

Zudem gilt es zu berücksichtigen, dass bei sehr niedrigen Schichtleistungen irgendwann der Zeitpunkt kommt, an dem die notwendigen Mengen mit den verfügbaren Ressourcen (Baufirmen, Maschinen, Personal) nicht mehr bewerkstelligt werden können. In diesem Fall sind wiederum vorzeitige Erneuerungen notwendig.

Interessant ist, dass sich bei stark steigenden Reinvestitionskosten der rechnerisch optimale Zeitpunkt der Erneuerung verschiebt: teure Instandsetzungsarbeiten gegen Ende der Nutzungsdauer werden dadurch „wirtschaftlich“ oder zumindest „wirtschaftlicher“ als die Erneuerung. In der Variante I (Abbildung 2) kommt der optimale Erneuerungszeitpunkt bei 35 Jahren zu liegen.



▲ Abb. 2 Optimale Nutzungsdauer in Abhängigkeit der Erneuerungskosten Variante I und II

## VERFÜGBARKEIT UND INSTANDHALTUNG



### WAS KANN ODER WILL MAN SICH LEISTEN?

Die alternative Großinstandhaltung sorgt für einen Sprung in der Instandhaltungskostenfunktion. In der Variante II (Abbildung 2) sind die Einheitskosten der Erneuerung im Vergleich zu den Instandsetzungskosten um den Faktor 3 höher, der optimale Reinvestitionszeitpunkt verschiebt sich durch die Dominanz der kalkulatorischen Abschreibung über das Jahr 50 hinaus. Obwohl die Konsequenz für die Instandhaltungsbudgets also dieselbe ist, wird aus einem Nachholbedarf eine wirtschaftlich darstellbare und nachvollziehbare Größe sinnvoller und effizienter Instandsetzung.

#### Der monetäre Wert der Verfügbarkeit

Alein aus der Betrachtung der Infrastruktur und deren Kosten ist die Frage nach dem Optimum demnach nicht darstellbar. Es braucht eine monetäre Bewertung der Verfügbarkeit.

Das ist schwer zu bewerkstelligen, die finanziellen Konsequenzen der Nichtverfügbarkeit lassen sich jedoch bewerten: die zusätzlichen Kosten der Eisenbahnverkehrsunternehmen durch Verspätungen (längerer Personal und Rollmaterialeinsatz), Umleitungen (Kosten für die Mehrkilometer und längere Fahrzeiten), Zugausfälle oder Schienenersatzverkehre im Personenverkehr sind darstellbar. Diese Kosten lassen sich als so genannte Betriebserschwerungskosten erfassen [7].

Diesen Mehrkosten müssen noch der Erlösentgang bzw. der reduzierte Gewinn hinzugefügt werden. Letzteres ist nicht trivial, da ja die Kosten für die Infrastrukturbenutzung über das Wegeentgelt an den Infrastrukturbetreiber zu entrichten sind, wobei hier i.a.R. nur die Instandsetzungskosten, nicht aber oder nur zum Teil die Erneuerungskosten verrechnet werden. In der Betrachtung auf Systemniveau stehen sich also zwei Szenarien gegenüber: die Betriebserschwerungskosten inklusive entgangenem Gewinn bei gegebenem Instandsetzungskostenniveau (mit verschiedenen Sperrpausenoptionen [8]) versus unbeeinträchtigten Betrieb mit erhöhtem Wegeentgelt.

Im gezeigten Beispiel in Abbildung 2 sind die Instandsetzungskosten für die Jahre 35 bis 50 um den Faktor 6 höher als jene im Mittel über die 35 Jahre davor.

Noch komplexer wird diese Überlegung bei Verkehren, die nicht in Eigenwirtschaft erbracht werden, sondern als PSO-Verkehre, also über Aufgabenträger bestellte Verkehre, geführt werden. Man könnte auch Fahrgastverspätungsminuten berechnen und diese mit volkswirtschaftlichen Kostensätzen belegen.

Am Ende bleibt: irgendwer muss die Zusatzkosten übernehmen, das EVU, die Fahrgäste oder Spediteure oder der Besitzer/Geldgeber der Infrastruktur. Wie auch immer diese Bewertung durchgeführt wird, ein einziges Szenario darf nicht eintreten: die notwendige Instandsetzung oder eben Erneuerung nicht durchzuführen. Tritt dieser Fall ein, wird die Infrastruktur bis zum „Dead End“ verwendet und muss dann sehr kostenintensiv, jedenfalls aber ohne Rücksicht auf Verfügbarkeit praktisch neu errichtet werden. Auch dieses Szenario ist mit Blick auf das deutsche Eisenbahnnetz real.

#### Mögliche Lösungsansätze

Steigende Verkehrsmengen bedürfen höhere Budgets, dies lässt sich festhalten. Unter günstigen Randbedingungen können aber die Einheitskosten, also im Falle des Fahrwegs Euro pro Bruttotonnenkilometer, konstant gehalten werden. Dass es aber mehr Budget braucht, um mehr Verkehr auf der Schiene abzuwickeln, sollte allen bewusst sein.

Wie lässt sich nun also gegensteuern ohne dass Budgets explodieren oder die Pünktlichkeit in den Keller rasselt? Hier hilft einerseits die Innovation im Gleisbau. Komponenten wie die Schwellenbesohlung können die Instandsetzung halbieren und gleichzeitig die Gleisnutzungsdauer verlängern [9].

Effektivere Instandsetzung, die entweder die Fehlerursache bearbeitet [10], die Eingriffsschwelle je nach Anlagenverhalten anpasst [5] oder die Arbeit selbst optimiert [11], kann ebenfalls zu einer Dämpfung der zuwachsenden Instandsetzungskosten führen. Der Schlüssel aber ist im technischen Sinn eine – weit – vorausschauende Instandhaltungsplanung, also ein konsequentes Umsetzen von „Predictive Maintenance“. Das Prognostizieren notwendiger Instandsetzungsmaßnahmen sowie das Optimieren der auf dieser Basis ermittelten Bedarfe sollte zweierlei ermöglichen:

## VERFÜGBARKEIT UND INSTANDHALTUNG



### WAS KANN ODER WILL MAN SICH LEISTEN?

einerseits könnten so wieder längere, zusammenhängende Abschnitte dargestellt werden, indem Bearbeitungsabschnitte zeitlich vor oder zurück verschoben werden, womit sich zwar längere Sperren und somit kurzfristig höhere betriebliche Konsequenzen, aber auch gesamthaft weniger Sperren über die Jahre und reduzierte Einheitskosten der Arbeiten ergeben.

Gleichzeitig wird es so möglich, notwendige Kapazität für die Anlageninstandsetzung und -erneuerung frühzeitig festzulegen und schon bei der Erstellung von Fahrplänen bzw. in der Belegung von Fahrwegkapazität im Zuge der Trassenvergabe zu berücksichtigen. Letztlich wäre auch eine Reduktion der Fahrwegbeanspruchung durch gleisschonende Fahrzeuge wünschenswert, um den steigenden Instandhaltungsbedarf zu einem Teil abfedern zu können. Dies kann durch ein fahrzeugspezifisches Weegeentgelt, wie es in der Schweiz zum Einsatz kommt, unterstützt oder vielmehr ausgelöst werden, um die fahrzeugseitigen Mehrkosten auf seiten der EVU in Teilen über die Betriebsphase der Fahrzeuge zu refinanzieren [12].

#### Conclusio

Mehrverkehr am Schienennetz ist ebenso wünschenswert wie hohe Pünktlichkeit der angebotenen Zugverbindungen. Die Eisenbahn ist ein leistungsstarkes, energieeffizientes, nachhaltiges und letztlich kostengünstiges Mobilitäts- und Transportangebot. Die Infrastruktur ist dabei das zentrale Asset. Sie muss funktionstüchtig und auf einem akzeptablen Kostenniveau zur Verfügung gestellt werden. Das bedarf einer entsprechenden Dotierung der Budgets für die Instandhaltung und Erneuerung. Sind die Budgets sichergestellt, müssen sie auch ins Gleis gebracht werden, indem die dafür notwendigen Kapazitäten vorgehalten werden. Ein Eisenbahnsystem mit bedingungslosem Commitment zu Verfügbarkeit bzw. Pünktlichkeit wird letztlich unfinanzierbar, entweder für den Financier der Infrastruktur oder für die Endkunden. Das Eisenbahnnetz in Österreich wurde mit hohem Mitteleinsatz ausgebaut und bietet nun die Voraussetzung, die sich glücklicherweise einstellenden Mehrverkehre aufzunehmen und attraktiv abzuwickeln.

Aber nicht zu jedem Preis: diese Infrastruktur muss auch geschützt und im Sinne der Langlebigkeit instandgehalten werden. Wo das Optimum aus Verfügbarkeit und Kosten zu liegen kommt, muss ermittelt werden. Dazu braucht es eine gemeinsame Anstrengung aller Stakeholder.



Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Stefan Marschnig (50). Bauingenieurstudium an der Technischen Universität Graz und dem Instituto Superior Técnico Lisboa (Portugal); 2002 bis 2007 Assistent am Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der TU Graz, Promotion 2007; seit 2008 Geschäftsführer von LCC rail consult; 2010 bis 2016 Assistenzprofessor an der TU Graz, Leiter der Forschungsgruppe Life Cycle Management; Habilitation 2016; 2016 bis 2024 Associated Professor, seit 10/2024 Universitätsprofessor und Institutsleiter an der TU Graz.



Dipl.-Ing. Florian Gerhold, BSc BSc (28). 2016 – 2019 Bachelorstudium Chemie an der Technischen Universität Graz und der Universität Graz (NAWI Graz); 2019 – 2022 Bachelorstudium Bauingenieurwissenschaften und Wirtschaftsingenieurwesen an der Technischen Universität Graz; 2022 – 2023 Masterstudium Bauingenieurwissenschaften – Infrastruktur an der Technischen Universität Graz; seit 2023 Universitätsprojektassistent am Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der Technischen Universität Graz.



Dipl.-Ing. Jan Schatzl (27). Bauingenieurstudium (Master Infrastruktur) an der Technischen Universität Graz bis 2022. Seit 2022 als Projektassistent am Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft an der Technischen Universität Graz.



## VERFÜGBARKEIT UND INSTANDHALTUNG

### WAS KANN ODER WILL MAN SICH LEISTEN?

#### Quellen

- [1] ÖBB-Holding AG. Zahlen Daten Fakten. Konzernkommunikation, 2024.
- [2] Economica Institut für Wirtschaftsforschung. Schienengüterverkehr: Markt- und Wettbewerbssituation. November 2013
- [3] BMK - Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. Förderung Schienengüterverkehr Plus (SGV Plus) an Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU). <https://transparenzportal.gv.at>, entnommen am 31.03.2025
- [4] BMK - Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. Anschlussbahn- und Terminalförderprogramm (ATF). <https://www.bmk.gv.at>, entnommen am 31.03.2025
- [5] J. Neuhold. Tamping within sustainable track asset management. Monographic Series TU Graz / Railway Research, Band 6. Verlag der Technischen Universität Graz, ISBN: 978-3-85125-782-3
- [6] J. Neuhold, M. Landgraf, S. Marschnig, P. Veit. Measurement Data-Driven Life-Cycle Management of Railway Track. Transportation Research Record. 2020. <https://doi.org/10.1177/0361198120946007>
- [7] P. Veit, K. Petri. Betriebserschwerungskosten – ein Baustein zur Systemoptimierung. ZEVrail 5, 2008.
- [8] S. Marschnig, P. Veit. Optimierte Einheitskosten – Sperrpausendauer und Baustellenlänge. ZEVrail 10, 2010.
- [9] G. Neuper, J. Neuhold, M. Landgraf. Effekte von Schwellenbeschlungen auf das langfristige Qualitätsverhalten des Gleises. ZEVrail 8, 2018.
- [10] M. Loidolt. Integration of short-wave effects into asset management of railway infrastructure : an alternative perspective on the quality behaviour of tracks. Dissertation TU Graz, 2024.
- [11] S. Offnbacher. Effective Railway Track Tamping: Evaluating Short-Term and Long-Term Impacts on Track Geometry and Monitoring Ballast Condition. Dissertation TU Graz, 2025.
- [12] S. Marschnig. iTAC – innovative Track Access Charges. Monographic Series TU Graz / Railway Research, Band 1. Verlag der Technischen Universität Graz, ISBN: 978-3-85125-493-8

## SCHLAGLICHT EUROPA



## RETHINKING TRANSPORT INFRASTRUCTURE INVESTMENT THROUGH THE LENS OF BIKENOMICS

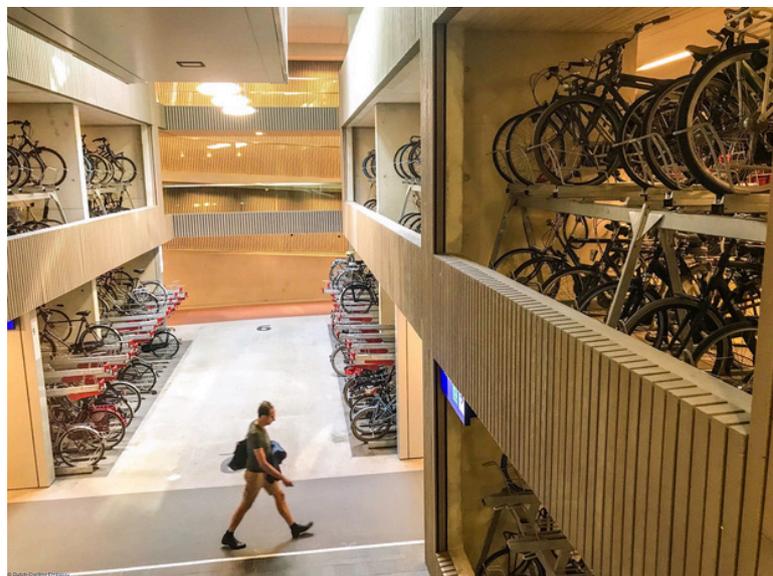
BY BRUNTLETT, C., INTERNATIONAL RELATIONS MANAGER, DUTCH CYCLING EMBASSY

It's no secret that countries across Europe and around the world are facing a period of economic uncertainty. Sudden demands for defence spending, customs tariffs, and replacement of post-war infrastructure at the end of its lifespan are putting new strains on national budgets and forcing many governments to rethink their priorities in the face of a potential recession. If there is any silver lining to this dark cloud on the horizon, it is that these governments might also rethink their transport infrastructure investments; finally taking into consideration their true cost to society from construction to demolition.

These types of societal cost-benefit analyses are now quite common in the Netherlands, legally required by the national government for infrastructure projects of a certain budgetary value. By quantifying the benefits of getting people out of their cars and onto more active, sustainable, and efficient means of travel, they have become a gamechanger when it comes to reallocating public funds from auto-focused infrastructure to ones that induce more walking, cycling, and public transport. This emerging field has been dubbed "bikenomics" and is responsible for some eye-catching projects in recent years, including parking facilities, rental schemes, and superhighways.

For example, when Utrecht cut the ribbon on the world's largest bicycle parking structure, with a total of 12,500 spaces spanning four storeys underneath its central railway station in 2019, critics called the €30-million price tag "crazy". But when the municipality applied a bikenomics lens to the ambitious project, they found the societal benefits far outweighed the costs and easily justified their contentious decision to reallocate much of the budget from a proposed multi-storey car parking structure elsewhere in the city. To begin, this external analysis put the cost of the parking facility (including amortization, maintenance, and operation) at around one euro per user per day, whereas the cost of providing bus or tram travel was around three euros per user per day.

As a result, enabling cycling to the train station saved them millions in public transport subsidies each year. The savings were even more dramatic when compared to accommodating the equivalent amount of car travel to the station.



The related negative externalities – such as traffic congestion, air and noise pollution, road safety, and public health – were calculated to cost society tens of millions of euros each year, even in the most optimistic scenarios.

Furthermore, it is widely known that a great deal of traffic congestion can be relieved by replacing a small proportion of cars with other modes. The provision of cycling and public transport supports this shift; allowing authorities to postpone or even supersede road expansions – such as widenings and flyovers – that would cost them billions of euros. By executing this type of analysis and considering the full economic impact of alternative scenarios – including doing nothing – cities like Utrecht can justify "extravagant" infrastructure investments, because they know it saves taxpayer money year after year.

A similar analysis was done to justify Dutch railways' investment in OV-fiets ("public transport bicycle") as a last-mile solution for its passengers. With over 22,500 bikes available to rent at 300 train stations across the country, the OV-fiets has been called a "blue and yellow miracle". In a 2011 survey, 54% of OV-fiets users revealed they use the train more often because of its availability.



## RETHINKING TRANSPORT INFRASTRUCTURE INVESTMENT THROUGH THE LENS OF BIKENOMICS

And 8% admitted that, without it, they would drive a car door-to-door instead of using it as part of a bike-train trip. In 2024, researchers at Delft Technical University concluded that every euro invested in OV-fiets returns up to €2,40 in societal benefits, including improved accessibility, congestion, and health and safety outcome; all by inducing more train travel, more cycling, and less driving.

Looking ahead, the next frontier of bike infrastructure in the Netherlands are the doorfietsroutes; continuous cycling routes – enabled by the extended range of the e-bike – designed to cater to trips of five to fifteen kilometres, which cause the biggest traffic problems because they're too short for the train and too long for the bus or bike. As a result, regions across the country are investing millions to connect residential, commercial, and educational hubs with direct and comfortable cycle paths, which often require bridges and tunnels to reduce the amount of stopping. Early studies have shown these "cycle highways" create a positive shift in travel behaviour, with a 10% increase in biking probability for adjacent trips. Considering public health, travel times, road safety and maintenance, noise and air pollution and tourism, each euro invested is found to return €8,90 in societal benefits. In one specific case, officials who were skeptical of a €15-million cycling bridge across the Maas River as part of a 12 kilometre-long doorfietsroute between Heyendaal and Nijmegen commissioned a cost-benefit analysis in 2020. It was predicted to save €114 million over its lifetime.

The amount of money the Dutch spend on cycling often seems extravagant to outsiders, but it happens because they view each penny as an investment – in a healthier and happier population, a low-congestion and low-maintenance road network, and a public realm where people want to spend time and money.



This stretches far beyond a few 'prestige projects', and means building cohesive networks of high-quality cycling routes, reducing the speed and volume of cars filtering through the city, and combining cycling with public transport to capture the synergy between these two sustainable modes. Then and only then, when we consider the full cost of our mobility choices, will we stop asking whether we can afford to invest in cycling, and start asking whether we can afford not to.



Chris Bruntlett is International Relations Manager at the Dutch Cycling Embassy, a public-private partnership that represents the best knowledge, experience, and experts from the Netherlands. As a long-time campaigner in Vancouver, he fell in love with Dutch bike culture in 2016, inspiring him to author the book, "Building the Cycling City: The Dutch Blueprint for Urban Vitality". Chris uses his knowledge and passion to share lessons for global cities wishing to follow their footsteps, and become better places to live, work, and of course cycle. His latest book is "Curbing Traffic: The Human Case for Fewer Cars in Our Lives".

### Sources

- [1] Dutch Cycling Embassy (2022): <https://dutchcycling.nl/knowledge/blogs-by-experts/investing-in-bicycle-parking-saves-cities-money/>
- [2] BIKE. TRAIN. BIKE. (2017): [https://bitibi.eu/dox/BiTiBi\\_Booklet\\_WEB\\_Feb2017.pdf](https://bitibi.eu/dox/BiTiBi_Booklet_WEB_Feb2017.pdf)  
<https://repository.tudelft.nl/record/uuid:70ca79cc-d6de-47c3-a707-88068d233008>
- [3] Filho, F. E. M., Ploegmakersa, H., de Kruijff, J., Bussche, D. (2024): Cycle highway effects: Assessing modal choice to cycling in the Netherlands. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856424002647>
- [4] Vanpée, R., Van Zeebroeck, B. (2022): A comparative cost-benefit analysis of cycling within the Benelux and North Rhine-Westphalia. [https://www.benelux.int/wp-content/uploads/2023/03/Report\\_Cycling\\_Benelux\\_Executive\\_Summary-1.pdf](https://www.benelux.int/wp-content/uploads/2023/03/Report_Cycling_Benelux_Executive_Summary-1.pdf)



# Veranstaltungskalender

Wann	Was	Wo
12. & 13. Juni	Koralmbahn mit Exkursion	Graz
11. September	Fahrwegtagung	Graz
25. September	Busforum	Wien
Oktober	The Art of Mobility mit Hitachi	Wien
Oktober	Fachkräftemangel III (mit WKO & WIFI)	Wien
22. Oktober	Asset Management	Wien
13. & 14. November	Fahrstromanlagen	Wien
20. November	Karrieretag der Jungen ÖVG	Wien
26. Februar 2026	Verkehrswende gestalten	Wien
5. & 6. März 2026	24. Wiener Eisenbahnkolloquium	Wien
7. & 8. Mai 2026	100 Jahre ÖVG Tagung & Feier	Wien

Mehr Infos





# beWege

DER MOBILITY  
PODCAST DER



## Der ÖZV-Blog

In unserem Blog erwarten Sie aktuelle Neuigkeiten und spannende Artikel aus Wissenschaft, Industrie und Politik und für die Mobilität von morgen.



**Medieninhaber und Herausgeber:**

Österreichische Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft (ÖVG)

1090 Wien, Kolingasse 13/7

Tel.: +43/1/5879727

**Redaktion:** Franz Kalina, Marie-Luise Zwicker

**Layout:** Renée Ramdohr, Marie-Luise Zwicker

**Offenlegung gemäß Mediengesetz:**

Ziel der Österreichischen Zeitschrift für Verkehrswissenschaft ist es, die Verkehrswissenschaft zu fördern, verkehrswissenschaftliche, -technische und -politische Themen zu behandeln, Lösungen aufzuzeigen so- wie neue Erkenntnisse der verkehrswissenschaftlichen Forschung bekannt zu machen.

ASFINAG

ÖBB  
Holding

WKO  
TRANSPORT · VERKEHR

ALSTOM  
• mobility by nature •

Rail Cargo Austria  
Ein Unternehmen der ÖBB

Plasser & Theurer

BreitenfeldHR

SCHIG  
MOBILITÄT VERSTEHEN

DORR

Global Rail  
GROUP

SIEMENS

GYSEV  
Raaberbahn

HITACHI  
Inspire the Next

STADLER

iv INDUSTRIELLEN  
VEREINIGUNG

RAILWAY  
SYSTEMS  
by voestalpine

