

Track Analyses and Maintenance Planning (“2TAMP”) als Basis wirtschaftlicher Instandhaltungsstrategien für den Eisenbahnoberbau

Dipl.-Ing. Dr.techn. Jochen Holzfeind
Dipl.-Ing. Dr.techn. Robert Hummitzsch
DDipl.-Ing. Dr.techn. Bernd Markus Zunk

In Eisenbahninfrastrukturverwaltungen besteht weltweit großes Einsparungspotential, bei dessen Identifikation und Ausschöpfung sowohl technische als auch wirtschaftliche Managementkompetenzen gefragt sind. Das innovative Softwareanwendungspaket „2TAMP“ ermöglicht die Entwicklung von zeitlich optimierten, planbaren und randbedingungspezifischen Erneuerungs- und Instandhaltungsstrategien für den Eisenbahnoberbau.

Alleinstellungsmerkmal des Anwendungspaketes am Diagnosesoftwaremarkt ist die gleislagespezifische und randbedingungsabhängige Prognostizierbarkeit der Gleisqualität unter Berücksichtigung von durchgeführten Instandhaltungsmaßnahmen über die gesamte Nutzungsdauer der Eisenbahnanlage.

Basis hierfür ist die Verknüpfung von Anlagedaten mit der zeitlichen Entwicklung von Messdaten der Gleisqualität sowie wissenschaftlich ermittelten, mathematisch abgesicherten Zusammenhängen. Die Kombination technischer Anforderungen mit wirtschaftlichen Bewertungen auf Basis der Lebenszykluskosten des Eisenbahnoberbaus schafft eine gesamtheitliche Entscheidungsgrundlage.

Das steigende Interesse potentieller Kunden (Eisenbahninfrastrukturverwaltungen weltweit) bestätigt das vorhandene Marktpotential. Dies lässt auf eine rasche Umsetzung und Weiterentwicklung von „2TAMP“ unter Einbeziehung aktueller Erkenntnisse aus der Praxis schließen.

Eisenbahnoberbau, Diagnosesoftware, Prognose, Qualitätsverhalten, Lebenszykluskostenbetrachtung, Business-to-Administration-Marketing

I. EINLEITUNG

Der Fahrweg des zukunftssträchtigen öffentlichen Verkehrsmittels Eisenbahn unterliegt enormen Beanspruchungen aus Betriebslasten und Witterungseinflüssen.

Diese Belastungen führen je nach Gleisaufbau zu einer unterschiedlich schnellen Verschlechterung der Fahrwegqualität. In regelmäßigen Abständen wird diese derzeit mit speziellen Messzügen erfasst, um durch Früherkennung dieser Verschlechterungen einen sicheren Betrieb zu ermöglichen. Sind definierte Grenzwerte (Eingriffsschwellen) überschritten, muss die Fahrwegqualität durch kostenintensive Instandhaltungsmaßnahmen gehoben werden.

Manuscript received April 15, 2009, and accepted May 19, 2009, by Prof. Ulrich Bauer.

„2TAMP“ bietet die Möglichkeit eine wirtschaftlich-technisch optimierte Strategie für die Instandhaltung des Eisenbahnoberbaus zu definieren. Dazu ist in einem ersten Schritt die Abschätzung des zukünftigen Qualitätsverhaltens des Gleisoberbaus notwendig.

II. FAHRWEGINSTANDHALTUNG „HEUTE“

Eisenbahninfrastrukturverwaltungen streben aufgrund des ständig wachsenden Kosten- und Leistungsdrucks eine Optimierung ihrer Erneuerungs- und Instandhaltungsstrategie an. Gegenwärtig bedienen sich die meisten Eisenbahninfrastrukturverwaltungen eines reaktiven Instandhaltungssystems. Dabei werden die Messfahrten, welche in einer Größenordnung von zwei- bis sechsmal jährlich stattfinden, isoliert voneinander betrachtet. Für die ermittelten Ergebnisse der Messung wird die Überschreitung von Grenzwerten (z.B. der Aufmerksamkeits-[AS], der Eingriffs-[ES] sowie der Soforteingriffsschwellen [SES]) überprüft (Abb. 1).

Auf Basis dieser Betrachtung werden ausschließlich die unmittelbar notwendigen Maßnahmen zur Erneuerung und Instandhaltung abgeleitet.



Abb. 1. Isolierte Betrachtung von Messfahrten (Qualitäts-Weg-Diagramm) unter Berücksichtigung der Eingriffsschwellen (AS, ES, SES)

Reaktives Handeln bewirkt, durch den ständigen Zugzwang verursacht (der seinerseits durch nicht prognostiziert auftretende Mängel und den damit sofort erforderlichen Reparaturmaßnahmen auftritt), eine nicht geplante bzw. planbare und aufgrund der Kurzfristigkeit kostenintensive Instandhaltung.

Ausgangspunkt für die Verbesserung dieses Vorgehens ist die Entwicklung einer, auf praktisch-technischer Erfahrung und wirtschaftlichen Zusammenhängen basierenden,

Erneuerungs- und Instandhaltungsstrategie (Veit 1998).

Dadurch lassen sich gleislagespezifische Strategien für „typische Gleise“ (mit vergleichbaren Randbedingungen) aus der bisherigen Instandhaltungspraxis ableiten. Dieser Optimierungsschritt wurde beispielsweise bei den Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) in Kooperation mit der Technischen Universität Graz durchgeführt.

Mit dem dabei entwickelten Softwarepaket „2TAMP“ soll die Optimierung von der bisher durchgeführten reaktiven Instandhaltung hin zu einer verlässlichen Prognose der Qualitätsentwicklung des Gleises ermöglicht werden.

III. NOTWENDIGKEIT ZUR WEITERENTWICKLUNG

Fakt ist, dass nur durch eine zuverlässige Prognose der Qualitätsentwicklung des Gleises der Anteil der unplanmäßig durchzuführenden Reparaturmaßnahmen reduziert werden kann. Dadurch wird es möglich, den Einsatz von Großbaumaschinen besser zu planen und vorzubereiten, womit eine deutliche Kosteneinsparung im Bereich der Eisenbahninfrastruktur erzielt wird.

Für eine weitere Optimierung der Kosten ist es erforderlich, neben der zeitlichen Planbarkeit von Instandhaltungsarbeiten, die Eingriffsschwellen für diese optimal anzusetzen sowie situationsangepasste Komponenten bei Erneuerungsmaßnahmen zu verwenden.

Nur mit dem expliziten Wissen über erreichbare Qualitäten durchgeführter Maschineneinsätze sowie die Identifikation und Quantifizierung der Einflüsse von Komponenten auf das Verschlechterungsverhalten, wird eine Prognose über die gesamte Nutzungsdauer des Gleises ermöglicht.

Wird die langfristige Prognose zusätzlich mit Kosteninformation hinterlegt, gelingt eine z.B. auf Lebenszykluskosten (Lifecyclecosts [LCC]) basierende Wirtschaftlichkeitsbewertung und somit die angestrebte Optimierung der Erneuerungs- und Instandhaltungsstrategie.

„2TAMP“ vereint neben den bisher in Verwendung stehenden Eingriffsschwellen und der auf Erfahrung beruhenden Erneuerungs- und Instandhaltungsstrategien, vor allem kurz- und langfristige Qualitätsprognosen kombiniert mit LCC-Bewertungen.

IV. „2TAMP“ – INSTANDHALTUNG „MORGEN“

Basis der in Punkt III beschriebenen Prognosen ist die Auswertung der Ergebnisse mehrerer Messfahrten über die Zeit. Damit gelingt es die Entwicklung der Qualität darzustellen und mittels der im Eisenbahnwesen anerkannten Verschlechterungsfunktion der Gleislagequalität

$$Q(t) = Q_0 \cdot e^{bt} \quad (1)$$

- Q(t) ... Qualität abhängig vom zeitlichen Verlauf t
- Q₀ ... Qualität zum Zeitpunkt t=0 („Ausgangsqualität“)
- b ... Verschlechterungsrate
- t ... Zeit

zu beschreiben (Rießberger 1998).

Die zeitliche Fortführung dieser Funktion ermöglicht es, die Gleislagequalität kurz- und mittelfristig (ein bis drei Jahre) bis zur nächsten Instandhaltungsmaßnahme zu prognostizieren (Abb. 2).

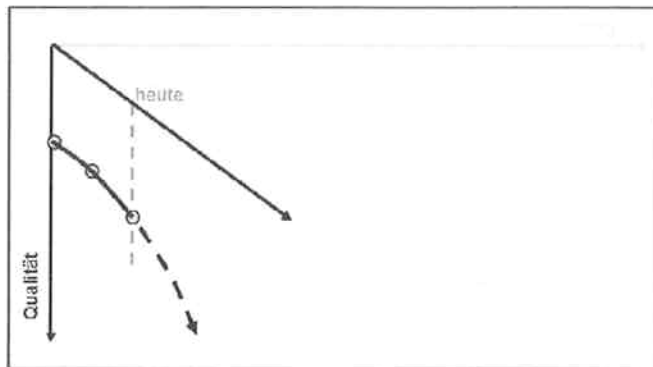


Abb. 2. Betrachtung von mehreren Messfahrten („Qualität-Zeit-Diagramm“) als Basis einer kurzfristigen Prognose

Dadurch wird eine präventive, rechtzeitig planbare und damit kostengünstigere Instandhaltung ermöglicht. Die bisherige Forschung im Bereich des Qualitätsverhaltens von Gleisen zeigte, dass abhängig von den jeweils in Verwendung stehenden Komponenten bzw. Randbedingungen mit einem stark unterschiedlichen Verschlechterungsverhalten zu rechnen ist. Im Zuge der Forschungsarbeiten wurde am Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der Technischen Universität Graz Wissen über den Einfluss dieser Randbedingungen generiert (Holzfeind 2009, Hummitzsch 2009).

In „2TAMP“ wird dieses Wissen über die Veränderung der Gleislagequalität angewendet, wodurch es möglich wird, randbedingungsspezifische Prognosen zu treffen. Ein weiteres Ergebnis der Forschung ist die Kenntnis der Effekte von Instandhaltungsarbeiten auf das Verschlechterungsverhalten des Oberbaus.

Dabei konnte einerseits das Verbesserungspotenzial der Qualität und andererseits das anschließend zu erwartende Verschlechterungsverhalten randbedingungsspezifisch beschrieben und quantifiziert werden (Abb. 3).

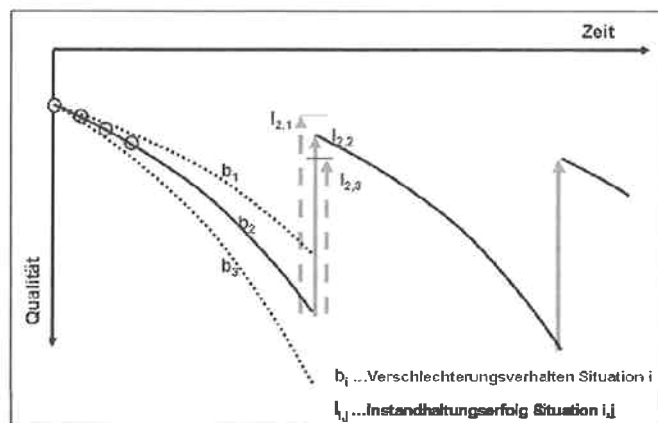


Abb. 3. Randbedingungsspezifische Entwicklung der Gleislagequalität und Effekte von Instandhaltungsarbeiten auf das Qualitätsverhalten von Gleisen

Durch die Integration dieser Erkenntnisse in „2TAMP“ gelingt es erstmals, eine verlässliche Prognose der Gleisqualität über die gesamte Lebensdauer eines Gleises zu erstellen.

Für den Nachweis der Wirtschaftlichkeit von Investitions- und Instandhaltungsstrategien im Eisenbahnwesen wird der Lebenszykluskostenansatz angewendet, da dies bei Anlagen mit 30 und mehr Jahren Nutzungsdauer als überaus angebracht erscheint und transparent macht, dass die Kosten für die laufende Instandhaltung über derart lange Nutzungsdauern keinesfalls zu vernachlässigen sind (Fendrich et al. 2007).

Um den geforderten Anspruch einer Optimierung der bisherigen Instandhaltungsstrategien objektiv erfüllen zu können, wird in „2TAMP“ neben der beschriebenen technischen Grundlage zusätzlich ein wirtschaftlicher Nachweis geführt. Mit diesem ist man in der Lage, die bisherige Situation mit der neuen, optimierten Situation auf Basis von Lebenszykluskosten zu vergleichen und so den geforderten Fortschritt auch kostenseitig zu belegen.

Diese Kombination technischer Anforderungen mit LCC-Bewertungen schafft somit eine neue und ganzheitliche Entscheidungsgrundlage für das Anlagenmanagement in Eisenbahninfrastrukturverwaltungen.

V. RELEVANTER MARKT UND MARKETINGSTRATEGIE FÜR „2TAMP“

Um das entwickelte Softwarepaket „2TAMP“ erfolgreich auf dem vorliegenden zunehmend kompetitiven Markt (Stichwort „Liberalisierung“) zu platzieren, ist es eingangs u.a. erforderlich, diesen „neu“ abzugrenzen.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass es sich bei dem zukünftig relevanten Markt um einen „engen“ Business-to-Business(B2B)-Markt handeln wird, auf dem international tätige Transaktionspartner (Eisenbahninfrastrukturunternehmen) als Kunden in Frage kommen, die sich im Zuge ihrer Beschaffungsvorgänge an fix zugeordnete Verhaltenskriterien und Vergaberichtlinien zu halten haben (Sachs, Hahl 2006).

Bei solchen (öffentlichen) Vergaben sind in der Regel gesetzliche Rahmenbedingungen (Vergabekriterien) zu berücksichtigen, die durch einen stark institutionellen Aspekt die Entscheidungsträger (in den Eisenbahnverwaltungen) auf der Abnehmerseite des Marktes in deren Handlungsfreiheit (maßgeblich) einschränken und dadurch starken Einfluss (ohne Rücksicht auf die aktuell vorherrschende Situation der notwendigen Kosten- und Leistungsoptimierung im Eisenbahninfrastrukturbereich) auf die Vermarktungssituation für „2TAMP“ haben.

Diese spezielle B2B-Vermarktungssituation zu Unternehmen bzw. Auftraggebern des öffentlichen Bereichs (wie es Eisenbahninfrastrukturverwaltungen derzeit sind), wird in der Literatur als Business-to-Administration (B2A)-Marketing erkannt (Wöhe 2005).

Gegenwärtig ist allerdings eine verstärkte Tendenz zur Konvertierung dieser öffentlichen Unternehmen in privatwirtschaftliche Unternehmensrechtsformen zu beobachten, wodurch diese umgewandelten Wirtschaftseinheiten dann sehr wohl zum originären Objekt betriebswirtschaftlicher Analyse und Gestaltung werden und somit wie Marktteilnehmer auf B2B-Märkten im Sinne von Industriegütermärkten (Backhaus, Voeth 2007) zu behandeln sind (Töpfer 2006), was eine Anwendung des bekannten und in der Praxis vielfach angewandten B2B-Marketinginstrumentariums als empfehlenswert erscheinen lässt.

VI. UMSETZUNG UND IMPLEMENTIERUNG

Die praktische Umsetzung von „2TAMP“ erfolgt in vier aufeinander aufbauenden Phasen.

Jede der nachfolgend kurz dargestellten Phasen kann (ohne auf Ergebnisse der vorangehenden und nachfolgenden Phase angewiesen zu sein) nach deren Abschluss vollständig angewendet werden.

Phase I:

- Zuordnung der Messdaten, Instandhaltungsarbeiten und Randbedingungen zu einem Gleisquerschnitt.
- Errechnung der lokalen Verschlechterungsfunktion.
- Auswertungstools als Basis für weitere Forschung.

Phase II:

- Automatische Neuberechnung der lokalen Verschlechterungsfunktionen in vorab definierten Zeitintervallen.
- Kurzfristige Prognose auf Basis der Historie von Qualitätsmessungen.
- Individuell erstellte Werkzeuge sowohl für das Management als auch für das operative Personal einer Eisenbahnverwaltung für den „day-to-day-use“.

Phase III:

- Einbeziehung der Randbedingungen aus den Forschungsergebnissen (Holzfeind 2009, Hummitzsch 2009) als technische Entscheidungsgrundlage für z.B. Maschineneinsatzplanung, Wahl der Komponenten, Effekte betrieblicher und konstruktiver Änderungen.
- Verfeinerung und Erweiterung der Auswertungsmöglichkeiten.

Phase IV:

- Erweiterung der technischen Entscheidungsgrundlage um Wirtschaftlichkeitsbewertungen auf Basis von Lebenszykluskosten.

Die beschriebene Phase I wurde bereits erfolgreich abgeschlossen und findet Anwendung in weiteren Forschungsprojekten der Technischen Universität Graz sowie in den derzeit kooperierenden Eisenbahninfrastrukturverwaltungen.

Die Konzeption der Phase II liegt vor und die individuellen Tools für das Infrastrukturmanagement sowie das operative Personalmanagement sind derzeit in Ausarbeitung.

Die Grundlagen für die Phasen III und IV wurden durch die langfristige Prognose und die bestehenden LCC-Bewertungsmethoden bereits geschaffen und sollen in weiteren Kooperationsprojekten in „2TAMP“ integriert und anwendbar gemacht werden.

Die Umsetzung und Implementierung jeder einzelnen Phase wird in enger Zusammenarbeit mit Bahnverwaltungen als Kooperationspartner durchgeführt.

Dadurch wird auf spezifische Anforderungen der Kunden schon im Entwicklungsstadium eingegangen, um so eine zeitgemäße und benutzerorientierte Anwendung zu garantieren.

VII. CONCLUSIO

Das vorgestellte Softwarekonzept „2TAMP“ bietet Eisenbahninfrastrukturverwaltungen die Möglichkeit, Kosteneinsparungen im Bereich der Fahrwegerneuerung und -instandhaltung unter Zugrundelegung einer Langfriststrategie zu realisieren.

Erstmals wird damit eine Maßnahmenplanung sowie Strategieentwicklung auf Basis empirisch ermittelter Langzeitqualitätsprognosen des Eisenbahnoberbaus sowie situationsangepasster Lebenszykluskostenbewertungen in einem Zuge ermöglicht.

Die erfolgreiche Weiterentwicklung der derzeit im Ausbaustadium vorliegenden Software wird zukünftig maßgeblich davon abhängen, ob es gelingen wird, in den derzeit herrschenden B2A-Märkten international ausreichend Projektpartner zur Produkterweiterung sowie Kunden zu finden, die mit der Zurverfügungstellung ihrer Messdaten an einer langfristigen Kooperation interessiert sein werden.

REFERENZEN

1. Backhaus, K., Voeth, M., 2007, Industriegütermarketing, 8. Auflage, München
2. Fendrich, L. et al., 2007, Handbuch Eisenbahninfrastruktur, Springer Verlag, Berlin, S. 873 ff.
3. Holzfeind, J., 2009, Zur Prognostizierbarkeit des Qualitätsverhaltens von Gleisen – Analyse des Gleisverhaltens am Einzelquerschnitt, Dissertation, Technische Universität Graz
4. Hummitzsch, R., 2009, Zur Prognostizierbarkeit des Qualitätsverhaltens von Gleisen – Statistische Analysen des Gleisverhaltens zur Erstellung eines Prognosemodells, Dissertation, Technische Universität Graz
5. Rießberger, K., 1998, Gleisgeometrie und Wirtschaftlichkeit – oder – Wie gut muss ein Gleis sein?, ÖVG Spezialband 41, S. 64 ff.
6. Sachs, M., Hahn, K., 2006, Das neue Bundesvergaberecht 2006, 1. Auflage, Wien
7. Töpfer, A., 2005, Betriebswirtschaftslehre, 1. Auflage, Berlin et al.
8. Veit, P., 1998, Entwicklung von Oberbaustrategien A-Strecken, Endbericht, Technische Universität Graz
9. Wöhe, G., 2005, Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 22. neubearbeitete Auflage, München



Dipl.-Ing. Dr.techn. Jochen Holzfeind
 Studium des Bauingenieurwesens, Vertiefung Verkehr an der Technischen Universität in Graz und dem Politecnico di Bari, Italien bis 2003. Diplomarbeit (Prof. Rießberger/TU Graz, TÜV-Süddeutschland/Rail), „Schutzzielorientierte Statusanalyse des Systemverbundes „Schienenfahrzeug – Tunnelbauwerk – Eisenbahnbetrieb“ in Bezug auf Brandschutz und Evakuierungssicherheit“. 2003 bis 2004 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft. 2004 bis 2005 Projektmitarbeiter Hochleistungsstrecken AG (Zentralraum Kärnten), seit 2005 Projektmitarbeiter ÖBB Bau AG (Zentralraum Kärnten, Koralmbahn), seit 2006 auch Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der Technischen Universität Graz. 2009 promoviert an der Technischen Universität Graz mit der Dissertation „Zur Prognostizierbarkeit des Qualitätsverhaltens von Gleisen – Analyse des Gleisverhaltens am Einzelquerschnitt,“ Anschrift: Technische Universität Graz, Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft, Rechbauerstrasse 12, A-8010 Graz. E-mail: jochen.holzfeind@tugraz.at



Dipl.-Ing. Dr.techn. Robert Hummitzsch
 Studium des Bauingenieurwesens, Vertiefung Verkehr an der Technischen Universität in Graz und der Universidad Politécnica de Valencia, Spanien bis 2004. Diplomarbeit bei Prof. Rießberger in Kooperation mit Jernbaneverket und Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet in Trondheim, Norwegen „Approaches to Optimising Asset Management of Permanent Way – Economic optimisation of Track Maintenance at Jernbaneverket and ÖBB“. Seit 2005 wissenschaftlicher Projektmitarbeiter am Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der Technischen Universität Graz. 2009 promoviert an der Technischen Universität Graz mit der Dissertation „Zur Prognostizierbarkeit des Qualitätsverhaltens von Gleisen – Statistische Analyse des Gleisverhaltens zur Erstellung eines Prognosemodells“. Anschrift: Technische Universität Graz, Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft, Rechbauerstrasse 12, A-8010 Graz. E-mail: robert.hummitzsch@tugraz.at



DDipl.-Ing. Dr.techn. Bernd Markus Zunk
 Studien Bauingenieurwesen mit der Vertiefung Verkehr und Infrastruktur sowie Wirtschaftsingenieurwesen an der Technischen Universität Graz. Diplomarbeit im Bereich „Qualitätsmanagement im Asphaltstraßenbau“ bei Prof. Eustacchio in Kooperation mit der Forschungsgesellschaft für Straße und Verkehr. 2000 bis 2001 studienbegleitend freier Mitarbeiter der Eisenbahn-Hochleistungsstrecken AG (Zentralraum Kärnten) in Klagenfurt. Von 2002 bis 2003 im Bau- und Projektmanagement der Kostmann GmbH tätig. In der Zeit von 2003 bis 2008 Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie bei Prof. Bauer. 2008 Promotion zum Thema „Controlling von Kundenbeziehungen“ an der Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften der TU Graz.

2009 begann Dr. Zunk eine Professorenlaufbahn an der Technischen Universität Graz. Seine derzeitigen Arbeitsfelder in Forschung und Lehre sind Business-to-Business-Marketing, Kundenbeziehungsmanagement, Kundenwert, Marketing- und Vertriebscontrolling sowie Risikocontrolling.

Dr. Zunk ist u.a. Mitglied beim Internationalen Controllerverein (ICV) und dem Verband der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft (VHB). Anschrift: Technische Universität Graz, Institut für Betriebswirtschaftslehre und Betriebssoziologie, Kopernikusgasse 24/II, A-8010 Graz. E-mail: bernd.zunk@tugraz.at