



Ergebnisse und Highlights

Edited by Anders Ekberg & Bjöm Paulsson



Zusammenfassung des technischen Schlussberichts

HIGHLIGHTS

1. Untergrundbewertung
2. Gleissteifigkeit
3. Vier verschiedene Planumverbesserungsmethoden
4. Zwei innovative Gleisformen
5. Leitfaden für die optimale Auswahl von Schienenstahlgütern
6. Squatbildung
7. Riffel
8. Schienenstöße
9. Schienenrisse
10. Schienenversuche
11. Inspektionsmethoden und Schienenriss-Detektionssysteme
12. Schleifverfahren
13. Schweißungen mit begrenzter WEZ
14. Kartierung der Distributionskosten
15. Optimierung der Weichen & Kreuzungen
16. Rechnergestützte Schadensprognose und Optimierung der Weichenkomponenten
17. Offener Standard für elektronische Stellwerke und hohle Schwellen
18. Hauptparameter für Weichenüberwachungssysteme
19. LCC-Bewertungsmethode
20. Logistiklösungen

INNOTRACK-Ziele

Das INNOTRACK-Projekt ist eine gemeinsame Initiative der wichtigsten Akteure des Bahnsektors (Netzbetreiber, Bahnhersteller und Forschungsorgane), um das Bahnnetz mit innovativen Lösungen für deutliche reduzierte Investitions- und Instandhaltungskosten zu einem rentablen Hochleistungsnetz weiterzuentwickeln.

INNOTRACK war eine einzigartige Gelegenheit für Netzbetreiber und Hersteller sich gemeinsam mit Forschungsthemen zu befassen, welche die LCC des Bahnnetzes stark senken können. INNOTRACK wurde im Rahmen des 6. Rahmenforschungsprogramms der EK ins Leben gerufen (Vertragsnr. TIP5-CT-2006-031415).

Die Philosophie von INNOTRACK

Gelingt es den neuen Herausforderungen des Schienenverkehrs gerecht zu werden, so könnte die Bahn in Zukunft an Bedeutung gewinnen – die meisten dafür nötigen Tools werden im Rahmen von INNOTRACK aufgezeigt.

Die Bahnen sind heutzutage mit neuen Herausforderungen konfrontiert (wie höhere Geschwindigkeiten - oft kombiniert mit höhere Achslasten, höhere Verfügbarkeit, weniger Störungen und reduzierte LCC), gleichzeitig müssen auch alle Sicherheits- und Umweltvorgaben erfüllt werden. Die meisten Bahnen haben viele Engpässe, die bei Störungen nur wenig Spielraum bieten. Werden diese neuen Herausforderungen angenommen, so kann der Schienenverkehr in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Dank der INNOTRACK-Ergebnisse können die Bahnen Lösungen für den wichtigen Bereich Ober- und Unterbau finden, der 50–60% der Instandhaltungs- und Erneuerungskosten einer typischen Eisenbahn darstellt. Mit anderen Worten, die INNOTRACK-Ergebnisse haben einen beträchtlichen Einfluss auf die Senkung der Gesamtkosten bei den Bahnen.

Diese Herausforderungen werden in Kapitel 2 des technischen INNOTRACK-Schlussberichts beschrieben. Hervorzuheben ist hier, dass all diese Anforderungen bzw.

Herausforderungen keine leeren Worte, sondern Realität in unserem täglichen Betriebsgeschehen sind.

Das INNOTRACK-Ergebnis ist ein Werkzeugkasten mit vielen innovativen Lösungen. Manche der ausgewählten Lösungen werden in diesem Kapitel als "Highlights" dargestellt, um einen Überblick über die INNOTRACK-Inhalte zu geben. Einige Highlights sind sehr technisch orientiert, andere sind allgemeiner Art. Ferner gibt es eine vollständige Liste mit umsetzbaren INNOTRACK-Ergebnissen (siehe Anlage VI des technischen INNOTRACK-Schlussberichts).

Das Bahnsystem ist sehr komplex

Die Komplexität des Bahnsystems liegt darin begründet, dass eine Vielzahl an Komponenten mit unterschiedlicher Standzeit und Status in einem System zusammenwirken müssen. Ferner ist der Komponententausch ein stetig fortlaufender Vorgang. Daher ähnelt das heutige Bahnnetz einem Patchwork, das immer höheren Ansprüchen gerecht werden muss und somit erfordert jede Änderung große Sorgfalt.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist, dass ein Großteil des allgemeinen Fachwissens über Bahn und insbesondere Oberbau auf Erfahrung beruht. Das heißt, gleichbleibende Situationen sind

überschaubar, neue Anforderungen können jedoch eine radikal veränderte Systemreaktion zur Folge haben. Zu wissen „wie“ reicht daher nicht mehr, es muss auch verstanden werden „warum“, um die Folgen der Änderungen absehen zu können.

INNOTRACK enthält viel neues Wissen, das es ermöglicht, die Ursachen der Phänomene zu verstehen und die künftige Reaktion des Oberbaus zu prognostizieren.

Für die Um- bzw. Aufrüstung von Systemteilen mit neuen und leistungsstärkeren Komponenten werden neue, in das komplexe Bahnsystem passende Komponenten benötigt. Die Einführung neuer Komponenten ist unabdingbar, da viele existierende Komponenten alters- oder anforderungsbedingt ersetzt werden müssen. Eine geordnete Einführung ist erforderlich, um „Herumprobieren“ zu vermeiden und sicherzustellen, dass die technischen, logistischen sowie LCC-Anforderungen erfüllt werden. Dieses Verfahren ist auch das Kernstück von INNOTRACK.

Die Lage ist derzeit noch schwieriger, weil es einen (an sich positiven) Trend zu internationalen Komponenten gibt. Somit verlagert sich zusehends die Rolle der Hersteller, welche die neuen Produkte entwickeln (siehe Kapitel 7 des technischen INNOTRACK-Schlussberichts). Es bedeutet auch, dass die neuen Komponenten weniger genau an

ationale Bedürfnisse angepasst werden. Die Netzbetreiber haben ihrerseits weniger Einfluss auf die Produktentwicklung, denn ihre Spezifikationen müssen auf funktionalen Anforderungen basieren. Somit sind sowohl Netzbetreiber als auch Hersteller mit neuen Herausforderungen konfrontiert: Garantie korrekter Komponentenqualität und Erbringung der vorhergesehenen Leistung im Bahnsystem. INNOTRACK hat diese Problematik sowohl auf der Sicht der Technik als auch der LCC unter die Lupe genommen.

Der Großteil der Kostenfaktoren ist international

INNOTRACK-Untersuchungen haben gezeigt, dass die ausschlaggebenden Kostenfaktoren internationaler Art sind. Daher wären viele vorgeschlagene Implementierungsprojekte effizienter, wenn sie im Rahmen der internationalen Kooperation durchgeführt würden. Die Einrichtung aktiver internationaler Arbeitsgruppen würde die Umsetzung neuer Lösungen beschleunigen und den Personalaufwand reduzieren. INNOTRACK hat erstmals die europäischen Oberbau-Kostenfaktoren samt Ursachen in den Bereichen Unterbau, Gleis sowie Weichen & Kreuzungen identifiziert. Seither hat sich INNOTRACK aktiv für die Unterstützung und Koordinierung auf europäischer Ebene eingesetzt.

Forschung und Entwicklung (R&D) sind eine Notwendigkeit und eine effiziente Art Voranzukommen, insbesondere im Bahnsektor. Heute ist R&D im Bahnsektor auch eine Notwendigkeit, um Kosten zu senken und Leistung zu steigern. Ferner ist R&D auch ein guter Weg der Zusammenarbeit zwischen Netzbetreibern und Herstellern, damit die Bedürfnisse des Netzbetreibers in die Produktentwicklung beim Hersteller einfließen können und sichergestellt wird, dass die entwickelten Produkte/Dienstleistungen/Verfahren in das System passen und wie vorgesehen funktionieren. Dies ist umso wichtiger als R&D heute größtenteils in unterschiedlichen Umfeldern stattfindet, worin die Hersteller schrittweise die (bisher den Netzbetreibern zukommende) Hauptrolle übernehmen.

Neues Wissen implementieren ist schwierig, aber notwendig

Die Tatsache, dass es in der Vergangenheit schwierig war, bei den Bahnen neues Fachwissen umzusetzen, ist heute die Achillesferse von R&D. Hier müssen die Netzbetreiber effizienter werden und sicherstellen, dass die Einführung eines neuen Produkts geordnet erfolgt (siehe oben) und, dass das mit diesem Produkt verbundene Fachwissen in die Organisation einfließt. UIC und UNIFE haben für INNOTRACK beträchtlichen Summen beigesteuert, um die Umsetzung professioneller zu gestalten.

INNOTRACK — eine kurze Zusammenfassung der Highlights

Untergrundbewertung

Kostenfaktoren

Veränderliche Bodenbedingungen führen zu instabiler Gleisgeometrie und erhöhen den Instandhaltungsbedarf.

Lösung

INNOTRACK hat einen Vergleich zwischen verschiedenen Bewertungsmethoden für Untergrundbedingungen gezogen, um ihre Vorteile und ihre Genauigkeit zu

bewerten. Zusätzlich wurde eine Datenbank für die Speicherung, Suche und Abfrage von Daten über Untergrundbedingungen entwickelt.

Vorteile

Mögliche Optimierung der Verstärkungsverfahren, um die gleisgeometrischen Schäden und den Stoppbedarf zu reduzieren.

Nächste Schritte

Optimierte internationale Anwendung nationaler Bewertungsmethoden mit

Definition der Bewertungsmethodik. Breitere Nutzung und Vervollständigung der Daten für eine regelrechte Datenbank für Oberbaubedingungen. Bewertung der Zeitabhängigkeit des Streckenzustands.

Gleissteifigkeit

Kostenfaktor

Gleissteifigkeit ist ein wichtiger Faktor beim Zusammenwirken von Fahrzeug und Fahrweg. Vereinfacht ausgedrückt

bestimmt die Gleissteifigkeit die Auswirkungen des Fahrwegs auf das Fahrzeug. Dies gilt insbesondere für Hochgeschwindigkeits- und Schwerverkehr. Festzuhalten ist, dass normalerweise nicht die spezifische Steifigkeit ausschlaggebend ist, sondern vielmehr die Steifigkeitsschwankungen. Ferner variiert die Gleissteifigkeit auch mit dem Klima. Zu hohe oder zu geringe Gleissteifigkeit führt zu höherer dynamischer Belastung und ist daher ein wichtiger Kostenfaktor.

Lösung

INNOTRACK hat in dieser Frage einen gewaltigen Schritt voran getan. Es wurden Messungs- bzw. Bewertungsverfahren für Gleissteifigkeit entwickelt, um ihren Einfluss besser zu verstehen und ihre Verteilung zu optimieren. Ferner hat INNOTRACK erstmals die Gleissteifigkeit in Weichen international verglichen. Das Ergebnis zeigt deutlich, dass beträchtliches Potential für die Reduktion der dynamischen Kräfte besteht. Die INNOTRACK-Messungen sind ein Tool für die Überwachung und Erhaltung einer geeigneten Steifigkeitsverteilung in Weichen bzw. Übergangszonen.

INNOTRACK hat mehrere Gleissteifigkeitsmessmethoden entwickelt und bewertet/verglichen. Um den Einfluss veränderlichen Untergrunds zu bewerten, hat INNOTRACK eine Reihe von rechnergestützten sowie empirischen Verfahren bzw. Methoden entwickelt und bewertet.

Vorteile

Besseres Verständnis der Gleissteifigkeit bedeutet Reduzierungspotential bei dynamischen Kräften und geringere Schäden am Gleis sowie an Weichen & Kreuzungen.

Nächste Schritte

Die Gleissteifigkeit hat starken Einfluss auf die Belastung des Gleises und des Rollmaterials. Gleissteifigkeit ist in den Technischen Spezifikationen für Interoperabilität (TSI) Infrastruktur weiterhin ein offener Punkt. Das INNOTRACK-Ergebnis kann ein sinnvoller Beitrag zur Weiterentwicklung der TSI sein.

Die INNOTRACK-Ergebnisse werden für die Optimierung von Weichen & Kreuzungen weiterverwendet.

Vier verschiedene Planumverbesserungsmethoden

Kostenfaktor

Verbesserungen des Planumzustands sind sehr aufwändig, nicht nur aufgrund der Personal- und Werkstoffkosten sondern auch im Hinblick auf Verkehrsstörungen, Geschwindigkeitsbegrenzungen usw.

Lösung

INNOTRACK hat vier verschiedene Planumverbesserungsmethoden entwickelt, umgesetzt und bewertet. Dies umfasst den optimierten Einsatz von Geogittern bzw. Geotextilen, die Verwendung von senkrechten Bodenbindemittelsäulen und schrägen Kalkzementsäulen. Letztere können ohne Gleisperre eingesetzt werden, wodurch hohe Kosteneinsparungen und minimale Verkehrsunterbrechungen möglich werden. All diese Methoden wurden per Simulation/Berechnung bzw. Versuche geprüft.

Vorteile

Die verbesserten und optimierten Methoden werden die LCC erwießenermaßen deutlich senken und zusätzlich die betrieblichen Störungen reduzieren.

Nächste Schritte

Die entwickelten Lösungen sind nun in die nationalen und internationalen Regelwerke einzuarbeiten.

Zwei innovative Gleisformen

Kostenfaktor

Schwankungen bei der Tragsteifigkeit des Oberbaus sind ein Hauptfaktor für rasche Verschlechterung der Gleisqualität bzw. des Schienenzustands und erfordern häufiges Stopfen für die Korrektur der Gleisgeometrie, Schienenschleifen zur Beseitigung von Oberflächenschäden (wie Rollkontaktermündung) und zerstörungsfreie Schienenprüfung als Vorbeugung gegen Schienenbrüche sowie als Garantie der Betriebssicherheit. Die Situation wird bei Weichen &

Kreuzungen aufgrund des komplexen Layouts und der entsprechend höheren dynamischen Kräfte noch schwieriger.

Der Hauptgrund für die Entwicklung neuer Oberbauformen war daher die Senkung der LCC durch Beseitigung der Oberbauvariabilität mittels Design- und Installationsverfahren.

Lösung

INNOTRACK hat zwei neue Oberbauformen entwickelt:

Das eingebettete Schienensystem

Es handelt sich um ein hochproduktives System mit fortlaufender Hochleistungskonstruktion (Betonieren, Ausrichten und Schienenverlegung); bis zu 1,5 m pro Minute für eine Neubaustrecke – weder Stopf- noch Bettungskosten. Die innovative Schienenform ermöglicht höheren Schienenverschleiß (+25%) und vollen Einsatz härterer Stahlgüten. Ein mit dem Fahrzeug zusammenwirkendes Design soll die Rollmaterialkosten minimieren. Dieses einfache, durchgehend gelagerte komponentenarme System ermöglicht fahrzeugseitig vollautomatische Prüfung mittels Video, Ultraschall und Geometriemessung. Potentiell kann auch eine Senkung der Abdeckplatte durch Lichtwellenabtastung detektiert werden.

Doppellagige Stahlfahrbahn

Dieses System wurde spezifisch für Weichen & Kreuzungen konzipiert, die einen unverhältnismäßig hohen Anteil des Instandhaltungsbudgets in Anspruch nehmen. Der doppelagige Beton-Stahloberbau ist ein neues Streckendesign, das im Rahmen des Projekts vom Konzept bis zur Prototypeninstallation entwickelt wurde. Sein Design bietet homogene Lagerung, um die Instandhaltungsanforderungen zu minimieren. Die Baukastenweise ermöglicht eine schnelle Installation, wodurch Einbauzeit und –kosten reduziert werden.

Vorteile

Das eingebettete Schienensystem

Hochproduktives System mit um 30% reduzierter Bauzeit, reduzierten Baukosten – wettbewerbsfähig im Vergleich zu Schotter, kosteneffiziente

Bauvorrichtung aus dem Straßenverkehr. Die Lösung bietet sich auch bei erweiterter Tunnelbegrenzungslinie mit geringer Konstruktionstiefe an. Die Instandhaltung wird durch verbessertes Zusammenwirken mit dem Fahrzeug reduziert. Weitere Vorteile sind: keine Bettungsinstandhaltung, verlängerte Schienenstandzeit (Ermüdung und Verschleiß) und eine Streckenstandzeit von über 60 Jahren. Das System erleichtert die selbsttätige Inspektion mit Ultraschallprüfung. Das Design ermöglicht die vollautomatische Videoüberprüfung der Geometrie. Zusätzlich wurden gewisse Schadbilder beseitigt.

Doppellagiger Stahlüberbau

Das doppelagige Design garantiert die durchgehende Lagerung und Justierbarkeit. Die Baukastenweise mit Paneldesign ermöglicht rasche und kosteneffektive Installierung und Logistik. Nach jeder Sperrpause kann sofort wieder mit Streckengeschwindigkeit gefahren werden. Die deutlich geringeren Lagerungsschäden minimieren die Instandhaltung (kein Stopfen), wodurch die Streckenverfügbarkeit steigt. Ferner verlängern die homogene Lagerung und die Rad/Schiene-Berührbedingungen die Schienenstandzeit. Einbaukosten sind, bei Berücksichtigung der Zugverspätungskosten, mit jenen von Weichen & Kreuzungen mit Schotterbettung vergleichbar.

Nächste Schritte

Die Lösungen werden nun im Betrieb eingesetzt.

Leitfaden für die optimale Auswahl von Schienenstahlgütern

Kostenfaktor

Der undifferenzierte Einsatz von konventionellem (nicht wärmebehandeltes Standardcarbon) Stahlgütern in Bögen bis 5 000 m führt zu vermeidbaren exzessiven Instandhaltungskosten bzw. verfrühten Neuinvestitionen für den der Schienenaustausch.

Lösung

Auf der Basis von zahlreichen langfristigen Streckenmessungen konnte INNOTRACK Prognosemodelle für das gesamte Schienenschadbild (Verschleiß und Rollkontaktermüdung/RCF) entwickeln und kalibrieren. Im Vergleich mit den Standardstahlgütern sind wärmebehandelte Schienen verschleiß- und ermüdungsfester. Es wurden zwei verschiedene Ausgangspunkte für die Auswahl der Schienenstahlgütern ins Auge gefasst: der Halbmesser und das Schadbild. Beide Methoden liefern konsistente Ergebnisse, welche die technischen und wirtschaftlichen Vorteile der großflächigen Nutzung von wärmebehandelten hochwertigen Stahlgütern bestätigen.

Vorteile

Die durch den Umstieg auf wärmebehandelte hochwertige Stahlgütern verbesserte Dauerhaftigkeit führt zu einer deutlichen Verlängerung der Standzeit, beträchtlich reduzierten LCC und gleichzeitig zu erhöhter betrieblicher Streckenverfügbarkeit. Auch die Rückzahlung der Investition kann innerhalb sehr kurzer Zeit erfolgen. Die Kosteneinsparungen können, wie im Projekt gezeigt, mit dem von INNOTRACK entwickelten LCC-Modell spezifisch errechnet werden.

Nächste Schritte

Der INNOTRACK-Leitfaden wird nun von der UIC-Gruppe der Oberbauaufachleute (TEG) verwendet und soll die Grundlage einer UIC/UNIFE-TecRec (ersetzt UIC-MB 721) bilden.

Squatbildung

Kostenfaktor

Squats sind im europäischen Netz immer stärker verbreitet. Abhilfemaßnahmen wie Schieneschleifen, Stoßsanierung bzw. Austausch des schadhafte Schienenstücks haben starke Auswirkungen auf das Instandhaltungsbudget.

Lösung

Es gilt, die Ursachen der Squatbildung zu ergründen und die Wachstumsfaktoren besser zu verstehen, damit optimierte Abhilfemaßnahmen angewendet werden

können. INNOTRACK hat durch Versuchsmessungen und Computersimulationen einen gewaltigen Schritt in diese Richtung getan. Insbesondere die Frage, welche Ausgangsfehler sich zu regelrechten Squats weiterentwickeln, wurde eingehend untersucht.

Vorteile

Die INNOTRACK-Arbeit liefert Mittel für die Optimierung der Instandhaltungsmaßnahmen und erleichtert den Übergang zur geplanten Instandhaltung. Die Größenordnung der Instandhaltungskosten senkung hängt von den Strecken- bzw. Verkehrsmerkmalen ab, ist jedoch erwartungsgemäß beträchtlich.

Nächste Schritte

Das zusammengetragene Fachwissen muss in die Betriebsvorschriften und Handbücher über Mindestmaßnahmen einfließen. Die Schlussfolgerungen basieren hauptsächlich auf den Feststellungen im niederländischen Netz. Die Studie muss erweitert werden, um die Anwendbarkeit der Ergebnisse auf andere europäische Netze zu prüfen. Es besteht immer noch Bedarf an Fachwissen, z.B. hinsichtlich der Wachstumsraten unter allgemeinen Betriebsbedingungen.

Riffel

Kostenfaktor

Riffel erhöhen den Lärmpegel und die Rad/Schiene-Berührkräfte. Die Standardkorrekturmaßnahme „Schienenschleifen“ ist kostspielig und verursacht Verkehrsstörungen. Es gibt auch Beweise dafür, dass geriffelte Gleise verstärkt zu Squatbildung neigen.

Lösung

INNOTRACK hat eine Methode zur Bestimmung der Riffelgröße entwickelt, im Hinblick auf Lärmbelästigung und die Gefahr von Rad- bzw. Schienenrissbildung.

Vorteile

Die entwickelte digitale Toolbox kann zur Bestimmung der Schleifintervalle usw. eingesetzt werden.

Nächste Schritte

Das abgeleitete Fachwissen muss in die Betriebsvorschriften und Handbücher über Mindestmaßnahmen bzw. Berufsgepflogenheiten einfließen. Die weitere Optimierung der Instandhaltungsmaßnahmen erfordert tieferes Fachwissen über Riffelwachstum und die Beziehung zwischen den betrieblichen Belastungsbedingungen und Rissbildung.

Schienenstöße

Kostenfaktor

Schienenstöße sind Zwangspunkte in der Schiene. Daher sind sie hohen betrieblichen Lasten ausgesetzt, die zu Stoßsenkungen (bewirken wiederum eine Lasterhöhung) und Materialablagerung (schließt das Signalsystem kurz) führen können. Abhilfe bedeutet (sofern der Schaden frühzeitig erkannt wird) in den meisten Fällen Austausch und generiert somit beträchtliche zusätzliche Instandhaltungskosten sowie Verkehrsunterbrechungen.

Lösung

INNOTRACK hat eine weitläufige Simulationskampagne über die mechanische Beschädigung der Schienenstöße durchgeführt. Ferner wurden Feldmessungen durchgeführt, um die Simulationen zu überprüfen. Mit diesem Ergebnis kann man den Einfluss der verschiedenen betrieblichen Parameter und zugehörigen Schadmechanismen deutlich besser nachvollziehen.

Vorteile

Die INNOTRACK-Arbeit ist das Fundament für die Festlegung der Stoßgeometrie und der zulässigen Toleranzen für die jeweiligen Betriebsbedingungen. Das verbesserte Verständnis der Schadmechanismen sollte auch eine Optimierung des Schienenstoßdesigns ermöglichen.

Nächste Schritte

Das abgeleitete Fachwissen muss in die Betriebsvorschriften und Handbücher über Mindestmaßnahmen bzw. Berufsgepflogenheiten einfließen. Forschungsbedarf besteht weiterhin (z. B. Einfluss der Verkehrslage,

Lagerungsbedingungen, Werkstoffmerkmale usw.)

Schienenrisse

Kostenfaktor

Schienenrisse sind letztendlich ein Sicherheitsproblem. Um Risswachstum bzw. Versagen vorzubeugen, müssen die Risse frühzeitig entdeckt und beseitigt werden. Übermäßige Überlast ist ebenfalls zu vermeiden. Zu ungenaue Präventionsmaßnahmen, einschließlich der zulässigen vorbeifahrenden Lasten, führen zu steigenden Kosten und beeinträchtigen die Sicherheit.

Lösung

INNOTRACK hat das Schienenrisswachstum mit dem Ziel untersucht, den Einfluss der Betriebsparameter in Bezug auf Inspektions- und Instandhaltungsbedarf zu quantifizieren. Ein Anwendungsbeispiel ist die Festlegung der zulässigen flachstellenbedingten Belastungsgrößen.

Vorteile

Dank der INNOTRACK-Arbeit ist die Genauigkeit der betrieblichen Entscheidungen und Abhilfemaßnahmen gestiegen. Besonders vorteilhaft ist dabei, dass bestehende „Mindestmaßnahmen“ erwägt und anhand von wissenschaftlich erprobten Verfahren überprüft/überarbeitet werden können.

Nächste Schritte

Die INNOTRACK-Ergebnisse wurden bereits für eine bessere Regelung der Betriebsbelastungen angewendet, es besteht allerdings noch Harmonisierungsbedarf auf europäischer Ebene. Die Überlegungen zum Thema Inspektionsintervalle sind in die Handbücher über „Mindestmaßnahmen“ und Regelwerke einzuarbeiten und das Verfahren muss auf andere, in den europäischen Netzen stark verbreitete Fehler erweitert werden.

Schienenversuche

Kostenfaktor

Aussagekräftige Schienenstahlversuche beschleunigen die Entwicklung geeigneter Schienenstahlgüten bzw. angemessener Instandhaltungsstrategien und reduzieren

somit die Instandhaltungskosten. Feldversuche sind kostspielig und können kaum unter beherrschten Bedingungen durchgeführt werden. Ihr Ersatz durch Labortests würde Einsparungen ermöglichen. Der aktuelle Entwurf zur europäischen Schienennorm (prEN 13674: 2009) sieht keine direkte Messung der verschiedenen Stahlgüten hinsichtlich der beiden wichtigsten Schadmechanismen (Verschleiß und Rollkontaktermüdung) vor. Stattdessen basieren Normung und Bahnen auf indirekten Messungen, wie Oberflächenhärte und Zugfestigkeit. Außerdem sind die Verschleiß- und Rollkontaktermüdungsversuche der einzelnen Organisationen (Netzbetreiber, Schienenhersteller und Universitäten) nicht vergleichbar und geben nur einen Hinweis auf die betriebliche Leistung der einzelnen Stahlgüten. All diese Faktoren generieren ineffiziente und unnötig kostspielige Versuche, die zur Auswahl suboptimaler Stahlgüten führen können.

Lösung

INNOTRACK hat Arbeiten zur Harmonisierung der Labortests für Stahlgüten (in Modell- und in Originalgröße) durchgeführt und diese durch Computersimulationen bzw. Laboruntersuchungen der Verformungen/Schäden im Mikrogefüge mit den Betriebsbedingungen vor Ort in Zusammenhang gebracht. Dieser systematische Ansatz ist einzigartig im Bahnsektor und die Ergebnisse lieferten zusätzliche wissenschaftliche Nachweise für die Vorteile von erstklassigen Stahlgüten.

Vorteile

INNOTRACK liefert eine Vergleichsmethode für Schienenstahlgüten, der erstellte Leitfaden soll in die künftigen Euronorm-Schienenspezifikationen einfließen.

Nächste Schritte

Arbeitsschwerpunkt ist die Formalisierung bzw. Standardisierung der Versuchsberichte (gilt auch für Feldversuche) und die Verbesserung der Vergleichsmethoden (Versuchs-/ Betriebsbedingungen) durch Computersimulation sowie Untersuchungen der Verformungen im

Mikrogefüge bzw. Schäden. Eine Initiative wird darauf abzielen, entsprechende Eingaben für die neue CEN-Norm vorzubereiten.

Inspektionsmethoden und Schienenriss-Detektionssysteme

Kostenfaktor

Die Unfähigkeit, Schienenrisse in einem frühen Wachstumsstadium zu detektieren, erschwert die Planung von Abhilfemaßnahmen (wie Schienenschleifen). Werden die Anrisse nicht rechtzeitig beseitigt, so können beträchtliche Rissgrößen auftreten, die zu höheren Schleifkosten bzw. umfangreicheren Betriebsstörungen führen und auch die Standzeit der Schiene verkürzen. In ungünstigen Fällen kann dies sogar eine Betriebsgefährdung darstellen.

Lösung

Im Rahmen von INNOTRACK wurde eine beträchtliche Anzahl von Inspektionsmethoden und Rissdetektionsgeräten erprobt. Die einzelnen Methoden wurden für unterschiedliche Rissarten auf Genauigkeit geprüft. Die Ausrüstung wurde sowohl unter Labor- als auch Feldbedingungen bewertet.

Vorteile

Die INNOTRACK-Arbeit liefert einem Netzbetreiber eine gute Grundlage für die Auswahl des geeigneten Schienenrissdetektionsgeräts.

Nächste Schritte

Die Arbeit wird im Rahmen der europäischen Projekte INTERAIL und PM'n'IDEA fortgesetzt.

Schleifverfahren

Kostenfaktor

Schleifen ist ein Instandhaltungsverfahren zur Verlängerung der Schienenstandzeit und zur Senkung der Kosten. Heutzutage ist Schleifen aus zwei Gründen eine kostspielige Maßnahme: unzureichende logistische Planung und fehlende Schleifstrategie für das gesamte Netz.

Lösung

INNOTRACK hat einen Leitfaden für optimierte Schleifverfahren erstellt. Dieser Leitfaden enthält nicht nur technische Spezifikationen (z.B. Profiltoleranzen), sondern auch logistische und strategische Betrachtungen.

Vorteile

Der INNOTRACK-Leitfaden ist eine Entscheidungsgrundlage bei der Festlegung der Zielprofile. Er unterstützt den Netzbetreiber auch bei der logistischen Optimierung des Schleifvorgangs und gibt eine klare Schleifstrategie für das gesamte Netz vor.

Nächste Schritte

Eine Arbeitsgruppe wird die Arbeiten übernehmen und den INNOTRACK-Leitfaden in eine TecRec überführen. Die neue TecRec soll im Vergleich zum Leitfaden auf folgende Bereiche erweitert werden: Umsetzung einer Strategie, logistische Aspekte, wirtschaftliche Aspekte, Koordinierung mit anderen Instandhaltungsaktivitäten und Harmonisierung der Zielprofile.

Schweißungen mit begrenzter WEZ

Kostenfaktor

Schweißungen sind Störstellen in der Strecke. Dies kann zu höheren Belastungen führen, die Schienenschäden verursachen. Außerdem ist Schweißen ein energieintensiver Vorgang, der sich sowohl auf LCC als auch auf die Umwelt auswirkt.

Lösung

INNOTRACK hat die Vorteile von Schweißungen mit begrenzter WEZ entwickelt und bewertet.

Vorteile

Svetsar med en smal värmepåverkad zon är överlägsna ur ett energiperspektiv. Dessutom har INNOTRACK utvärderat vilka gynnsamma mekaniska egenskaper man får på grund av den smala värmepåverkade zonen.

Nächste Schritte

Aus der Sicht des Energiemanagements sind Schweißungen mit begrenzter WEZ vorteilhafter. Außerdem hat INNOTRACK die günstigen

mechanischen Eigenschaften der begrenzten WEZ bewertet.

Kartierung der Distributionskosten

Kostenfaktor

Da es für die Nachvollziehbarkeit der Kosten im Zusammenhang mit den Komponenten, Arbeitsaufgaben usw. keinen standardisierten Ansatz, ist es nicht möglich die Kostenfaktoren zu identifizieren und die Netz-LCC zu optimieren.

Lösung

INNOTRACK hat eine Kartierung der wichtigsten Kostenfaktoren auf europäischer Ebene vorgenommen sowie eine detaillierte Kartierung der Distributionskosten für Gleis, Weichen und Kreuzungen. Diese Kartierung zeigt, wo Kosteneinsparungen möglich sind. Ferner hat INNOTRACK einen Rahmen für einen einheitlichen Kostenstrukturplan vorgeschlagen.

Vorteile

Auf der Grundlage der in INNOTRACK identifizierten Kostenfaktoren kann die LCC-Senkung effizient durchgeführt werden. Weiters fördert die vereinheitlichte Kostenstruktur die internationale Kooperation und den Wissens- bzw. Informationsaustausch.

Nächste Schritte

Die INNOTRACK-Arbeiten sind ein erster Schritt. Um allgemeine Akzeptanz zu erreichen, muss diese Arbeit bei den Normungsgremien vorgelegt werden.

Optimierung der Weichen & Kreuzungen

Kostenfaktor

Weichen & Kreuzungen sind Zwangspunkte im Oberbau. Sie verursachen dynamische Belastungen auf dem Fahrweg bzw. am Fahrzeug und sind anfällig für mechanische Versagen.

Lösung

INNOTRACK konnte mit (anhand von Feldmessungen kalibrierten) Computersimulationen verschiedene Optimierungsmaßnahmen für

mechanische Weichen & Kreuzungsmerkmale erarbeiten und somit ihre beeinträchtigende Wirkung reduzieren. Diese Maßnahmen umfassen Spurerweiterung, optimierte Gleissteifigkeit und Komponentengeometrie.

Vorteile

Die innovativen Lösungen begünstigen die Senkung der Betriebsbelastungen und reduzieren so die Schäden an Weichen & Kreuzungen sowie den nachteiligen Einfluss auf die vorbeifahrenden Fahrzeuge.

Nächste Schritte

Die vorgeschlagenen Maßnahmen werden derzeit in Naturgröße validiert. Den derzeit vorliegenden Ergebnisse zufolge, bei den optimierten Weichen & Kreuzungen eine Leistungssteigerung zu erwarten.

Rechnergestützte Schadensprognose und Optimierung der Weichenkomponenten

Kostenfaktor

Da Weichenkomponenten stark dynamisch belastete Bestandteile des Oberbaus und daher schadensanfällig sind, erfordern sie kostspielige Instandhaltung bzw. Austausch, was meist mit beträchtlichen Verkehrsunterbrechungen verbunden ist.

Lösung

INNOTRACK bietet erstmals eine Methode für die rechnergestützte Prognose von Plastizität, Verschleiß und Rollkontaktermüdung eines betriebsbereiten Herzstücks. Dafür wurden zahlreiche moderne Simulationsprogramme kombiniert, für eine gemeinsame Bestimmung der relevanten Werkstoffmerkmale. Validierungen anhand von Komponenten im Betrieb zeigen eine sehr zufriedenstellende Genauigkeit. INNOTRACK hat auch neue Weichenwerkstoffe im Labor getestet und sehr interessante Ergebnisse erhalten. Der Rahmen für die Abbildung der mechanischen Merkmale dieser innovativen Werkstoffe in

Computersimulationen ist nun vorhanden.

Vorteile

Das INNOTRACK-Ergebnis ist ein Werkzeugkasten für die Optimierung der bereits in der Konzeptionsphase befindlichen Weichenkomponenten. Er wird Kosteneinsparungen bei verfrühten Streckenversuchen und bei der optimalen Auswahl von Werkstoff bzw. Design für Weichen & Kreuzungen ermöglichen. Ferner konnte durch die Definition der erforderlichen Werkstoffeigenschaften bzw. Versuchsmethoden ein dringend benötigtes Verfahren entwickelt werden, welches das metallurgische Design und die Entwicklung neuer Stähle für Herzstücke sowie andere Schienenkomponenten erleichtert.

Nächste Schritte

Die Arbeit läuft weiter mit der Analyse der Auswirkungen von veränderten Werkstoffen. Weiters werden Versuche in Naturgröße mit innovativen Werkstoffen durchgeführt, um die Simulationen zu validieren. Wichtig sind nun die Entwicklung von optimierten Lösungen und die betriebliche Integration dieser Weichensysteme.

Offener Standard für elektronische Stellwerke und hohle Schwellen

Kostenfaktor

Die fehlende Standardisierung der Stellwerkschnittstelle ist derzeit ein Hindernis für Skaleneffekte und verstärkten Wettbewerb in Europa. Dasselbe gilt für hohle Schwellen, wo eine Standardgeometrie die Anpassung der Stopfmaschinen erleichtern würde.

Lösung

INNOTRACK hat einen offenen Standard für elektronische Stellwerke vorgeschlagen. Zusätzlich hat INNOTRACK eine standardisierte hohle Schwelle vorgeschlagen, um den Weichensteuermechanismus unterzubringen.

Vorteile

Wie bereits erwähnt, birgt die abgeleitete Lösung Vorteile wie Massenfertigung usw. Die Standardisierung wird außerdem die

Beschaffung erleichtern. Aus diesen Gründen wird die von INNOTRACK vorgeschlagene Standardisierung wahrscheinlich zu beträchtlichen Kostensenkungen führen.

Nächste Schritte

Der Normentwurf für hohle Schwellen wird derzeit vom CEN bearbeitet. Die standardisierte Stellwerkschnittstelle muss noch weiterentwickelt werden, bevor sie den Normungsgremien vorgelegt werden kann.

Hauptparameter für Weichenüberwachungssysteme

Kostenfaktor

Ungeplante Instandhaltung von Weichen ist kostspielig und verursacht Verkehrsunterbrechungen. Erschwert wird das Problem, wenn dem Instandhaltungsteam wenig Information für die Fehlerortung zur Verfügung stehen.

Lösung

INNOTRACK hat die Hauptparameter für Weichenüberwachungssysteme identifiziert. Algorithmen für Fehlerortung wurden entwickelt. Für die Validierung der Überwachungssysteme wurden Labortest und Feldversuche durchgeführt.

Vorteile

Die INNOTRACK-Arbeit wird die Entwicklung des Weichenüberwachungssystems unterstützen, das gestörte Komponenten anzeigt und so die Reparaturzeit reduziert. Sie kann auch für die Identifizierung wachsender Fehler eingesetzt werden, damit die Instandhaltungsmaßnahmen greifen können, bevor diese kritische werden und eine Weichenstörung verursachen.

Nächste Schritte

Die INNOTRACK-Lösungen müssen weiterentwickelt werden und in kommerzielle Produkte einfließen.

LCC- Bewertungsmethode

Kostenfaktor

Eine der größten Schwierigkeiten bei der Einführung neuer Lösungen im Oberbaubereich ist die Bewertung der Auswirkungen auf die LCC. Die kann zu unrichtigen Entscheidungen führen und somit die Kosten steigern.

Lösung

INNOTRACK hat eine stringente, einheitliche Methode für LCC-Bewertungen auf europäischer Ebene entwickelt. Mit dieser Methode können auch der LCC-Einfluss für unterschiedliche Szenarien bewertet werden. Ferner ergibt die Methode genau definierte Analysen, die klar festlegen, welche Faktoren zu berücksichtigen sind.

Vorteile

Das von INNOTRACK entwickelte LCC-Modell ist nicht nur ein objektives Instrument zur Entscheidungsfindung, es wird für den Vergleich von Szenarien eingesetzt. Ferner können parametrische Einflüsse dargestellt werden, wie die Auswirkung anderer Diskontierungsfaktoren bzw. Aufschiebung der Einsätze.

Nächste Schritte

Diese Methode kommt derzeit z.B. bei der DB zum Einsatz. Der Einsatz auf europäischer Ebene soll Verbesserungen

ermöglichen, wie eine vertiefte Analyse des Einflusses der statistischen Streuung und die Einbindung von modernen Schadensprognosemodellen.

Logistiklösungen

Kostenfaktor

Die logistischen Kostenfaktoren entsprechen Herausforderungen der Bereiche Management/Organisation, Strategie und Technik, z. B.:

- mangelnde oder unzureichende Gleissperrstrategie mit einem klaren Umsetzungsplan für Mann & Maschine; Strategien und Verfahren zur Minimierung der Störung;
- unzureichende langfristige Planung bzw. Finanzierung, inkl. Zusagen der Regierungen;
- unzulängliche Arbeitsplanung und Projektleitung

Außerdem sind lokale Vorschriften und Verordnungen der nationalen Marktöffnung oft hinderlich.

INNOTRACK hat sich allerdings nur mit technischen Kostenfaktoren befasst.

Lösung

Die INNOTRACK-Lösungen erfordern minimale Gleissperrzeiten, ermöglichen Instandhaltung ohne Verkehrsunterbrechung, bieten hohe Produktivität, reduzieren die Auswirkungen von Vorschriften &

Verordnungen durch Einsatz von Standardmaschinen. Beispiele:

- Aus Unter- und Oberbau: schräge Kalkzementsäulen, eingebettete Fahrbahn und doppelagige Stahlfahrbahn.
- Aus Weichen & Kreuzungen: Umsetzung von modularen Weichen und Kreuzungen, sofort betriebsbereite Lösungen und Stahlfahrbahn.
- Aus Schienen & Schweißen: Einsatz von extralangen Schienen (bis 120 m ohne Schweißnaht), weniger Schweißungen, fertigungssynchrone Direktbeförderung zur Baustelle, verminderte Handhabung und Lagerung.

Vorteile

LCC-Einsparungen liegen schätzungsweise bei 30%. Dies umfasst qualitative Schätzungen, die jedoch auf konkreten Tatsachen beruhen und daher als angemessen betrachtet werden.

Nächste Schritte

Die Schwerpunkte liegen oft auf Verfahren, Menschen und Kultur. Ein Weg zum Erfolg besteht in einer engeren und offeneren Beziehung zwischen Netzbetreibern, Herstellern und Auftragnehmern. Daher wurden als nächster Schritt von EIM/CER/EFRTC und anderen Fachverbänden gemeinsame Arbeitsgruppen eingerichtet.

Die Bewertung der Auswirkungen von INNOTRACK

Bewertung der logistischen Vorteile

Kapitel 7 des technischen INNOTRACK-Schlussberichts gibt einen Überblick über die aktuellen Änderungen im Zusammenhang mit dem verstärkt internationalen Ansatz der europäischen Bahnen. Als Hintergrund wird auch die aktuelle Lage dargestellt, um die logistischen Zwänge besser zu identifizieren und zu überwinden. Die Gespräche mit den Auftragnehmern und Netzbetreibern zeigten allein die Lösung der logistischen Probleme ein beträchtliches Einsparungspotenzial birgt. Mögliche Verbesserungen

umfassen gemeinschaftliche, partnerschaftliche Ansätze für die optimale Ausnutzung der verfügbaren Gleissperrzeiten, Kostensenkung bzw. Mehrleistung für gleiches Geld oder anders ausgedrückt: generell effizienterer Bahnnetzbau für Betreiber.

Technische und wirtschaftliche Bewertung

Die Bewertung der Lebenszykluskosten (LCC) einer Anlage ist ein wichtiger Bestandteil der Entscheidungsfindung. INNOTRACK hat diesem Thema ein eigenes Unterprojekt gewidmet. Die

Arbeit wurde in Kapitel 8 des technischen INNOTRACK-Schlussberichts zusammengefasst.

Ein wichtiges INNOTRACK-Ergebnis ist die Erarbeitung einer harmonisierten LCC-Berechnungsmethode auf europäischer Ebene. Mit dieser Methode werden Kostenfaktoren identifiziert, die Kosten der Oberbaukomponenten/module bewertet und internationale Vergleiche gezogen. Die Bewertungen zeigen, dass der Diskontierungsfaktor beträchtliche Auswirkungen auf die LCC. Dies wurde für verschiedene Situationen beschrieben und quantifiziert.

Mehrere bei der LCC-Berechnung aufgetretene Schwierigkeiten wurden geklärt, es handelte sich beispielweise um die Beziehung zwischen technischen und wirtschaftlichen Aspekten und die Korrelierung zwischen Standzeit im Betrieb und Ausfallrate für verschiedene Komponenten des Bahnsystems. Andere Faktoren wie die Verfügbarkeit und der Einfluss der Instandsetzungsrate werden ebenfalls berücksichtigt.

Da der Großteil der LCC vor der Einbauphase festgelegt wird, können hier die meisten Einsparungen bewirkt werden. Mit anderen Worten: die Netzbetreiber müssen den Herstellern ihr Feedback zukommen lassen, um die LCC zu senken.

INNOTRACK hat auch die Bewertungen der Aspekte Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wartungsfreundlichkeit und Sicherheit (RAMS) vorgenommen. Es wurde festgestellt, dass RAMS-

Aspekte im Bereich Oberbau & Kunstbauten noch wenig verbreitet sind. Daher wurden grundlegende Überlegungen angestellt und Vorschläge für die künftige Entwicklung unterbreitet.

Senkung der Gesamtkosten

Die von INNOTRACK angestrebte Senkung der Gesamtkosten wird in Kapitel 2 des technischen INNOTRACK-Schlußberichts erläutert. Die INNOTRACK-Arbeiten haben gezeigt, dass es nicht möglich ist, die durch INNOTRACK-Lösungen mögliche globale Kostensenkung mit einer einzigen und für alle Länder geltenden Zahl auszudrücken; hauptsächlich, weil jeder Netzbetreiber eine eigene Instandhaltungspolitik verfolgt und, weil die Instandhaltungs- bzw. Erneuerungskosten stark variieren.

Interessanter ist vielleicht, welche Einsparungen für eine gegebene Bahn möglich sind. Das ist eine wichtige Frage, da die vollständige Umsetzung der INNOTRACK-Ergebnisse ein mehrjähriger Prozess ist. Welche Teile und Bereiche soll eine Bahn in diesem Prozess vorrangig behandeln? Kapitel 9 des technischen INNOTRACK-Schlußberichts fasst die Bewertung der (durch die Umsetzung von gewissen INNOTRACK-Innovationen) möglichen LCC-Gesamteinsparungen bei vier Netzbetreibern zusammen. Diese Bewertungen zeigen, dass das LCC-Einsparungspotential den Erwartungen entspricht. Das Ergebnis wird auch durch vertiefte Analysen von innovativen Lösungen untermauert, die auf einem von INNOTRACK entwickelten LCC-Standardverfahren basieren.

Verbreitung und Umsetzung

Viele EU-Projekte enden wenn, das Projekt offiziell abgeschlossen ist. Das liegt hauptsächlich daran, dass es die weiterführende Umsetzung vielen Teilnehmern keinen wirtschaftlichen Vorteil bringt. Somit enden zu viele EU-Projektergebnisse buchstäblich in der Schublade und werden nie umgesetzt. INNOTRACK hat seinen Ehrgeiz von Beginn darin gesetzt, die Umsetzung als Schwerpunkt zu behandeln. Das erklärt das starke Engagement der Projektträger

und den Beitrag zusätzlicher Mittel seitens der UIC.

Im Laufe des Projekts und nach offiziellem Abschluss, wurde keine Mühe gescheut, um die Umsetzung der INNOTRACK-Ergebnisse vorzubereiten und zu unterstützen. Diese Arbeit wurde von vielen Bahnen in- bzw. außerhalb des INNOTRACK-Konsortiums mitgetragen sowie von mehreren Fachverbände und Behörden. Das Kapitel 10 des technischen

INNOTRACK-Schlußberichts enthält dazu eine ausführliche Beschreibung.

Ferner wurde auf Beschluss des Lenkungskreises und der Koordinierungsgruppe eine Umsetzungsgruppe eingerichtet, mit dem Ziel die europaweite Umsetzung der INNOTRACK-Ergebnisse zu fördern und zu koordinieren. Die fokussierte Betreuung der Umsetzung macht INNOTRACK zu einem einzigartigen Projekt.