

Die Anwendung der RAMS¹-Technologie beim Ausbau der NEAT-Gotthardachse – eine Gegenüberstellung fahrzeug- und infrastrukturbezogener Schwerpunkte

Dipl.-Ing. Klaus Kühnert, IZP Dresden mbH, Dresden
Dipl.-Math. Torsten Renz, IZP Dresden mbH, Dresden

1 Hintergrund

Mit der Neuen Eisenbahn-Alpentransversale (kurz NEAT) wird in der Schweiz eine schnelle und leistungsfähige Eisenbahnverbindung für den Transitverkehr in Nord-Süd-Richtung geschaffen. Die NEAT-Gotthardachse wird neben der Neubaustrecke Gotthard-Süd vorrangig vom Gotthard-Basistunnel (GBT) und dem Ceneri-Basistunnel (CBT) gebildet. Der 57 Kilometer lange GBT wurde am 1. Juni 2016 feierlich eröffnet, der 15 Kilometer lange CBT wird gegenwärtig als südlicher Zubringer erstellt und wird 2020 in Betrieb genommen.

Die AlpTransit Gotthard AG (ATG), eine hundertprozentige Tochtergesellschaft der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB), ist als Bauherrin der Gotthardachse sowohl für die Tunnel-Vortriebsarbeiten, den Rohbau und die Rohbauausrüstung als auch für den Einbau der Bahntechnik verantwortlich.

Weil mit Fertigstellung von GBT und CBT für die neue Gotthardlinie für Fernverkehrszüge keine Neigetechnik mehr benötigt wird, ist ab 2020 der Einsatz des Twindexx Swiss Express (SBB RAB 502) als Hochgeschwindigkeitszug auf dieser Strecke vorgesehen, der von Doppelstockwagen und –triebswagen der Firma Bombardier Transportation hergestellt wird.

Die Ingenieurgesellschaft Zuverlässigkeit und Prozessmodellierung Dresden mbH (IZP Dresden) ist seit zwanzig Jahren als Dienstleistungsunternehmen in den Bereichen RAMS-Spezifikationen, RAMS/LCC-Prognosen, Software- und Datenanalysen sowie Weiterbildung tätig und unterstützt sowohl die Entwicklungs- und Planungsarbeiten für die bahntechnische Tunnel-Infrastruktur, als auch für die einzusetzende Fahrzeugtechnik.



Abb.1: Zugbetrieb am GBT-Nordportal (© ATG: 2016); Abb. 2: Twindexx im Einsatz bei der SBB(© David Gubler: 2018)

2 Fahrzeugtechnik und bahntechnische Infrastrukturanlagen

Die Bahntechnik der beiden Basistunnel setzt sich aus Gleisen, Weichen, 50 Hz-Stromversorgung, Fahrstromversorgung, Datennetz- und Funkverbindungen sowie Sicherungsanlagen zusammen.

Die Flotte der SBB FV-Dosto wird 62 Triebzüge umfassen, deren Antriebe über den kompletten Elektro-Triebzug verteilt sind.

Neben einem integrierten Managementsystem, welches der Einhaltung der Anforderungen in den Bereichen Qualität, Arbeitssicherheit, Gesundheit und Umweltmanagement dient, stellt ein übergeordnetes RAMS¹-Management gemäß CENELEC-Norm EN 50126 sicher, dass Spezifikationen und Nachweise zur Charakterisierung des Langzeitbetriebsverhaltens sowohl der Fahrzeugsysteme, als auch der bahntechnischen Infrastruktur erbracht werden.

3 CENELEC-Norm EN 50126

Die Vorgehensweise nach EN 50126 erstreckt sich über den gesamten Produktlebenszyklus, angefangen beim Konzept, über die Entwicklung, die Konstruktion, die Fertigung, die Montage, die Prüfung, den Betrieb und die Instandhaltung bis

¹ RAMS: Reliability (Zuverlässigkeit), Availability (Verfügbarkeit), Maintainability (Instandhaltbarkeit), Safety (Sicherheit)

hin zur Außerbetriebnahme des betrachteten Systems. In jeder Lebenszyklusphase sind definierte RAMS-Aufgaben sowie Verifizierungs- und Validierungsprozesse auszuführen.

Bereits mit den Ausschreibungen – sowohl für die Bahntechnik der beiden Schweizer Tunnel-Großprojekte, als auch für die neu zu beschaffenden Fahrzeuge – wurden durch ATG bzw. SBB an die Bewerber sehr konkrete Forderungen herangetragen, im Rahmen ihrer Angebote detaillierte RAMS-Betrachtungen für die entsprechenden Lieferanteile durchzuführen, um diese ab Beginn der Ausführungsprojektierung in Abhängigkeit von der konkreten Planung zu verfeinern und bis zur Inbetriebnahme kontinuierlich fortzuschreiben. Hierbei zeigt sich zugleich die Allgemeingültigkeit der Norm, die im Grunde nur für elektrische und elektronische Komponenten aus dem Bereich der Bahnanwendungen vorgesehen war.

4 RAMS als Bestandteil der Produktentwicklung

Das Thema RAMS lässt sich nicht losgelöst von der funktionalen Konstruktion und Entwicklung der jeweiligen Systeme und Prozesse betrachten. So müssen eine ausreichende Sicherheit und Zuverlässigkeit von Produkten durch entsprechende Systemstrukturen gewährleistet werden, welche gegebenenfalls auf redundanten Kanälen oder Teilsystemen aufbauen. Auch die Instandhaltbarkeit ist keine Kenngröße, die allein die organisatorischen Maßnahmen und Verfahren des Instandhaltungsprozesses beschreibt, sondern diese hängt gleichermaßen eng von den technischen Möglichkeiten ab, welche die instand zu haltenden Systeme selbst bereitstellen.

Im Gegensatz zur eigentlichen technischen Planung, die auf Basis nachgewiesener, physikalischer Zusammenhänge mit bekannten Eingangswerten die Berechnung exakter Ausgangsgrößen zulässt, welche nach Realisierung der Systeme in der Regel auch sofort messbar sind, ist die Analyse der RAMS-Eigenschaften von technischen Systemen nicht trivial. Um geeignete Aussagen zur Zuverlässigkeit von technischen Systemen treffen zu können, sind ausreichende Beobachtungen (Stichproben) über einen genügend langen Zeitraum erforderlich. Dann lassen sich mittels der mathematischen Statistik entsprechende Parameter für die Gesamtheit aller betrachteten Bauteile (Grundgesamtheit) ableiten. Aber auch die auf diese Art ermittelten Kennwerte beschreiben die gesuchten Größen nur im Rahmen einer bestimmten statistischen Sicherheit und stellen keine absoluten Werte dar.

Darüber hinaus ist das Zuverlässigkeitsverhalten keine zeitlich konstante Größe. Physikalische und chemische Einflüsse bedingen eine nicht vermeidbare Abnutzung aller Bauteile, die über kurz oder lang deren Ausfall und damit den Verlust der Funktionsfähigkeit bewirken, wenn sie nicht vorher erneuert werden. Und weil die Einflussgrößen so vielfältig sind, ist die tatsächliche Lebensdauer jedes einzelnen Bauteiles unterschiedlich, selbst wenn es sich um Komponenten gleichen Typs und gleicher Charge handelt.

Eine besondere Herausforderung stellt die Betrachtung menschlicher und systematischer Einflüsse dar. Einschlägige Normen fordern die Einbeziehung dieser Faktoren in den Risikobewertungsprozess, auch weil die Häufigkeiten solcher Ereignisse in der Regel um den Faktor 100 bis 10.000 höher liegen als zufällige technische Ursachen. Während das technische Zuverlässigkeitsverhalten mittels der Statistik noch hinreichend gut abschätzbar ist, sind insbesondere menschliche Fehlhandlungen nur diffizil zu quantifizieren. Allgemeingültige Modellierungsansätze sind diesbezüglich noch lückenhaft.

5 RAMS-Planung

Für die Verantwortlichkeiten im RAMS-Prozess während des Lebenszyklus eines typischen Bahnprojektes nennt die CENELEC-Norm EN 50126 allgemeine Leitlinien: So werden die Anforderungen üblicherweise durch den Kunden bzw. den Betreiber oder durch die Aufsichtsbehörde festgelegt. In gleicher Weise erfolgen Abnahme durch den Kunden oder Genehmigungen durch die Aufsichtsbehörde im Rahmen von Verfügungen. Für die Erarbeitung und Ausführung von Lösungen, Ergebnissen und Verifikationen ist gewöhnlich der Auftragnehmer zuständig. Die Validierung wird in der Regel gemeinsam durchgeführt. Vertragliche und gesetzliche Beziehungen zwischen den Beteiligten können diese Aufgaben aber auch anders verteilen.

6 Nachweisdokumente

Die RAMS-Nachweisdokumentation setzt sich aus Sicherheitsnachweisen, RAM-Nachweisen und RAMS-Managementberichten zusammen. Schwerpunkt der RAMS-Betrachtungen ist es, glaubhaft mit Prognosen zu belegen, dass die maximal zulässigen Gefährdungshäufigkeiten pro Gefahrenstufe sowie die maximal zulässigen Störungszahlen pro Störungsklasse eingehalten werden können. Im Rahmen des Projektfortschritts erfolgt die Aktualisierung dieser Nachweise mit dem Ziel, die Unschärfe der RAMS-Prognose kontinuierlich zu minimieren, indem sie sich auf eine zunehmend detailliertere Planung und bessere Eingangswerte stützt.

7 RAMS-Management

Die RAMS-relevanten Aufgaben gemäß EN 50126 werden gleichermaßen durch kompetente Bearbeiter der Auftraggeber und Auftragnehmer wahrgenommen.

Die Koordinations-, Planungs- und Ingenieurdienstleistungen für RAMS gemäß EN 50126 für das Projekt CBT werden auf Seite des Auftragnehmers CPC (Cablex-Porr-Condotte) von IZP Dresden erbracht. Bereits bei der Angebotserstellung der Transtec Gotthard AG (TTG) für das GBT-Projekt und den Einbau der Festen Fahrbahn durch die ARGE Fahrbahn der TTG war IZP Dresden mit der entsprechenden RAMS-Fachverantwortung beteiligt.

Gleichzeitig unterstützt IZP Dresden die Firma Bombardier seit der Ausschreibungsphase in allen RAMS-relevanten Belangen des Projektes Twindexx Swiss Express, von der ersten Aufstellung und Zuteilung der Anforderungen an die Systeme, bis hin zur Validierung der Anforderungen für einen sicheren und zuverlässigen Einsatz der Fahrzeuge.

Die Tätigkeiten der IZP Dresden beziehen sich dabei auf RAM- und LCC-Themen, die hauptsächlich am Knotenpunkt (1) zwischen Zugfunktionen und den einzelnen Systemfunktionen sowie an den Schnittstellen (2) zwischen Systemlieferanten und Hersteller anzusiedeln sind. Die LCC wurden nur im Rahmen der Instandhaltung (präventiv + korrektiv) und Ersatzteilbevorratung betrachtet.

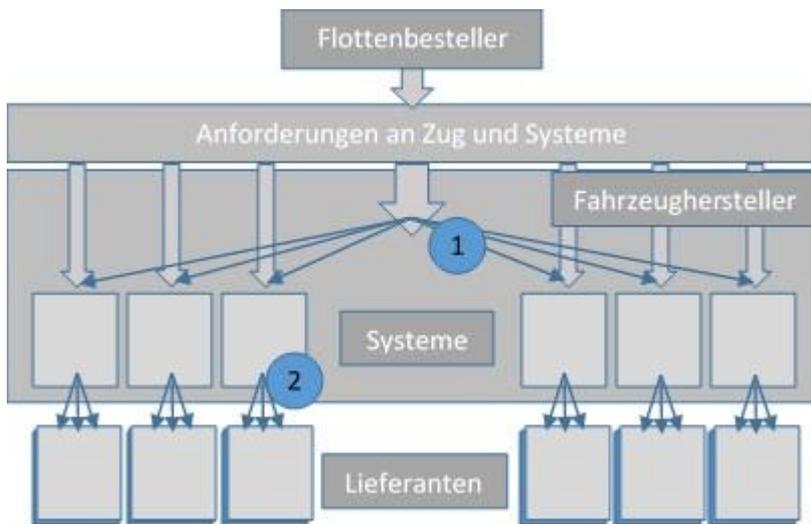


Abb.3: Zuteilung der Fahrzeug-Systemanforderungen an Systeme und Lieferanten

Die Pfeile in Abb. 3 zeigen an, dass die Spezifikation der Anforderungen von den Vorgaben des Bestellers über den Fahrzeugproduzenten auf die Systeme und Lieferanten heruntergebrochen werden.

IZP Dresden war bei der mittlerweile abgeschlossenen Fahrzeugentwicklung sowohl bei der Erstellung der Systemspezifikationen für RAM und LCC beteiligt, als auch bei der Lieferantenbetreuung. Letztere sollte sicherstellen, dass die geforderten Dokumente und Nachweise durch die Lieferanten korrekt gemäß den Anforderungen erbracht werden. Dazu gehören Nachweisblätter für Ausfallraten, Instandhaltungsaufwand, Instandhaltungsintervalle und die resultierenden Kosten sowie FMECA und FTA.

Begleitend zur Fahrzeugkonstruktion wurden Fehlerbäume auf der Betrachtungsebene Zug erstellt. Auf Basis der Funktionsstruktur des Zuges sowie der durch die Lieferanten bewerteten Komponentenzuverlässigkeiten und Instandhaltungszeiten wurden so für das Gesamtsystem Zug für verschiedene Fehlerklassen (Verspätungsklassen) die zu erwartenden Ereignishäufigkeiten berechnet.

Ein weiterer nicht unwesentlicher Anteil der Dienstleistung beschäftigte sich mit sogenannten standardisierten Fehlerklassen. Da die Validierungsbedingungen nicht mit den Umgebungsbedingungen laut Werkvertrag übereinstimmen, musste für jede Art von Fehler eine prozentuale Aufschlüsselung auf die möglichen Fehlerklassen, wie sie bei Vertragsbedingungen zu erwarten wären, vorgenommen werden.

Die transparente und kontinuierliche RAMS-Nachweisführung sowohl beim Einbau der Bahntechnik in den Tunnelprojekten GBT und CBT, als auch beim Fahrzeugprojekt Twindexx, fördert das Verhältnis zwischen Auftragnehmer, Auftraggeber und Aufsichtsbehörde, verbessert das Systemverständnis, reduziert die Anzahl nachträglicher Änderungen und stellt eine anforderungsgerechte Systementwicklung sicher. Durch die enge Verknüpfung zwischen dem projektbezogenen Qualitätsmanagement und der Einhaltung der RAMS-Systematik nach CENELEC-Norm EN 50126 wird damit ein entscheidender Beitrag zur Steigerung der Produktqualität geleistet.