

# Lebenszykluskosten als Entscheidungsgrundlage bei der Beschaffung sicherheitstechnischer Systeme

Markus F. Rothbauer, Andreas Indermühle, Sara Fischer

**Abstract—** Die Schweizerischen Bundesbahnen SBB als größtes Reise- und Transportunternehmen der Schweiz verwenden Lebenszykluskosten als wesentliche Entscheidungsgrundlage bei der Beschaffung von Investitionsgütern. Im folgenden Artikel wird die Anwendung von Lebenszykluskosten und damit verbundener Besonderheiten bei einer öffentlichen Beschaffung im Bereich sicherheitstechnischer Anlagen dargestellt.

**Index Terms—** Ausschreibung, LCC, RAM, Sicherheitssystem.

## I. EINFÜHRUNG

MODERNE Eisenbahnen benötigen hochkomplexe technische Systeme, um die Kundenbedürfnisse in hoher Qualität unter Einhaltung höchster Sicherheitsstandards zu erfüllen.

Eine besondere Herausforderung bei technischen Systemen im Bahnbereich ist deren erforderliche lange Nutzungsdauer, meist deutlich über zwanzig Jahre. Mit der Auswahl eines Produkts in der Beschaffung werden damit die Kostenstrukturen für große Zeiträume weitgehend festgelegt.

Aufgrund der langen Einsatzdauer haben dabei selbst geringe Kostenunterschiede in den jährlichen Betriebs- und Instandhaltungskosten in Summe große Auswirkungen. Da Investitionen und Betrieb budgetär in unterschiedlichen Töpfen abgebildet werden, kann ein falscher Anreiz entstehen, bei Beschaffungen einseitig die Anschaffungsausgaben zu optimieren. Eine Fokussierung auf die Anschaffungsausgaben kann hierbei hohe Kosten im Betrieb erzeugen, die zu wirtschaftlichen Gefährdungen des Unternehmens führen können.

Daher ist die Anwendung von Lebenszykluskosten als Zuschlagskriterium bei der Beschaffung eine wichtige Maßnahme, um den langfristigen wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens sicherzustellen.

## II. SPEZIALFALL ZUGBEEINFLUSSUNGSSYSTEME

Zugbeeinflussungssysteme sind Investitionsgüter, die nicht

Manuskript empfangen am 30. April 2013, reviewed am 24. Mai 2013 und freigegeben durch Hubert Biedermann.

Markus F. Rothbauer arbeitet für die Schweizerischen Bundesbahnen SBB und ist unter [markus.rothbauer@sbb.ch](mailto:markus.rothbauer@sbb.ch) erreichbar.

unmittelbar zur Wertschöpfung des Unternehmens beitragen, sondern dazu dienen, (hohe) Schäden abzuwenden. Die Anschaffung rechtfertigt sich daher im wesentlichen durch die Eigenverantwortung des Unternehmens sowie durch die Ansprüche und Erwartungen der Kunden und der Öffentlichkeit an die Betriebssicherheit. Die qualitativen Eigenschaften von Zugbeeinflussungssystemen (wie Betriebssicherheit, Zuverlässigkeit des Bahnbetriebs, Einfluß auf die Produktionskapazität) sind nur sehr schwer monetarisierbar. Darum müssen diese Systeme als reine Kostenfaktoren betrachtet werden. Typisch sind daher negative Barwerte einer Investition in Zugbeeinflussungssysteme.

## III. PROJEKT ETCS ZWEITE WELLE

### A. Das Zugbeeinflussungssystem ETCS

Die Schweizerischen Bundesbahnen SBB sind Pioniere bei der Einführung des neuen europäisch einheitlichen Zugbeeinflussungssystems ETCS (vergleiche Bolli *et al* 2009) und betreiben heute mit mehr als 500 mit ETCS ausgerüsteten Fahrzeugen die weltweit größte derartige Flotte. Im Zuge der Inbetriebnahme weiterer Streckenabschnitte mit ETCS ab 2015 ist die Ausrüstung von zusätzlich bis an die 350 Fahrzeugeinheiten mit ETCS-Fahrzeuggeräten erforderlich. Die Beschaffung dieser Fahrzeuggeräte und deren Einbau und Inbetriebnahme erfolgt im Rahmen des Projekts ETCS zweite Welle, das 2012 gestartet wurde.

### B. Ausschreibung

#### 1) Ausschreibungsverfahren

Der erste Schritt des Projekts war die Durchführung einer Ausschreibung. Da die SBB grundsätzlich dem Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen (BöB) und der Verordnung über das öffentliche Beschaffungswesen (VöB) unterliegen (vergleichbar in Österreich mit dem Bundesvergabe-gesetz), wurde eine öffentliche Ausschreibung durchgeführt.

Wesentlicher Kern einer Ausschreibung ist die Bestimmung des Bestbieters, mit dem anschließend der Vertrag geschlossen wird. Dazu dient ein Bewertungssystem, um das „wirtschaftlich günstigste Angebot“ (vergleiche Gauch 1999) anhand von Zuschlagskriterien zu bestimmen. Das Gesetz

kennt dabei „...insbesondere Termin, Qualität, Preis, Wirtschaftlichkeit, Betriebskosten, Kundendienst, Zweckmäßigkeit der Leistung, Ästhetik, Umweltverträglichkeit, technischer Wert“ (BöB Art. 21) als Zuschlagskriterien. Die verschiedenen Zuschlagskriterien wurden dabei als Faktoren im Bewertungssystem zusammengeführt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Bewertungssystem (Prinzip)

Kriterium	Gewichtung	
1. Qualität		45%
1.1 Umsetzung Soll-Forderungen	5%	
1.2 Bewertung der Konzepte	10%	
1.3 Projektmanagement	10%	
1.4 Zuverlässigkeit	10%	
1.5 Akzeptanz besondere Vertragsklauseln	10%	
2. Wirtschaftlichkeit		55%
2.1 Lebenszykluskosten	55%	

2) *Lebenszykluskostenprognose*

Zur Bewertung des Kriteriums der Wirtschaftlichkeit wurden dabei Lebenszykluskosten, welche die Investition, den Betrieb und die Instandhaltung umfassen, verwendet. Dabei wurde der Grundsatz beachtet, daß nur Kosten betrachtet werden, die zum Vergleich der Angebote beitragen und die später auch gemessen und überprüft werden können.

Um die Vergleichbarkeit der Angebote zu gewährleisten, haben die SBB den Bietern zur Bestimmung der Lebenszykluskosten im Zuge der Ausschreibung ein genau definiertes Lebenszykluskostenmodell, das in Anlehnung an VDI 2884 entwickelt wurde, vorgegeben. Dabei haben die Bieter die Instandhaltungsstrategie für ihr Produkt festgelegt und in der Folge die entsprechenden Parameter für das Lebenszykluskostenmodell festgelegt.

Ein wichtiges Kernelement des Lebenszykluskostenmodells ist hierbei die Prognose der Betriebs- und Instandhaltungskosten. Um eine gültige Voraussage dieser Kosten zu erhalten, ist es insbesondere erforderlich, die zu erwartenden Instandhaltungsaufwände präzise zu bestimmen. Da für Zugbeeinflussungssysteme zwingend die Norm SN EN 50126-1 anzuwenden ist, ist dies vergleichsweise einfach möglich. So fordert die Norm weitgehende RAM-Modellierungen und damit vor allem die erforderlichen Zuverlässigkeitsprognosen, mit denen die Ausfallraten der Komponenten vorausgesagt werden können. Diese Vorhersagen stellen für die SBB ein wichtiges Instrument dar, um frühzeitig mögliche Problemquellen bezüglich betrieblicher Verfügbarkeit und damit verbundener Zugverspätungen zu identifizieren. Dazu wendet die SBB einen systematischen Ansatz an, der sich an betrieblichen Verfügbarkeitszielen orientiert (vergleiche dazu Wüthrich *et al* 2012).

Durch die Ausfallraten der Komponenten ist die zu erwar-

tende Häufigkeit von Instandhaltungstätigkeiten bestimmt. Die Kosten der einzelnen korrektiven Instandhaltungstätigkeiten sind durch die jeweiligen Ersatzteilkosten, den jeweils notwendigen Personaleinsatz, die Lohnkosten und die Dauer der jeweiligen Instandhaltungstätigkeit bestimmt. Analoges gilt für die präventiven Instandhaltungstätigkeiten.

Die Kosten der jeweiligen Instandhaltungstätigkeiten wurden unter Anwendung des Mengengerüsts anhand der hergeleiteten Ausfallraten (korrektive Instandhaltung) beziehungsweise der festgelegten Periodizitäten (präventive Instandhaltung) im Lebenszykluskostenmodell periodenrichtig zugeordnet und über einen Zeitraum von zwanzig Jahren diskontiert und summiert.

Weitere berücksichtigte Kosten in der Betriebs- und Instandhaltungsphase waren insbesondere auch die Kosten für den laufenden Systemsupport von Seiten des Lieferanten und die zu erwartenden Kosten für Aktualisierungen der Software des Systems.

3) *Bestimmung des Bestbieters*

Anhand des definierten Bewertungssystems wurde der Bestbieter bestimmt. Dabei wurden die nach dem vorhin beschriebenen Verfahren bestimmten Lebenszykluskosten für die Bewertung des Kriteriums der Wirtschaftlichkeit herangezogen.

C. *Vertragsabschluß*

Ein wesentlicher Faktor, um die Einhaltung der Lebenszykluskosten dauerhaft sicherzustellen, war die vertragliche Verankerung der Lebenszykluskosten in Form einer Garantie. Sollten diese nicht über den gesamten Lebenszyklus eingehalten werden, so sind entsprechende Strafmaßnahmen vertraglich vorgesehen.

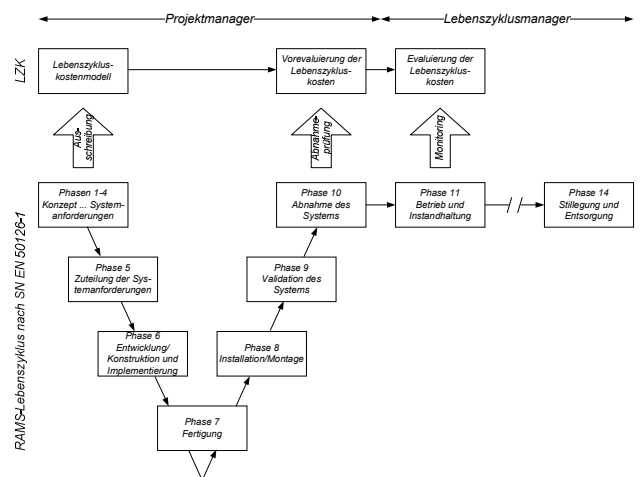


Abb. 1. Ansatz der SBB für Lebenszykluskostenprognose und -evaluierung auf Basis des RAMS-Lebenszyklus nach SN EN 50126-1 (vereinfacht dargestellt)

D. *Überprüfung der Lebenszykluskosten*

Im weiteren Verlauf des Projekts und im späteren betrieblichen Einsatz kommt der Überprüfung der Lebenszykluskosten erhebliche Bedeutung zu.

Zur ersten Abschätzung der Lebenszykluskosten dienen Daten, die für im Rahmen der RAM-Tätigkeiten durchzuführende Nachweise, wie dem „In Service Reliability and Maintainability Demonstration Test“ (ISRMDT), gewonnen werden.

Die laufende Überprüfung der Lebenszykluskosten ist durch verschiedene Maßnahmen sichergestellt. So müssen die Komponenten des Zugbeeinflussungssystems aufgrund gesetzlicher Vorgaben rückverfolgbar sein. Der Lieferant muß ein sogenanntes „Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System“ (FRACAS) betreiben. Sämtliche Instandhaltungstätigkeiten werden im bei den SBB eingesetzten ERP-System (SAP) erfaßt. Wie die Erfahrungen aus vergleichbaren Projekten zeigen, ergibt dies die notwendige Datengrundlage für die Lebenszyklusmanager, um die Einhaltung der vereinbarten Lebenszykluskosten laufend zu prüfen und die Lebenszykluskosten kontinuierlich zu verbessern.

#### IV. FAZIT

Die Schweizerischen Bundesbahnen SBB wenden Lebenszykluskostenmodelle nach dem in Abbildung 1 dargestellten Ansatz an, selbst bei sicherheitstechnischen Systemen. Dabei werden Prognosen und Daten, die im Bereich RAM gewonnen werden, als Grundlage zur Vorhersage und Überprüfung der Kosten erfolgreich angewendet.

#### GLOSSAR

**ERP** Enterprise Resource Planning (Unternehmensressourcenplanung)

**ETCS** European Train Control System (Europäisches Zugbeeinflussungssystem)

**RAM** Reliability, Availability, Maintainability (Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit)

**RAMS** Reliability, Availability, Maintainability, Safety (Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, Betriebssicherheit)

#### REFERENZEN

1. Bolli, Markus und Rothbauer, Markus F. 2009: *ERTMS/ETCS – die Zukunft hat begonnen*. In: Signal + Draht (101) 3/2009, S. 6 ff.
2. BöB: *Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen (BöB)*. SR 172.056.1
3. Gauch, Peter 1996: *Vergabeverfahren und Vergabegrundsätze nach dem neuen Vergaberecht des Bundes*. In: Baurecht/Droit de la Construction (BR/DC) 4/1996, S. 99 ff.
4. SN EN 50126-1 (1999): *Bahnanwendungen : Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, Sicherheit (RAMS) : Teil 1: Grundlegende Anforderungen und genereller Prozess*. 1999 – inklusive Korrigenda bis 10/2012
5. VDI 2884 (2005): *Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von Life Cycle Costing (LCC)*. VDI-Richtlinie 12/2005
6. Wüthrich, Samuel und Kehrli, Melchior 2012: *Ansatz eines systematischen RAM-Managements von Sicherungsanlagen*. In: Signal + Draht (104) 12/2012, S. 11 ff



**Markus F. Rothbauer** (1971), Dipl.-Ing. (Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau, TU Wien, 2000).

Nach Stationen am Institut für Managementwissenschaften der TU Wien und bei den Wiener Linien seit Mai 2005 bei SBB Infrastruktur Zugbeeinflussung in Bern als Senior Systems Engineer tätig. Zur Zeit Technischer Projektleiter *ETCS zweite Welle*.

Dipl.-Ing. Rothbauer arbeitet aktiv im Rahmen von CENELEC an der europäischen Normung zu RAMS im Bahnbereich mit.



**Andreas Indermühle** (1964), Dr. phil.nat. (Physik, Universität Bern).

Er beschäftigt sich seit Juni 2000 mit dem Thema ETCS in verschiedenen Positionen, zur Zeit als Gesamtprojektleiter *ETCS zweite Welle* bei SBB Personenverkehr, Flottentechnik in Bern.



**Sara Fischer** (1982), Dr. phil. nat. (Mathematik, Universität Bern).

Seit 2011 bei SBB Infrastruktur Sicherungsanlagen in Bern als RAM-Engineer tätig. Mitarbeit im Projekt *ETCS zweite Welle*, insbesondere Erstellung des Lebenszykluskostenmodells.