

Requirement Tracing System – Instrument im Projektmanagement

Anforderungsmanagement in einem komplexen Bau-Infrastrukturprojekt

Autor: Maik Höpfner

Das Anforderungsmanagement ist eine multidisziplinäre Aufgabe der gesamten Organisation. Es erfordert eine systematische, auf das Projekt angepasste Vorgehensweise bei der Gestaltung von Strukturen, Prozessen und Systemen. Dabei sind, neben den Bedürfnissen der eigenen Organisation, auch die der relevanten Anspruchsträger zu berücksichtigen. Die technischen und qualitativen Anforderungen an das Projekt sowie deren Einfluss auf Kosten und Termine erfordern eine systematische Planung, Verfolgung, Bewertung, Dokumentation und Kommunikation. Zur sicheren und qualitätsgerechten Umsetzung dieser Aufgaben setzte die Arbeitsgemeinschaft Fahrbahn Transtec Gotthard (AFTTG) ein projektspezifisches Requirement Tracing System (RTS) ein. Dieses RTS stellte das zentrale Werkzeug im Anforderungsmanagement dar.

1 Einleitung

Das Anforderungsmanagement mit seinen Prozessen und dem implementierten RTS diente der Sicherstellung der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Instandhaltbarkeit der Gleisanlagen im Gotthard-Basistunnel (GBT). Grundlegende Bedeutung kam dabei dem Management von Informations- und Datenströmen zu. Nur wenn die Strukturen von Projekt/Anforderungsmanagement/Requirement Tracing System kongruent ausgebildet werden, sind effiziente und effektive Prozesse möglich.

Zugleich werden durch die Vernetzung verschiedenster Projektbereiche der Informationsfluss und die gesamte Projektkommunikation begünstigt.

>> Für eilige Leser

Die von der ARGE Fahrbahn Transtec Gotthard realisierten Gleisanlagen im neuen Gotthard-Basistunnel wurden am 31. Mai 2016 termingerecht an den Bauherrn, die AlpTransit Gotthard AG, übergeben. Ein entscheidender Erfolgsfaktor lag in der systematischen Anforderungsverfolgung und in dem dafür implementierten Anforderungsmanagement, welches durch ein projektspezifisches Requirement Tracing System (RTS) unterstützt wurde. Im betrachteten Projekt erforderten die technischen und qualitativen Anforderungen sowie deren Einfluss auf Kosten und Termine eine systematische Planung, Verfolgung, Bewertung, Dokumentation und Kommunikation. Das dafür entwickelte Anforderungsmanagement diente darüber hinaus der Sicherstellung der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Instandhaltbarkeit der Gleisanlagen.

2 Projektvorstellung

Der neue Gotthard-Basistunnel (GBT), zwei jeweils 57 Kilometer lange Tunnelröhren mit einer Felsüberlagerung von bis zu 2.300 Metern, ist mit der modernsten, sichersten und leistungs-

fähigsten Bahntechnik ausgestattet. Dies sind nur einige der Merkmale, welche den Gotthard-Basistunnel in den Schweizer Alpen zu einem Bauwerk der Superlative machen.

Die Arbeitsgemeinschaft Fahrbahn Transtec Gotthard (AFTTG) zeigte sich verantwortlich für die Realisierung der Gleisanlagen im Gotthard-Basistunnel sowie der Zulaufstrecken im Norden und Süden. Dies umfasste die Planung, den Bau und den Unterhalt von schotterlosem Gleis (Feste Fahrbahn), konventionellem Gleis (Schotteroberbau) und Weichen für Gemischt- und Hochgeschwindigkeits-Eisenbahnverkehr. Zum Projektauftrag zählten ebenfalls die Inbetriebsetzung der Gleisanlagen sowie die Integration in das Gesamtsystem Bahntechnik. Die termingerechte Übergabe der Bahntechnik an den Bauherrn, die AlpTransit Gotthard AG, erfolgte am 31. Mai 2016.

Die Arbeitsgemeinschaft Fahrbahn Transtec Gotthard ist eine eigenständige Organisation, bestehend aus den Unternehmen Balfour Beatty Rail GmbH und der Heitkamp Construction Swiss GmbH.

3 Requirement Tracing System (RTS)

Wir betrachten das Requirement Tracing System als ein Werkzeug des Anforderungsmanagements, welches die systematische Planung, Durchführung, Bewertung, Verfolgung und Dokumentation der Nachweisführung (Verifikation und Validierung) unterstützt. Das Anforderungsmanagement tangiert viele Projekt- und Fachbereiche. Das heißt, dass eine Vielzahl von Prozessen, Schnittstellen und Informationsflüssen zu berücksichtigen ist. Ebenso ist das Anforderungs-



Abb. 1: Semantisches Informationsmodell (Anforderungsmanagement); Quelle: ARGE Fahrbahn Transtec Gotthard/Relatics

Projektkennzahlen	
Projektlaufzeit:	April 2008 bis Juni 2016
Werkvertragsunterzeichnung Bahntechnik GBT:	April 2008
Baubeginn – Zulaufstrecken:	Juni 2009
Fertigstellung – Zulaufstrecken:	Dezember 2015
Baubeginn – Feste Fahrbahn (Tunnel):	Oktober 2010
Fertigstellung – Feste Fahrbahn:	Oktober 2014
Abschluss der Inbetriebsetzung:	Mai 2016
Realisierte Gleisanlagen:	
Schotterfahrbahn:	ca. 31 Kilometer
Feste Fahrbahn:	ca. 115 Kilometer
Weichen in Schotter-Fahrbahn:	25
Weichen in Fester Fahrbahn:	8
Der Projektauftrag umfasste ein Volumen von ca. CHF 368 Mio.	

Tab. 1: Projektkennzahlen – AFTTG

management keine Aufgabe einzelner Stellen (Personen), sondern eine hierarchie- und fachbereichsübergreifende Aufgabe der gesamten Organisation.

Wie im täglichen Leben auch, hängt die Wahl des Werkzeuges immer von der zu verrichtenden Arbeit ab. Und je besser das Werkzeug (RTS) an die Aufgabe (Projekt) angepasst ist, desto effizienter und effektiver lässt sich die Arbeit (Prozesse) verrichten. Aus diesen Gründen entschied sich die AFTTG gegen eine auf dem Markt erhältliche Standardlösung und entwickelte ein projektspezifisches RTS. Aufgrund der guten Erfahrungen aus vergangenen Projekten wählte man als Systempartner das Unternehmen Relatics aus.

Relatics brachte seine Kompetenz aus dem Bereich der Entwicklung softwaregestützter Projektinformationssysteme in das Projekt ein. Zudem ermöglichte das System, dynamische Entwicklungen und Veränderungen im Projekt auch in die Datenbankstruktur zu übertragen. Bei der Entwicklung der Datenbankstruktur (RTS) orientierten wir uns an den Rahmenbedingungen des Projektes. Dabei waren drei Dimensionen zu berücksichtigen:

Dimension	Fragestellung	Bestimmende Inhalte
Inhalt	„Was sind die Anforderungen an das Projekt? Welche sind die geforderten Aktivitäten, Maßnahmen und Ergebnisse (Ziele)?“	<ul style="list-style-type: none"> • allg. inhaltliche Definitionen der Anforderungen • Zuständigkeiten für Erstellung, Prüfung und Freigabe von Nachweisen • Art und die Häufigkeit von Prüfungen • anzuwendende Normen, Richtlinien, Weisungen oder spezielle Prüfbedingungen
Struktur	„Wie ist das Projekt gegliedert und wie ist die Projektstruktur im Anforderungsmanagement zu berücksichtigen?“	<ul style="list-style-type: none"> • Projektstrukturplan (PSP)
Prozesse	„Welche Prozess- bzw. Vorgehensmodelle (z. B. CENELEC) sind anzuwenden oder zu berücksichtigen?“	<ul style="list-style-type: none"> • Prozessnormen z. B. EN 50126 (Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, Sicherheit) • EN ISO 9001

Tab. 2: Gliederung des Anforderungsmanagements und des Requirement Tracing Systems (RTS)

- Inhalt,
- Struktur und
- Prozesse.

Die Abbildung eines Projektes in einem Datenbankmodell erfolgt nach dem Prinzip und den Methoden des Systems Engineering (SE). Grundlage ist dabei das Systemdenken (Abb. 2). Dieses Denkmodell dient der Beschreibung komplexer Systeme (Projekte) und es hilft, die Zusammenhänge und die Wechselwirkungen von Elementen im Projekt zu (er)kennen.

dergleichen sein. Es lässt sich somit sagen, dass die Elemente und deren Beziehungen eine Art Systemarchitektur bilden. Da jedoch ein Projekt in den seltensten Fällen vollkommen autark agieren kann, weisen Elemente oftmals auch Beziehungen mit dem Umfeld (Projektumfeld) auf und werden somit auch durch äußere Einwirkungen beeinflusst.

Die gedanklichen Systemgrenzen variieren dabei je nach Betrachtungsweise deutlich, da die Anordnung der Elemente auf verschiedenen Ord-

mationen und Daten aus dem täglichen „Doing“ automatisch für die Nachweisführung erfasst und aufbereitet werden. Entsteht nicht der Eindruck eines Mehraufwandes, steigt auch die Akzeptanz für die systematische Informations- und Datenerfassung bei den Beteiligten.

Die Strukturierung von Projektauftrag und Projektorganisation nimmt nicht nur im Projektmanagement eine Schlüsselaufgabe ein, sie definiert ebenfalls die Elemente der Systemarchitektur (Abb. 2). Wie bei der Projektstrukturierung, sind dabei verschiedene Betrachtungsweisen (Perspektiven) zu berücksichtigen. Dabei sollte versucht werden, das Projekt als ein System von Elementen zu verstehen, die über wechselseitige Beziehungen in Verbindung stehen. Eine in sich geschlossene Betrachtung einzelner Projektbereiche und Prozesse wäre nicht sinnvoll und würde zum Verlust wertvoller Synergien führen, da fast immer Beziehungen und Abhängigkeiten, aber auch Gemeinsamkeiten zu anderen Bereichen bestehen. Insbesondere an den Schnittstellen bzw. Berührungspunkten zwischen Projektbereichen und Prozessen entstehen oftmals „Reibungsverluste“, die es zu eliminieren gilt. Je detaillierter die Betrachtung, umso mehr Beziehungen und Wechselwirkungen gilt es zu berücksichtigen.

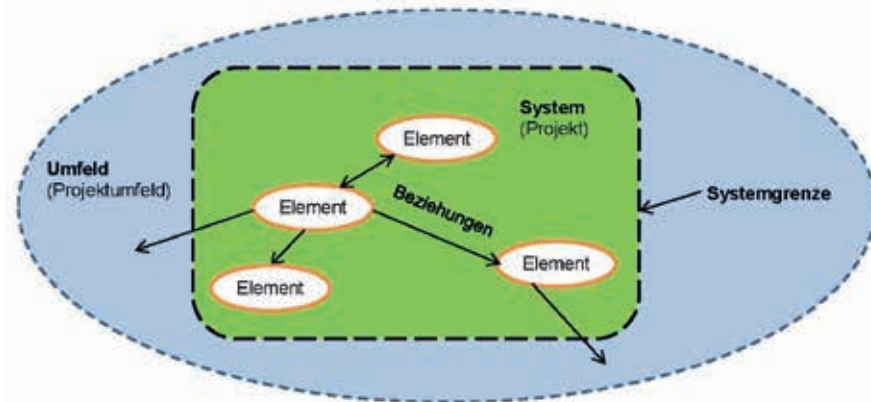


Abb. 2: Prinzipschema des Systemdenkens

Ein System kann im erweiterten Sinn ein Projekt oder einen Projektbereich darstellen bzw. beschreiben, wobei sich das System aus Elementen zusammensetzt, die sich ihrerseits durch Eigenschaften auszeichnen. Die Beziehungen zwischen den Elementen können Abhängigkeiten, Informationsflüsse, Wechselwirkungen oder

Strukturen beruhen kann. Ein primäres Ziel dieses Systemdenkens sind durchgängige und vernetzte Prozessketten und Informationsflüsse. Die Herausforderung beim Systems Engineering ist es, die Arbeitsprozesse so im System zu berücksichtigen und abzubilden, dass die Infor-

4 Gestaltung des Anforderungsmanagements

Nachdem die Ausgangslage analysiert wurde, ist in einem nächsten Schritt das „System des Anforderungsmanagements“ zu gestalten. Dabei

ID-Nr.	Anforderung	Wert / Bemerkung	Quelle	Prüfungen/Kontrollen/Nachweise	Kat.	Phase	Referenz
LP30. 104 LP31. LP33.	Tiefentemperaturbeständigkeit (Qualifikationsprüfung)	Der Glasübergangspunkt soll unter - 50°C liegen.	ATG	Prüfplan und Prüfbedingungen gem. „Kontrollplan“ in der Beilage B-III-30/31/32/33-8		II + III	
LP30. 105 LP31. LP33.	Witterungsbeständigkeit (Qualifikationsprüfung)	Einzuhalten ist die Rissstufe 1 nach DIN 53 509-1	ATG	Prüfplan und Prüfbedingungen gem. „Kontrollplan“ in der Beilage B-III-30/31/32/33-8		II + III	
LP30. 106 LP31. LP33.	Alterungsbeständigkeit - künstliche Alterung (Qualifikationsprüfung)	Nach künstlicher Alterung dürfen folgende Werte nicht überschritten werden: Änderung der Masse: - 1% Minderung der Zugfestigkeit: 10% zul. Härteanstieg nach DIN 53 505: 8 Shore A (falls messbar) Relative Minderung der Reißdehnung nach DIN 53 504: 20%	ATG	Prüfplan und Prüfbedingungen gem. „Kontrollplan“ in der Beilage B-III-30/31/32/33-8		II + III	
LP30. 107 LP31. LP33.	Entflammbarkeit (Qualifikationsprüfung)	Die Stufe K2 ist mindestens zu erreichen.	ATG	Prüfung nach DIN 53 438		II + III	
LP30. 108 LP31. LP33.	Abreissfestigkeit	Als Qualifikationsprüfung: $\sigma_R \geq 0.40 \text{ N/mm}^2$	ATG	Prüfplan und Prüfbedingungen gem. „Kontrollplan“ in der Beilage B-III-30/31/32/33-8		II + III	

Abb. 3: Auszug aus dem Anforderungskatalog

sind alle relevanten Einflussgrößen zu berücksichtigen, welche den Rahmen und die Struktur des Anforderungsmanagements und des zu entwickelnden RTS definieren bzw. beeinflussen. Drei Dimensionen gilt es dabei zu beachten: Inhalt, Struktur und Prozesse (Tab. 2). Bei einem projektspezifischen System sind alle relevanten Einflussgrößen, die auf diese Dimensionen einwirken, aus dem Projektauftrag herauszuarbeiten (Auftragsanalyse). Im Projekt der AFTTG gab es die folgenden Einflussgrößen bei der Systemgestaltung zu berücksichtigen.

4.1 Inhalt

Inhaltlich wurde das Anforderungsmanagement durch die im Werkvertrag definierten Anforderungen bestimmt. Ein vom Auftraggeber formulierter „Anforderungskatalog“ stellte die inhaltliche Basis des Anforderungsmanagements dar (Abb. 3).

Ergänzt wurde dieser Anforderungskatalog durch einen Kontrollplan, welcher

- die Zuständigkeiten für Erstellung, Prüfung und Freigabe von Nachweisen,

- die Art und die Häufigkeit der Prüfungen sowie
- anzuwendende Normen, Richtlinien, Weisungen oder spezielle Prüfbedingungen festlegte. Dabei stellten Anforderungskatalog und Kontrollplan die Mindestanforderungen dar.

4.2 Struktur

Bei der Struktur des Anforderungsmanagements ist es sinnvoll, sich an der Struktur der Organisation bzw. des Projektes zu orientieren. Hierbei ist darauf zu achten, dass ein Projekt je nach Betrachtungsweise verschiedenste Strukturierungsformen aufweisen kann (z. B. funktions-, objekt-, phasenorientiert). Jedoch haben sie alle etwas gemeinsam: In ihrer groben Struktur lassen sich Zusammenhänge und Abhängigkeiten immer auf den Projektstrukturplan (PSP) zurückführen.

Der PSP stellt folglich das Bindeglied zwischen allen Strukturierungsformen in einem Projekt dar. Er beinhaltet eine logisch aufgebaute Projektstruktur, an der sich alle projektbezogenen Prozesse, Aufgaben und organisatorischen Regeln-

gen orientieren. Somit bildet der Projektstrukturplan die übergeordnete Grundlage für die Steuerung, die Koordinierung und die Dokumentation von Aktivitäten, Terminen, Kosten, Nahtstellen etc. Zudem schafft er Transparenz und unterstützt eine einheitliche und widerspruchsfreie Projektsprache.

Um bei komplexen Projekten zu abstrakte Darstellungen zu vermeiden, kann ein PSP mehrere Darstellungsweisen beinhalten. Zur Darstellung des Projektes AFTTG erfolgte die Strukturierung entlang von drei Organisationsachsen:

- phasenorientiert (zeitlich),
- objektorientiert (örtlich) und
- funktionsorientiert (technisch).

Ziel der phasenorientierten Strukturierung (Abb. 4) ist es, die Arbeitsabläufe und Aktivitäten am zeitlichen Ablauf des Projektes auszurichten. Die projektbezogenen Aktivitäten und durchzuführenden Maßnahmen orientieren sich am „Lebenszyklus eines Systems“ gemäß der EN 50126.

Abbildung 5 zeigt die objektorientierte Struktur der AFTTG. Diese Art der Strukturierung gliedert das Projekt in seine physischen Bestandteile,

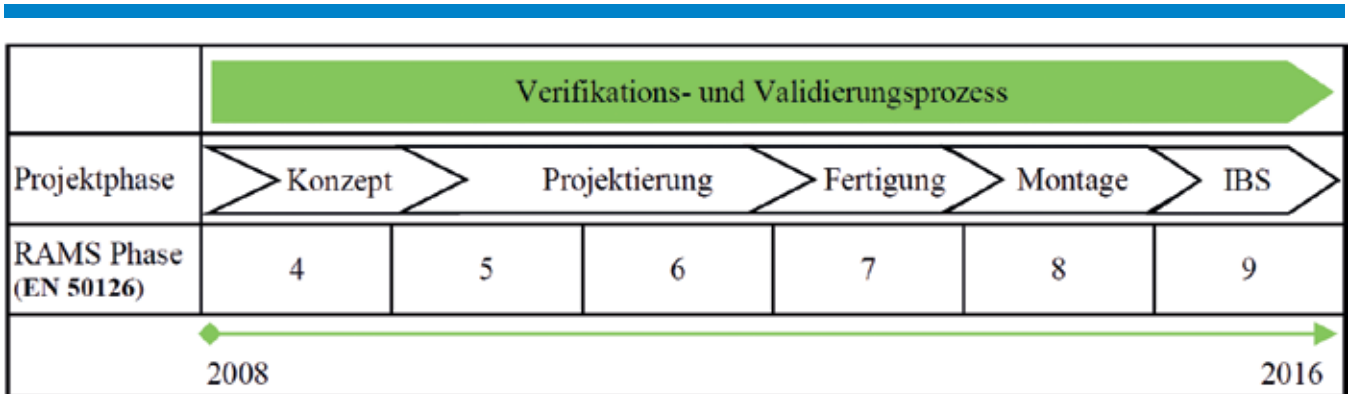


Abb. 4: Phasenorientierte Strukturierung (PSP)

sogenannte Objekte, die sich innerhalb ihrer physischen Grenzen durch vereinbarte Leistungen, monetäre Kriterien, Termine und Meilensteine definieren. Daher eignet sich diese Struktur ideal für das Controlling von Leistungen und Terminen.

Das Ziel der funktionsorientierten Strukturierung ist es, sowohl das Projekt als auch die zur Realisierung notwendige Projektorganisation funktional zu gliedern. Tabelle 3 zeigt die Funktionsbereiche der Bahntechnik im GBT. Daraus ist zu erkennen, dass die beteiligten Projektorganisa-

tionen eine kongruente Struktur aufweisen. Durch die homogene Gestaltung werden klare Kommunikations- und Entscheidungsebenen geschaffen. Zugleich wird die Anzahl der Schnittstellen, intern und extern, auf das Wirkungsvollste beschränkt.

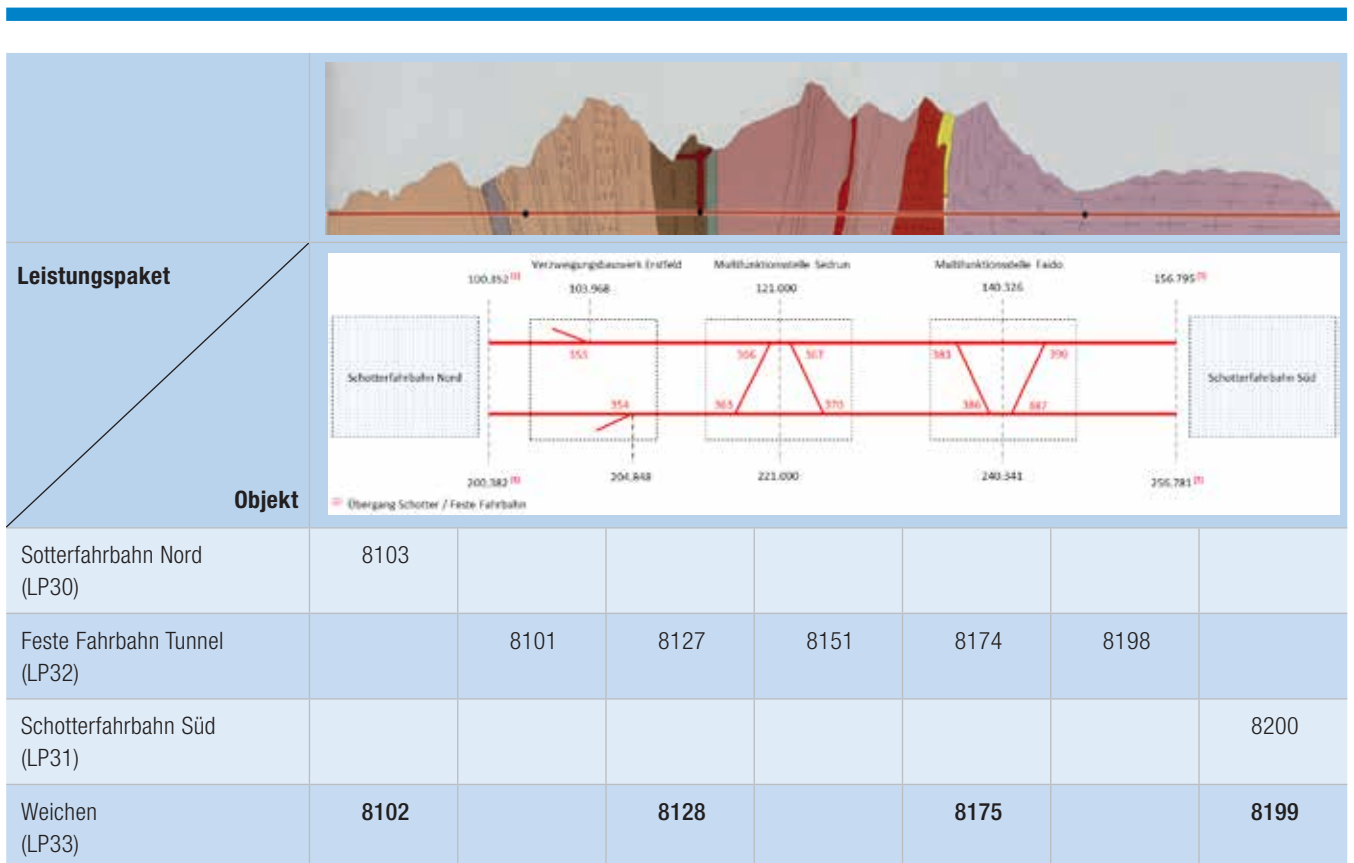


Abb. 5: Objektorientierte Strukturierung (PSP)

Funktionsbereich	SBB Schweizerische Bundesbahn	ATG Alp Transit Gotthard AG	AFTTG ARGE Fahrbahn Transtec Gotthard
Ausführungsplanung	n. n.	n. n.	n. n.
Ausführung	n. n.	n. n.	n. n.
Inbetriebsetzung	n. n.	n. n.	n. n.
Controlling	n. n.	n. n.	n. n.
Vertragswesen	n. n.	n. n.	n. n.
Qualitätsmanagement	n. n.	n. n.	n. n.
SGU	n. n.	n. n.	n. n.
Terminplanung	n. n.	n. n.	n. n.
Instandhaltung	n. n.	n. n.	n. n.
Risikomanagement	n. n.	n. n.	n. n.
Nahtstellenmanagement	n. n.	n. n.	n. n.
RAMS	n. n.	n. n.	n. n.
Dokumentation	n. n.	n. n.	n. n.
Änderungswesen	n. n.	n. n.	n. n.
Anforderungsmanagement	n. n.	n. n.	n. n.
Validierung	n. n.	n. n.	n. n.
ggf. weitere Bereiche	n. n.	n. n.	n. n.

n. n. = zu nennende Namen

Tab. 3: Funktionsorientierte Strukturierung (PSP)

4.3 Prozesse

Die Prozesse des Anforderungsmanagements, zur Verifikation und Validierung der festgelegten Anforderungen, werden in erster Linie durch die CENELEC-Norm EN 50126 bestimmt. Die Norm definiert Phasen und phasenbezogene Aktivitäten, welche mit einem vorgegebenen Ergebnis abzuschließen sind. Ziel ist eine systematische, lückenlose und widerspruchsfreie Verifikation und Validierung der festgelegten Anforderungen.

Verifikation: die Bestätigung durch Überprüfung und objektiven Nachweis, dass die festgelegten Anforderungen erfüllt wurden. (EN 50126)

Validierung: die Bestätigung durch Überprüfung und objektiven Nachweis, dass die besonderen Anforderungen für einen spezifischen und be-

stimmungsgemäßen Gebrauch erfüllt wurden. (EN 50126).

Die Zusammenhänge zwischen den geforderten Aktivitäten der EN 50126 und den daraus abgeleiteten Maßnahmen und Nachweisen werden im Validierungsplan dargestellt. Der Validierungsplan stellt somit eine Art Fahrplan für die gesamte Nachweisführung dar.

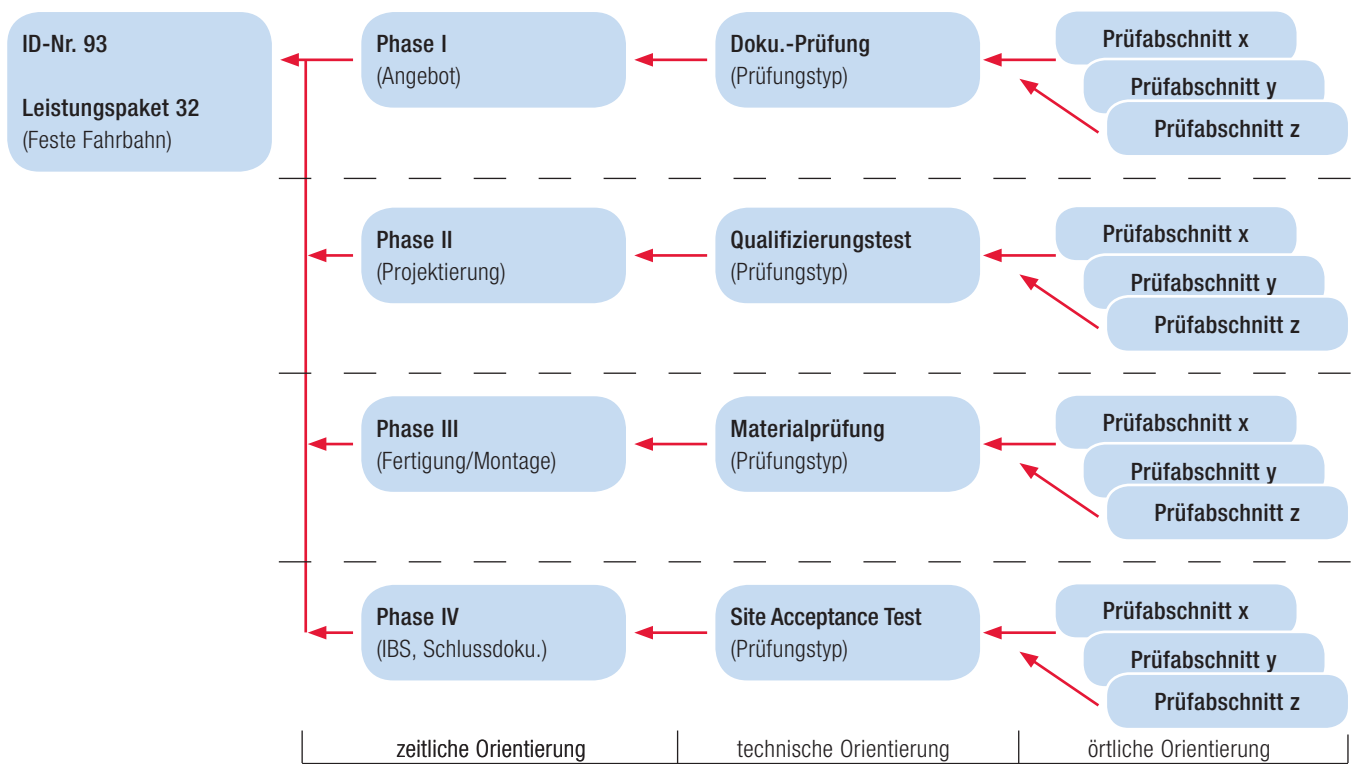
4.4 Zusammenfassung

Die beschriebenen Einflussgrößen (auf Inhalt/Struktur/Prozesse) gestalten die Rahmenbedingungen des Anforderungsmanagements und des Requirement Tracing Systems (RTS). Inhalt, Struktur und Prozesse definieren sich aus dem Projektauftrag. Und genau darin besteht die Grundvoraussetzung bei der Entwicklung pro-

jektspezifischer Systeme. Denn nur, wenn die Prozesse des Anforderungsmanagements und die eingesetzten Werkzeuge (RTS) optimal auf das Projekt bzw. den Auftrag abgestimmt sind, können die Ressourcen der Projektorganisation möglichst effizient und effektiv eingesetzt werden.

Im RTS der AFTTG führt die beschriebene Gestaltung des Anforderungsmanagements zu 5.864 Prüfungen, die je nach Intervall 1- bis x-mal geprüft und dokumentiert werden müssen. Dies verdeutlicht die Relevanz einer strukturierten und systematischen Vorgehensweise bei der Erfassung, Aufbereitung und Nutzung von Informationen zum Zweck der Verifikation und Validierung. Zur besseren Veranschaulichung ist das Prinzip der Gliederung, am Beispiel einer Anforderung, in Abbildung 6 schematisch dargestellt.

ID-Nr.	Anforderung	Wert/Bemerkung	Prüfungen/Kontrollen/Nachweise	Phase
093 (LP32)	Elastische Einlage Statische Steifigkeit	40 +3/-5 kN/mm bei 23 ± 3°C > 35 kN/mm bei 40 ± 3°C Veränderungen gegenüber Qualifikationswert nach künstlicher Alterung 70°C, 72 h ± 20 %	Zulassungen/Zertifikate	I
			Materialprüfungen durch vom Auftraggeber anerkannte Prüfstelle (z. B. TU München, EMPA)	II
			Prüfplan und Prüfbedingungen gem. Kontrollplan	III
			Nachweise zur Instandsetzung und Schlüssel-dokumentation	IV



Leistungspaket	Anzahl Anforderungen
Schotterfahrbahn Nord	185
Feste Fahrbahn (Tunnel)	208
Schotterfahrbahn Süd	185
Weichen	259
Summe:	837

Phase	Anzahl Anforderungen
I – Angebot	98
II – Projektierung	463
III – Fertigung/Montage	625
IV – IBS/Schlussdoku.	357
Summe:	1.543

Prüfabchnitte	Anzahl Anforderungen
Objekt 8101 – West	261
Objekt 8102 – Weichen	460
Objekt 8103 – OSN Ges.	337
...	...
Summe:	5.864

Abb. 6: Gliederung einer Anforderung

5 Auswertung/Analyse/Controlling

Die den Verifikations- und Validierungsprozessen zugrunde liegende Norm EN 50126 fordert eine lückenlose Dokumentation aller Aktivitäten und Maßnahmen zur Bestätigung und als objektiven Nachweis, dass die festgelegten Anforderungen erfüllt werden. Die Komplexität von Anforderungen und Projektstruktur erfordern deshalb ein ebenso umfassendes Controlling. Folglich ist es eine grundlegende Aufgabe des RTS, belastbare und nachvollziehbare Kennzahlen bereitzustellen, die über den Status des Anforderungsmanagements informieren oder auch als Orientierungspunkte für Steuerungs- bzw. Lenkungsmaßnahmen dienen.

Das projektspezifische RTS der AFTTG ermöglicht es, zu jedem Zeitpunkt und entlang der Projektstruktur eine Auswertung und Analyse der vorhandenen Informationen vorzunehmen. Nicht nur zum Zweck des Controllings, sondern auch zur Information aller Anspruchsträger innerhalb und außerhalb der Projektorganisation. Zum besseren Verständnis, lässt sich das betrachtete Bauprojekt der AFTTG in einem räumlichen System darstellen. Dieses System wird räumlich durch drei Achsen definiert (Abb. 7).

Das RTS ermöglicht eine Abfrage entlang einer Achse oder auch an einem beliebigen Punkt innerhalb des räumlichen Systems. Bei der Darstellung sollten auch individuelle Bedürfnisse in

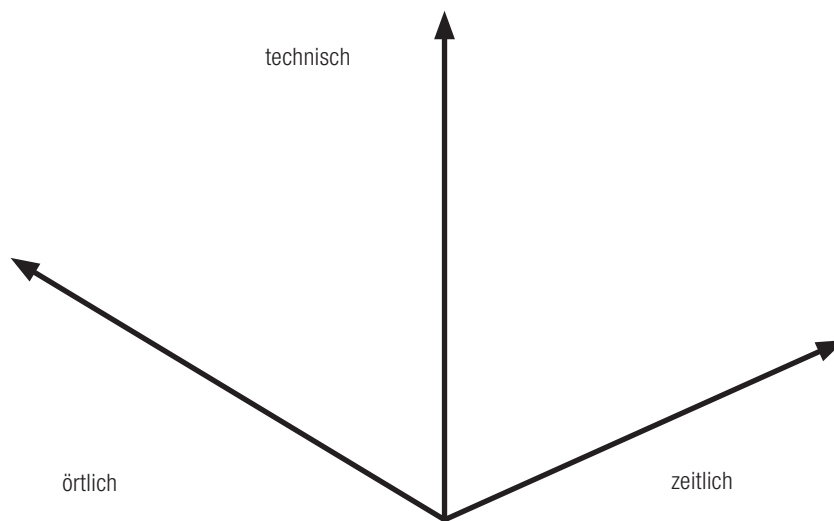


Abb. 7: Räumliche Gliederung des Controllings

Bezug auf Informationsgehalt/Detaillierungsgrad berücksichtigt werden. Die Abbildung 8 zeigt eine Übersicht diverser Komponenten/Produkte (links), zu denen Anforderungen nachzuweisen sind. Daneben (rechts) werden allgemeine Informationen zur Komponente, den Anforderungen und zum Status angezeigt.

Das RTS wurde so konzeptioniert, dass alle relevanten Projektparameter abgefragt werden können. Zudem ermöglicht die logische Verknüpfung aller Parameter im Datenbankmodell eine intuitiv

und benutzerfreundliche Anwendung. Ausgehend von weniger detaillierten Abfragen, können so weitere Informationen abgerufen werden, zum Beispiel zur Qualitätssicherung beim Hersteller einer Komponente, in Bezug auf die Art, das Intervall und die Ergebnisse der Prüfungen. Das integrierte Dokumentenmanagementsystem (DMS) ermöglicht die Einsicht in die entsprechende Dokumentation.

Dadurch, dass alle im Datenbankmodell definierten Parameter und auch Einschränkungen in die

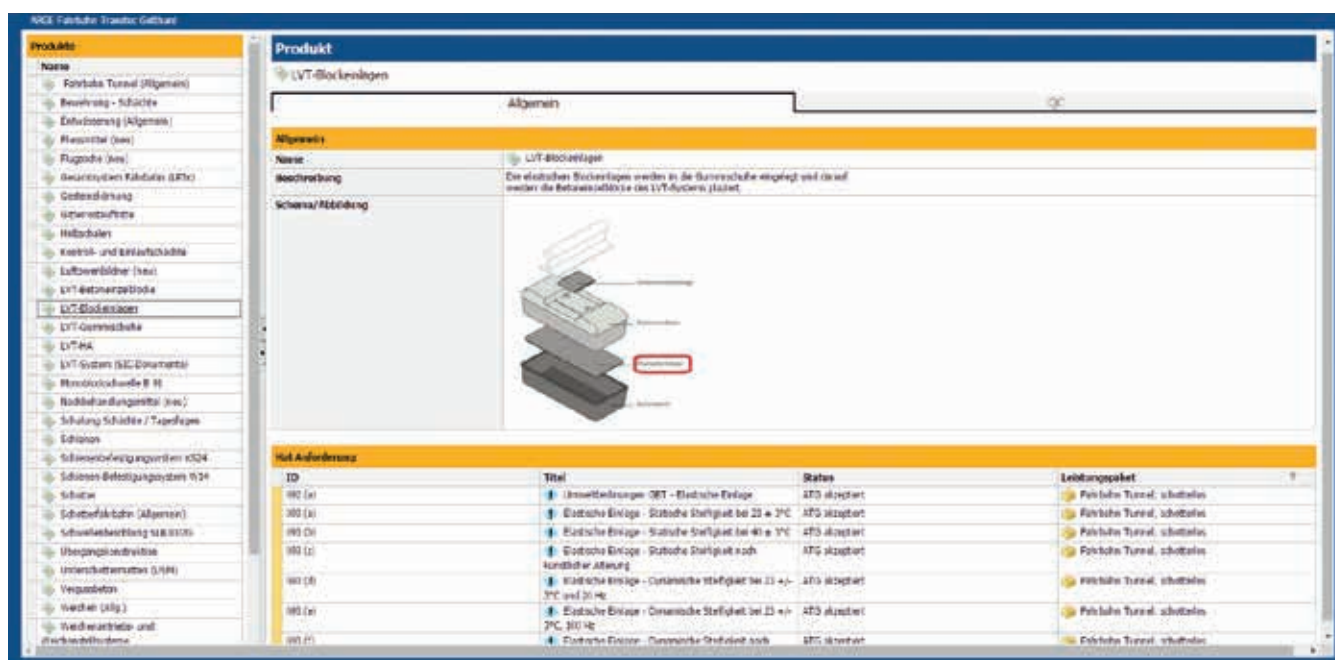


Abb. 8: RTS-Abfrage zu einer Komponente (Bildschirm-Print)

Report: Status Anforderungen (Gesamt)
Phase III (Ausführung & Montage)

generiert am: 15.09.2015

ARGE Fahrbahn Transtec Gotthard

Balfour Beatty Rail

HEITKAMP Construction Swiss GmbH

Status	Nachweis freigegeben	Nachweis erstellt	Nachweis in Arbeit	Nachweis zurückgewiesen	Summe
LP30 Schotterfahrbahn Nord	60	15	65	0	140
LP31 Schotterfahrbahn Süd	60	15	65	0	140
LP32 Feste Fahrbahn, Tunnel	93	34	40	0	167
LP33 Weichen	101	75	2	0	178
Summe	314	139	172	0	625

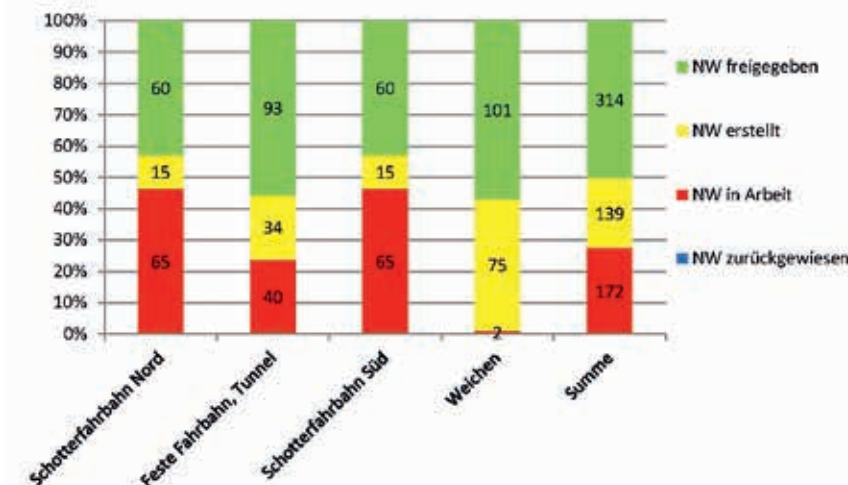


Abb. 9: Beispiel: RTS-Report (Status von Anforderungen)

Abfragen einbezogen werden können, ist die Informationstiefe und der Detaillierungsgrad vom Anwender selbst zu bestimmen.

Um die Kommunikation und Information auch außerhalb des RTS zu unterstützen, ist es möglich, alle Abfragen in den gängigen Dateiformaten (Word, Excel etc.) auszugeben. Zudem können Tabellen grafisch (in Form von Diagrammen) aufbereitet werden.

6 Product Lifecycle Management (PLM)

Beim PLM handelt es sich um ein Konzept, welches sich mit der laufenden Integration von Daten auseinandersetzt, die im Projektverlauf anfallen. Da sich die Informationsbedürfnisse

über den Projektverlauf ändern und neue (projekt-)phasenbezogene Prozesse und Aktivitäten berücksichtigt werden müssen, ist es erforderlich, sich mit dem PLM bereits im Entwicklungsprozess auseinanderzusetzen. Wird ein Projekt in einem Datenmodell erfasst, so ist dabei der gesamte Lebenszyklus (Projekt) zu betrachten. Eventuell ist auch eine Betrachtung über den Projektabschluss hinaus und zu relevanten Stakeholdern (z. B. Bauherr, Betreiber) sinnvoll.

Die Abbildung 10 zeigt das Schema zum PLM der AFTTG. Darin sind alle relevanten Projektaufgaben abgebildet, die es beim PLM zu berücksichtigen gilt. Daraus wird deutlich, dass ein umfassendes Projektinformationssystem multidisziplinäre Aufgaben wahrnehmen muss. Diese Betrachtungsweise ist Grundvoraussetzung für

ein ganzheitliches Anforderungsmanagement und Werkzeug (RTS), welches über alle Projektphasen und Fachdisziplinen hinaus die Kernbereiche des Projektes abbildet und dabei die verschiedensten Anspruchsgruppen berücksichtigt. Somit ist das RTS der AFTTG vielmehr als Projektinformationssystem zu verstehen, da es Informationen aus den verschiedenen Projektbereichen erfasst, strukturiert, analysiert und in einem separaten Schritt aus der Sicht des Anforderungsmanagements bewertet.

7 Nachweisdokumentation

Der geforderte „objektive Nachweis“ (EN 50126) macht eine lückenlose und belastbare Dokumentation aller Aktivitäten und Maßnahmen zur Verifikation und Validierung unerlässlich. Daher war es bei der Entwicklung des RTS ein erklärtes Ziel, ein Dokumentenmanagementsystem (DMS) zu integrieren, um die systematische und strukturierte Erfassung von Dokumenten zu ermöglichen. Im Verlauf des Projektes wurden so über 40.000 Dokumente erfasst und entlang der Verifikation und Validierung im System abgelegt.

Die Dokumentation dient ebenso der Kommunikation von Ergebnissen und Erkenntnissen gegenüber den relevanten Anspruchsgruppen. Es ist deshalb erforderlich, sich den Bedürfnissen dieser Gruppen bewusst zu werden und sie zu berücksichtigen.

Neben der Erfassung von Dokumenten und Informationen gibt es die Möglichkeit, alle Informationen zur Verifikation einer Anforderung zu einem spezifischen Nachweis aufzubereiten. So wurden ca. 6.000 Nachweisdokumente (Abb. 12) aus dem RTS generiert, die in Form und Inhalt den Bedürfnissen der relevanten Anspruchsgruppen gerecht werden.

Die Gliederung und Einordnung der Nachweisdokumentation (Prüfunterlagen) folgt der räumlichen Projektstruktur. Das Prinzip ist in der Abbildung 13 dargestellt.

8 Ausblick/Empfehlungen

Zukünftig werden die Vernetzung von Informations- und Datenströmen und die konsequente Anwendung des Systems Engineerings weiter an Bedeutung gewinnen. Der starke Wettbewerb in der Bauwirtschaft und die hohen Erwartungen an das Projektmanagement erfordern es, nicht nur auf bewährte Methoden und Werkzeuge zu setzen, sondern diese stetig weiterzuentwickeln. Auf

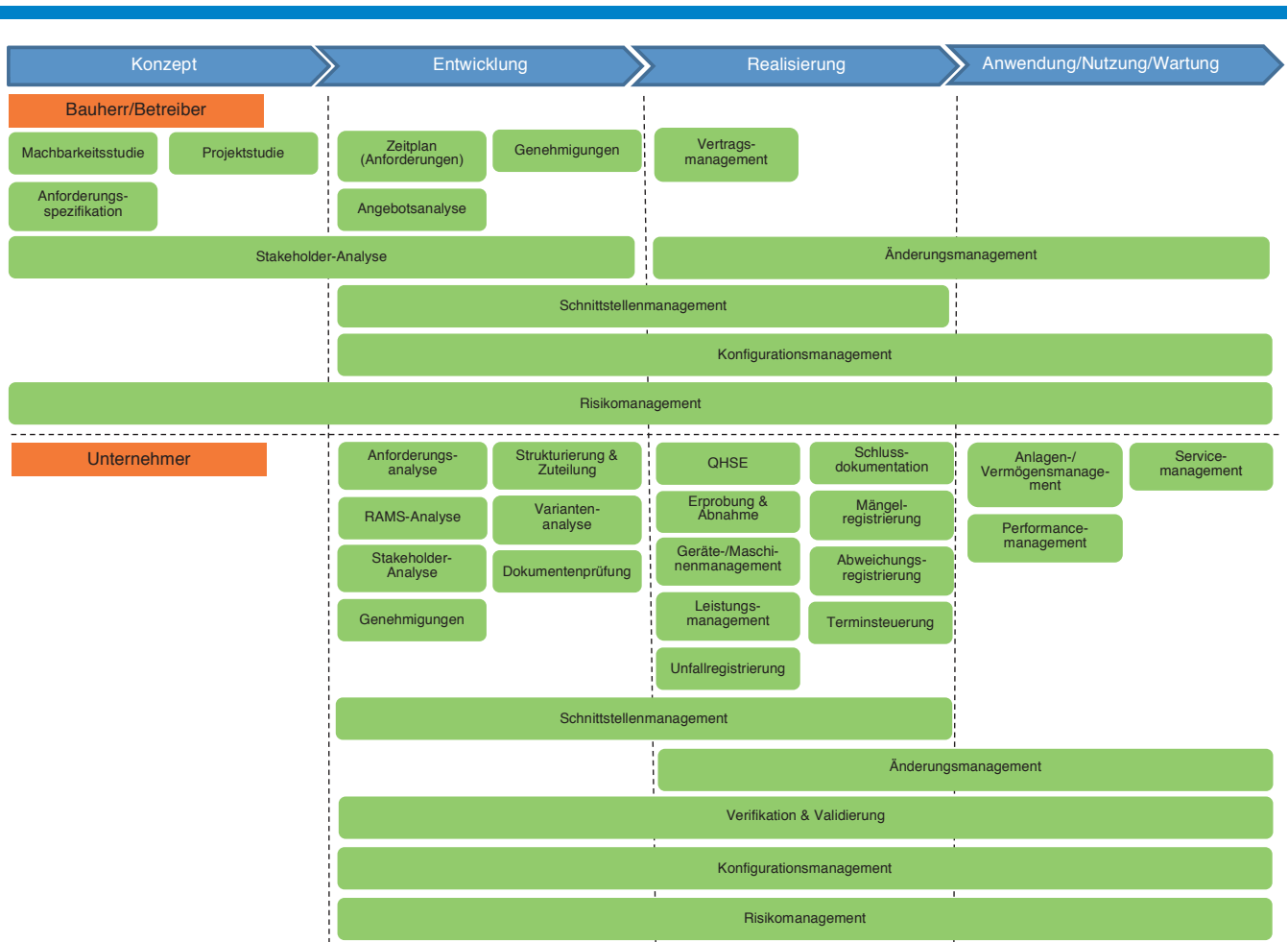


Abb. 10: Schema: Product Lifecycle Management (PLM)

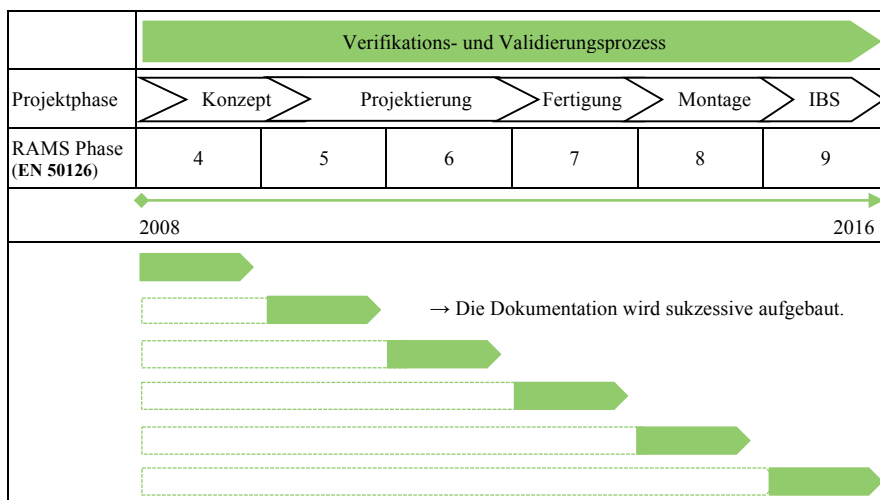


Abb. 11: Sukzessiver Aufbau der Dokumentation

der Suche nach Verbesserungen und Innovationen hilft auch der Blick in andere Branchen. Am Ende braucht es jedoch immer Personen im Projektmanagement, die neben Erfahrung auch ein Verständnis und die Fähigkeiten besitzen, die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten auf spezifische Aufgabenstellungen anzuwenden. Denn der maximale Erfolg ergibt sich erst aus dem optimalen Zusammenspiel von Methoden, Werkzeugen und Personen.

Am Beispiel der Bauindustrie lässt sich sagen, dass sich die Leistungsfähigkeit nicht nur durch den Einsatz moderner Maschinen, Verfahren und Baustoffe steigern lässt, sondern auch durch den Einsatz digitaler Informations- und Kommunikationssysteme. Digitale Technologien sowie Methoden wie das Systems Engineering können einen erheblichen Beitrag zur Optimierung von Prozessen leisten. Dieses Potenzial war dem

ARAG Fahrbahn Transteec Gotthard
Prüfunterlagen
 Projekthandbuch
 Arge Fahrbahn
 Transteec Gotthard
 Dok. Vorlage-Nr.: APTTG-35-FB-09
 Revision: 00
 Erstellt / revidiert: 27.03.12 /

ARAG Fahrbahn Transteec Gotthard
Prüfunterlagen
 Projekthandbuch
 Arge Fahrbahn
 Transteec Gotthard
 Dok. Vorlage-Nr.: APTTG-35-FB-09
 Revision: 00
 Erstellt / revidiert: 27.03.12 /

Anforderung:

ID-Nr.	LP30.108
Ursprung	B-III-3x-1
Prüftitel	Abreissfestigkeit
Wert / Bemerkung	Als Qualifikationsprüfung: zR >= 0.40 N/mm ² . Zur Qualitätssicherung: Eine kraftschlüssige Verbindung gem. der Qualifikationsprüfung muss auch in der laufenden Produktion gewährleistet sein.
Nachzuweisen in Phase	II - Projektierung; III - Montage

Vorbehalte / Mängel / Testauswertung:

Wurden bei der Prüfung Vorbehalte festgestellt? Ja Nein

Wurden bei der Prüfung Mängel festgestellt? Ja Nein

Testauswertung: bestanden nicht bestanden mit Vorbehalten bestanden

Bemerkungen: keine

Verifikation:

Projektphase	III - Montage		
Objekt	Gleisbezeichnung	Kilometer - Von	Kilometer - Bis
8103 - Schotterfahrbahn Nord	LP30 - Gesamt	-	-
Art der Prüfung	<input type="checkbox"/> Erstprüfung <input type="checkbox"/> Einzelprüfung <input checked="" type="checkbox"/> Wiederholungsprüfung im Intervall von:		3 Schwellen pro Woche (gem. Prüfanweisung Vigier Rail)
Prüfungstyp	Materialprüfung		
Prüf- Ort/Stelle	Beim Hersteller/Produzenten		
Bemerkungen	ObD: • Die Eigenüberwachung / Qualitätssicherung erfolgt gemäss Prüfanweisung - Vigier Rail (Hersteller); • Die Dokumentation der Prüfung -Abreissfestigkeit - erfolgt mittels Prüfzeugnis "Verbundsystem Schwelle / elastische Sohle" durch den Hersteller VigierRail (Schwellen); Prüfzeugnisse: • Die Prüfzeugnisse aus der Eigenüberwachung (Hersteller) liegen vollständig vor und stehen im RTS-LP3x zur Einsichtnahme bereit; (ein Prüfzeugnis ist als Beispiel beigefügt) • Die Qualitätsvorgaben wurden zu 100% eingehalten. → Die Produktionskontrollen bestätigen eine gleichbleibende Qualität;		
Seite / Kapitel	---		

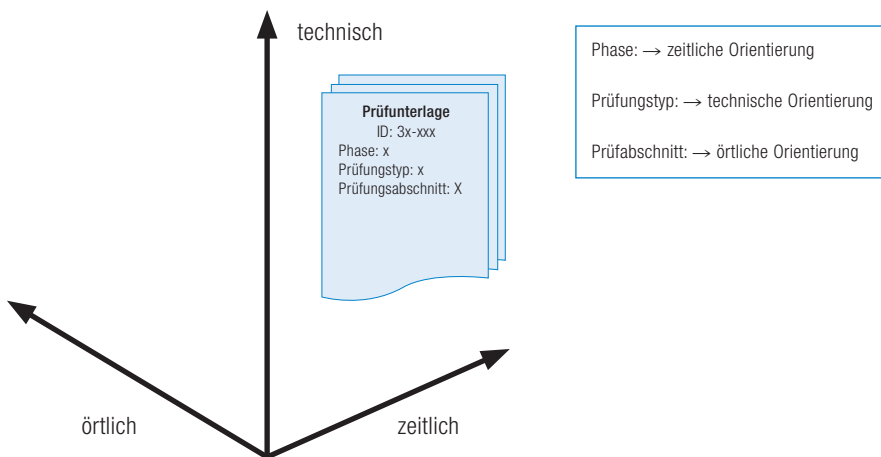
Die Durchführung der Prüfung und die Richtigkeit der Angaben bestätigt:

Prüfer TTG: Name	Gewerk / Bereich	Datum / Unterschrift
Höpfner Maik	LP3x / Nachweisführ. LP3x / Dokumentation LP3x / Validierung	29.02.2016

Beilagen / Verweise / Anhänge:

[Nr.]	Dokumentenbezeichnung	Referenz TTG	Referenz ATG	Bemerkungen zum Dokument
1	Monoblockschwelle: Prüfbericht Verbundsystem Schwelle / elast. Sohle (2014 / KW 06)	--- / ---	---	• Tag der Prüfung: 07.02.2014 (KW6) • Herstelltag (Schwelle): 27.01.2014 / 29.01.2014 / 31.01.2014 • Ergebnis: Prüfung an allen Prüfkörpern erfolgreich!

Abb. 12: Beispiel: RTS Report – Prüfunterlagen



**Abb. 13:
 Räumliche Gliederung
 der Nachweisdokumentation**

Führungsteam der AFTTG bewusst und so wurden bereits beim Aufbau der Projektorganisation Fach- und Stabstellen definiert, welche Themen wie Systems Engineering, RTS, Validierung, RAMS etc. behandeln. Im Weiteren wurde früh mit der Implementierung eines projektspezifischen Requirement Tracing Systems begonnen, welches sukzessive zu einem Projektsinformationssystem ausgeweitet wurde.

9 Schlusswort

Das Projektteam der Arbeitsgemeinschaft Fahrbahn Transtec Gotthard (AFTTG) gewann den Deutschen Project Excellence Award 2015 der Deutschen Gesellschaft für Projektmanagement e. V. (GPM). Der Autor nahm diese Auszeichnung zum Anlass, den vorliegenden Beitrag zu verfassen, um damit aufzuzeigen, wie methodisches und prozessorientiertes Projektmanagement den Projekterfolg nachhaltig beeinflussen können. Das Projektteam sieht in diesem Award eine Anerkennung der erbrachten Leistung und des realisierten Projekterfolges. Aber noch mehr sehen wir diese Auszeichnung als Ansporn, in künftigen Projekten mit mindestens dem glei-

chen Ehrgeiz nach Erfolg zu streben. In unserem Streben nach anspruchsvollen Zielen belassen wir unseren Blick nicht nur vorwärts gewandt, sondern schauen ebenso nach links und rechts, auch über Branchengrenzen hinaus, nach Methoden, Prozessen, Innovationen und erkennen dort Potenziale, die uns im täglichen Tun positiv beeinflussen.

Was machte den Erfolg der ARGE Fahrbahn Transtec Gotthard aus? Eine Frage mit vielen Antworten:

- starke Partnerschaften (basierend auf Vertrauen),
- intensives Stakeholdermanagement (insbesondere die Kundenwahrnehmung),
- proaktive und transparente Kommunikation,
- nachhaltiger Ressourceneinsatz,
- Streben nach kontinuierlicher Verbesserung,
- ausgeprägte Führungs- und Team-Kultur
- und vieles mehr.

Besonderen Dank möchte der Autor an Nino Keijner richten. In seiner Funktion des SHEQ-Managers (Safety, Health, Environment, Quality) der ARGE Fahrbahn Transtec Gotthard hat er maßgeblich an der Entwicklung und Einführung des projektbezogenen Qualitätsmanagements (PQM,

zertifiziert nach ISO 9001) beigetragen und damit den Grundstein für einen prozessorientierten Projektablauf und den späteren Projekterfolg gelegt. ■

Schlagwörter

Anforderungsmanagement, Bauprojekte, Projektstruktur, Qualitätsmanagement, Requirement, Requirement Tracing System (RTS), Systems Engineering

Kompetenzelemente der ICB 4.0

3.02 Anforderungen, Ziele und Nutzen,
3.03 Leistungsumfang und Lieferobjekte,
3.06 Qualität

Autor



Maik Höpfner ist Systems Engineer, Bau- und Projektmanagement (FH), Wirtschaftsingenieur in spe (FH) und Preisträger Project Excellence Award 2015 (ARGE Fahrbahn Transtec Gotthard). Seine

Arbeitsschwerpunkte sind Projektmanagement, Prozess- und Qualitätsmanagement, Dokumentation, Anforderungsmanagement sowie Verifikation und Validierung in interdisziplinären Bauprojekten. Von 2008 bis 2016 war er für die Heitkamp Construction Swiss GmbH in der ARGE Fahrbahn Transtec Gotthard als Systems Engineer tätig und verantwortlich für die Projektbereiche Anforderungsmanagement, Verifikation und Validierung sowie System- und Bauwerksdokumentation. Sein derzeitiges Projekt ist das Bahnprojekt Stuttgart-Ulm, Arbeitsgebiet Systemintegration, für die DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH.

Anschrift: Hauptstrasse 14a, 6033 Buchrain, Schweiz, Tel.: +41/7 79 95 20 95, E-Mail: Maik.Hoepfner@deutschebahn.com

Abkürzungsverzeichnis/Glossar

AFTTG:	Arbeitsgemeinschaft Fahrbahn Transtec Gotthard (verantwortlich für die Realisierung der Gleisanlagen im GBT)
ATG:	AlpTransit Gotthard AG (Bauherr der neuen Eisenbahn-Alpentransversale (NEAT), Achse Gotthard)
CMS:	Content Management System (deutsch: Inhaltsverwaltungssystem)
DMS:	Dokumentenmanagementsystem
GBT:	Gotthard-Basistunnel
IBS:	Inbetriebsetzung
PSP:	Projektstrukturplan (übersichtliche, systematische, meist grafische Darstellung aller wesentlichen Aufgaben eines Projektes, die erforderlich sind, um die Projektziele zu erreichen)
RAMS:	Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, Sicherheit (RAMS, engl.: Reliability, Availability, Maintainability, Safety)
SBB:	Schweizerische Bundesbahnen (staatliche Eisenbahngesellschaft der Schweiz)
SE:	Systems Engineering
TTG:	Arbeitsgemeinschaft Transtec Gotthard (Generalunternehmer für das Projekt Bahntechnik Gotthard-Basistunnel)
Verifikation:	Bestätigung durch Überprüfung und objektiven Nachweis, dass die festgelegten Anforderungen erfüllt wurden (EN 50126)
Validierung:	Bestätigung durch Überprüfung und objektiven Nachweis, dass die besonderen Anforderungen für einen spezifischen, bestimmungsgemässen Gebrauch erfüllt wurden (EN 50126)