

**Sachstandsbericht**  
**Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik**  
**des Technischen Innovationskreis Schienengüterverkehr**  
**(TIS)**



**Autoren:**

Martin Deuter (Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH)

Dr. Bernhard Heyder (BASF SE)

Klaus Hubach (BASF SE)

Dr. Felix Loske (HARTING KGaA )

Prof. Dr. Oliver Michler (TU Dresden)

Matthias Morrocu (VTG AG)

Dr. Miroslav Obrenovic (DB Schenker Rail AG)

P. Strassmann (SBB Cargo AG)

M. Thomas (DB Schenker Rail AG)

Dr. Lutz Troeger (HARTING KGaA)

**06 Mai 2014**

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis.....	4
1. Zusammenfassung.....	5
2. Einleitung.....	6
3. Vorgehensmodell.....	6
4. Technische und betriebliche Anforderungen.....	7
4.1 Generelle Zielsetzung für den Einsatz von Telematik und Sensorik.....	7
4.2 Nutzercluster.....	7
4.3 Anwendungsfälle.....	7
4.4 Beurteilungskriterien für Umsetzbarkeit der Anwendungsfälle.....	12
4.5 Generelle Systemanforderungen.....	15
4.5.1 Anforderungen aus der TIS Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik.....	15
4.5.2 Anforderungen aus TIS Arbeitsgruppe „Innovative Drehgestelle“.....	20
4.6 Funktionale Systemarchitektur.....	21
4.7 Wirtschaftliche Anforderungen.....	23
4.8 Morphologische Darstellung.....	24
5. Eigentumsrechtliche Konsequenzen hinsichtlich der Datennutzung.....	27
5.1 Greift das Datenschutzrecht?.....	27
5.2 Wem gehören die Daten?.....	28
5.3 Datenschnittstelle.....	29
5.3.1 Anforderungen an die Datenschnittstelle und an die Daten.....	29
5.3.2 Ideen zur Realisierung der Datenschnittstelle.....	30
6. IT-Sicherheit, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, funktionale Sicherheit und zeitkritische Verwendung von Daten in einem Telematik- und Sensoriksystem.....	31
6.1 IT-Sicherheit („Security“ ).....	31
6.2 Zuverlässigkeit („Reliability“ ).....	32
6.3 Verfügbarkeit („Availability“ ).....	33
6.4 Funktionale Sicherheit („Safety“ ).....	33
6.5 Quality of Service (QoS).....	34
6.6 Varianten der Datenübertragung.....	34
6.6.1 Drahtlose Datenübertragung über Mobilfunk (2G, 3G, 4G) zu einer Leitstelle ...	34
6.6.2 Drahtlose Datenübertragung über ein lokales Funknetz (Zigbee, ...) in einem Netzwerk im Zugverband mit einem Master-Knotenpunkt in der Lokomotive.....	35

6.6.3	Drahtlose Datenübertragung über ein lokales Funknetz (Zigbee, ...) in einem Netzwerk im Zugverband mit dem Sensor Hub als lokalem Master-Knotenpunkt je intelligentem Güterwagen.....	35
6.6.4	Anbindung über Kabel oder über Drahtlose Kommunikation zu einem Train Control and Monitoring System (TCMS).....	35
7.	Explosionsschutz.....	36
7.1	Grundlagen.....	36
7.2	Bahntransporte.....	36
8.	Stufenkonzept bei der Realisierung der Telematiklösung.....	37
9.	Umsetzung der Ergebnisse.....	38
9.1	Migrationskonzept.....	38
9.1.1	„Kritische Masse“.....	38
9.1.2	Hoher Abstimmungsbedarf im Sektor.....	38
9.1.3	Kompatibilität im verteilten System zwischen Strecke und Fahrzeug erforderlich.....	39
9.1.4	Nutzen-Kosten-Verteilung in der Migrationsphase.....	39
9.1.5	Innovationen nach „Push-Prinzip“.....	39
9.2	Anwendungsfälle in der Basiseinheit.....	40
9.2.1	Tracking&Tracing.....	41
9.2.2	Flottendisposition – Umlaufbeschleunigung.....	41
9.2.3	Flottendisposition – Wiederbeladung ermöglichen.....	42
9.2.4	Laufleistung Güterwagen eigenständig erfassen.....	43
9.2.5	Laufleistung Güterwagen genauer erfassen.....	43
9.2.6	Dynamische Überlasten detektieren.....	45
9.2.7	Rangierstöße detektieren und Kosten verursachungsgerecht zuweisen.....	46
9.3	Auswahl zusätzlicher Anwendungsfälle aus erweiterter Sensorik.....	47
9.3.1	Radsatzlagerüberwachung.....	47
9.3.2	Überwachung Bremsventil.....	47
9.3.3	Vermeidung Flachstellen.....	48
9.3.4	Planmäßiger Bremssohlentausch.....	49
9.4	Darstellung des Gesamtnutzens von Telematikanwendungen.....	50
10.	Auswirkungen auf den innovativen Bahnwagen 2030.....	54
	Anlage: Exemplarische Beschreibung Grundeinheit Telematik und Sensorik für Bahnwagen.....	55

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Funktionale Systemarchitektur Telematik und Sensorik im intelligenten Güterwagen .... 21

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anwendungsfälle und die Beurteilung hinsichtlich unterschiedlicher Kriterien .....	11
Tabelle 2: Anwendungsfälle und die Beurteilung hinsichtlich unterschiedlicher Kriterien.....	14
Tabelle 3: Entscheidungsmatrix technologische Realisierungsmöglichkeiten .....	26
Tabelle 4 Exemplarische Nutzenkalkulation Tracking & Tracing bei 120.000 EUR Warenwert .....	41
Tabelle 5: Exemplarische Nutzenkalkulation Tracking&Tracing bei 20.000 EUR Warenwert .....	41
Tabelle 6: Exemplarische Nutzenkalkulation Flottendisposition - Umlaufbeschleunigung .....	42
Tabelle 7: Exemplarische Nutzenkalkulation Flottendisposition - Wiederbeladung .....	42
Tabelle 8: Exemplarische Nutzenkalkulation Laufleistung eigenständig erfassen.....	43
Tabelle 9: Exemplarische Nutzenkalkulation Laufleistung genauer erfassen bei 10% betroffener Radsätze und 10% Abweichung zur heute ermittelten Laufleistung .....	44
Tabelle 10: Exemplarische Nutzenkalkulation Laufleistung genauer erfassen bei 40% betroffener Radsätze und 2% Abweichung zur heute ermittelten Laufleistung .....	45
Tabelle 11: Exemplarische Nutzenkalkulation Detektion dynamische Überlasten .....	46
Tabelle 12: Exemplarische Nutzenkalkulation Detektion Rangierstöße bei einem Warenwert von 120.000 EUR .....	46
Tabelle 13: Exemplarische Nutzenkalkulation Detektion Rangierstöße bei einem Warenwert von 20.000 EUR .....	47
Tabelle 14: Exemplarische Nutzenkalkulation Vermeidung Flachstellen.....	48
Tabelle 15: Exemplarische Nutzenkalkulation Planmäßiger Bremssohlentausch .....	49
Tabelle 16: Zielkosten Telematiksysteme low-cost und vollständige Lösung .....	50
Tabelle 17: Annahme jährlicher Kosten von Telematikanwendungen (Zielkosten) .....	51
Tabelle 18: Darstellung der Einsparpotenziale durch Telematiksystem, Variante „low-cost“ .....	52
Tabelle 19: Darstellung der Einsparpotenziale durch Telematiksystem, vollständige Lösung .....	53
Tabelle 20: Wirkung Module Telematik-/Sensoriklösung auf den innovativen Bahnwagen 2030 .....	54

## 1. Zusammenfassung

Der durch den TIS im Weißbuch beschriebene „Innovative Bahnwagen 2030“ benötigt ein Basispaket an Telematik und Sensorik. Durch diese „Intelligenz“ wird er deutlich produktiver und trägt maßgeblich zu dem notwendigen Wachstum auf der Schiene im Wettbewerb der Verkehrsträger bei.

Telematikanwendungen erlauben durch Überwachen und Nachverfolgen der Transportrouten sowie Laufleistungserfassung eine deutlich bessere Disposition der Eisenbahnwagen und damit eine effiziente Flottensteuerung.

Das Ladegut kann durch Sensorik erheblich besser überwacht werden. Dies betrifft seine physikalischen Eigenschaften wie Druck und Temperatur oder aber ob Rangierstöße einen Einfluss auf die Unversehrtheit hatten. Sensoren zur Überwachung von Ladetüren oder Ventilen vermindern die Verlustgefahr des Ladegutes. Auch kann der Beladezustand (digital: beladen oder leer) oder eine Überladung festgestellt werden.

Sensorik hilft, die betrieblichen Prozesse zu verbessern, indem die Zugreihung und die Zugvollständigkeit erfasst werden, die Bremsprobe vereinfacht oder Entgleisungen frühzeitig signalisiert werden.

Eine wesentliche Hilfe stellt Sensorik bei Instandhaltungsprozessen dar. Durch Überwachung von Baugruppen und deren Verschleißvorrat werden ungeplante Ausfälle vermindert und Werkstattaufenthalte planbarer. Dies hilft bei der logistischen Disposition, der Werkstattauslastung sowie der Bestandsführung an Ersatzteilen.

Telematik und Sensorik hilft auch bei der Integration in die Logistik- und Transportketten, indem Be- und Entladung vereinfacht wird. Auch administrative Prozesse, wie z. B. die Verrechnung von Wagenmieten, lassen sich vereinfachen.

Die Investitionen in moderne elektronische Ausrüstung bewegen sich – je nach Ausstattung – im dreistelligen oder unteren vierstelligen Bereich. Durch die höhere Verfügbarkeit und den Produktivitätsgewinn durch intelligenteren Flottensteuerung ergibt sich eine wirtschaftliche Anwendung.

Weiterhin wird das Image des Schienengüterverkehrs positiv beeinflusst, da er modern und in die Logistikketten integrierbar wird.

Die Ausrüstung von Telematik und Sensorik bietet sich beim Neubau von Eisenbahnwagen an. Dort sollte eine Verpflichtung der Wagenhalter abgegeben werden, dass ein Basispaket zur Grundausrüstung gehört. Eine Nachrüstung ist im Allgemeinen auch machbar und in vielen Fällen wirtschaftlich und damit notwendig.

Der für bestimmte Anwendungen notwendige Explosionsschutz ist ein sehr komplexes Thema und stellt hohe Anforderungen an die Telematik und Sensor Technologie am Güterwagen.

Durch das Fehlen einer durchgängigen Stromversorgung müssen noch Akkumulatoren für die notwendige Elektrizität sorgen. Energy Harvesting Technologien (z. B. Achsgenerator) können die Verfügbarkeit erhöhen und die Dauer bis zum Austausch der Akkumulatoren deutlich verlängern. Langfristig muss jedoch Strom auf den Wagen verfügbar gemacht werden (Mittelpufferkupplung oder separate Stromleitung). Die begrenzte Kapazität der Batterien findet bei der Auswahl der Sensoren und der Kommunikation mit der Umwelt Beachtung.

Gerade die Kommunikationsschnittstelle nach außen soll universell und zukunftsfähig sein, um sich der Weiterentwicklung der IT Systeme anpassen zu können. Außerdem sollte es keine Einzel- oder Insellösungen geben, da der ganze Sektor profitieren soll.

## 2. Einleitung

Telematik- und Sensorikanwendungen haben eine rasante Entwicklung in den letzten Jahren hinter sich gebracht. Prozesse konnten dadurch wirtschaftlich gestaltet und vereinfacht werden. Auch im Bereich des Schienenpersonenverkehrs gibt es vielseitige Einsatzmöglichkeiten.

Im Schienengüterverkehr jedoch und gerade beim Eisenbahnwagen wurde der Einsatz nur vereinzelt versucht.

Der Technische Innovationskreis Schienengüterverkehr (TIS) hat es sich zur Aufgabe gemacht, den Innovationsstau aufzulösen und in einer konzertierten Aktion aller am Schienengüterverkehr beteiligten Parteien:

- Wagenhalter
- Waggonindustrie
- Eisenbahnverkehrsunternehmen
- Bahnspediteure
- Verlader und die
- Wissenschaft

den Eisenbahngüterwagen auf einen modernen Stand zu bringen.

Gerade der effiziente Einsatz der Eisenbahngüterwagen ist ein wesentlicher Hebel, die Wettbewerbsfähigkeit des Schienengüterverkehrs zu verbessern, da die Wagenkosten zwischen 15 % und 25 % an den Gesamtkosten von Schienengüterverkehren ausmachen.

## 3. Vorgehensmodell

Die Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik des Technischen Innovationskreises Schienengüterverkehr hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Anwendungsfälle von Telematik und Sensorik am Eisenbahnwagen zu untersuchen, technische Lösungsvarianten zu prüfen und mit Hilfe eines morphologischen Kastens zu bewerten.

Hier wird auch die Anwendung für Neubau oder Nachrüstmöglichkeit beurteilt. Fragestellungen, wo der Nutzen anfällt, wie die technische Realisierbarkeit, einmalige und laufende Kosten sowie die Wirtschaftlichkeit, spielen eine entscheidende Rolle.

Die geeignetsten Lösungen fließen anschließend in eine Gesamtbewertung ein, die eine Empfehlung für die Branche darstellt, wie ein Basispaket mit Erweiterungsmöglichkeiten für Telematik und Sensorik bei Umrüstung und insbesondere bei Neubau aussehen sollte.

## 4. Technische und betriebliche Anforderungen

### 4.1 Generelle Zielsetzung für den Einsatz von Telematik und Sensorik

Durch den Einsatz von Telematik und Sensorik im Eisenbahngüterwaggon wird folgende Zielsetzung verfolgt:

- Produktivitätssteigerung
- Kostensenkung
- Erweiterung des Leistungsangebots
- Flexibilisierung der Geschäftsmodelle

### 4.2 Nutzercluster

Der Einsatz von Telematik und Sensorik im Eisenbahngüterwaggon kann für folgende Anwendergruppen einen Nutzen bringen:

- Kunde / Verloader
- Betreiber
- Wagenhalter
- Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU)
- Instandhalter / Werkstatt
- Infrastrukturbetreiber (EIU)
- Waggonbauindustrie

### 4.3 Anwendungsfälle

Aus dem kombinierten Einsatz von Sensorik am Güterwagen und einer fortlaufenden Übermittlung sowie Verarbeitung der erfassten Daten lassen sich in fünf Clustern zusätzliche Erkenntnisse generieren und durch weiterentwickelte Prozesse positive Effekte realisieren. Eine Kombination verschiedener Anwendungsfälle bietet ergänzend die Chance zusätzlicher positiver Ergebnisse.

#### A Flottensteuerung

Der Güterwagen als zentrales Produktionsmittel im Schienengüterverkehr muss als integraler Bestandteil der Transportkette wahrgenommen werden. Vor dem Hintergrund des Bedarfs weitergehender Produktivitätssteigerungen im Transportprozess kann hierbei die stringente Überwachung und Steuerung der Fahrzeuge Mehrwert für Kunden, Verloader, Halter und EVU bieten.

In einer Grundfunktionalität des **Tracking and Tracing** lässt sich die Position der Fahrzeuge bestimmen und verfolgen. Aufbauend auf diesen (Echtzeit-) Informationen zur Geoposition des Fahrzeuges können Abweichungen im Produktionsprozess kommuniziert und geeignete Gegensteuerungsmaßnahmen eingeleitet werden. Damit bieten sich sowohl Vorteile in der dispositiven Steuerung einzelner Sendungen als auch für den Kunden die Möglichkeit, bei Abweichungen die internen Logistikprozesse anzupassen.

In einer erweiterten Funktionalität der **Flottendisposition** lässt sich neben der Position auch der Zustand der Fahrzeuge erfassen. Hierauf lässt sich ein proaktives Management der Fahrzeuge aufbauen, indem regelbasiert und ereignisabhängig der Fahrzeugeinsatz gesteuert wird. Abweichungen in den Fahrzeugumläufen kann frühzeitig begegnet (Die Meldung des Wagens A „Ich stehe seit fünf Tagen unbeladen in X“ veranlasst eine Weiterverfügung nach Y) und der Fahrzeugeinsatz dispositiv optimiert werden.

Die Funktionalität der **Laufleistungserfassung** ermöglicht eine wagengenaue Dokumentation der zurückgelegten Entfernungen, die nicht aus den Zugsteuerungssystemen abgeleitet werden muss. Entsprechend bietet sich hier die Chance zusätzliche Potentiale aus einer dezidierten Instandhaltungssteuerung.

## **B Ladungsinformation**

Neben der Überwachung des Fahrzeuges bietet die Ladegutüberwachung zusätzlichen Mehrwert und kann zudem vermarktet werden. Die branchenspezifische Erfassung einzelner Ladegutparameter (Temperatur, Druck, Türöffnung, etc.) im Rahmen eines kontinuierlichen **Zustandsmonitoring der Ladung** lässt eine durchgängige Überwachung sensibler Transportgüter zu. Hieraus lassen sich sowohl sicherheitstechnische Kundenanforderungen realisieren als auch die Absicherung nachgelagerter Produktionsprozesse gewährleisten. Ergänzend lässt sich über eine **Beladungsmessung** der Befüllungszustand der Fahrzeuge feststellen (Wagen ist voll/leer) und der Fahrzeugeinsatz optimieren; über eine Grenzwertbetrachtung eine **Überladung** detektieren (Wagen ist überladen) und nachfolgend notwendige Instandhaltungsmaßnahmen verursachungsgerecht zuordnen; in Spezialanwendungen lässt sich über eine exakte **Gewichtsmessung** die Ladegutmenge unabhängig von ortsfesten Wiegeeinrichtungen bestimmen (Wagen X ist mit Y Kilogramm beladen). Ergänzend hierzu bietet eine exakte Erfassung der **Sendungspunktlichkeit** die Möglichkeit, die Logistikabläufe in der Transportkette mittels der präzisierten Abstimmung zu optimieren.

## **C Transportprozess (Zugbetrieb)**

Ausgehend vom sicheren Zugbetrieb ermöglichen zusätzliche technische Einrichtungen die Ablösung herkömmlicher manueller Betriebsprozesse. Eine Überwachung der **Zugvollständigkeit** lässt etwa den Einsatz von ETCS Level 3 zu und bietet damit die Möglichkeit, sowohl in der Zugabfertigung als auch während der Zugfahrt eine punktuelle Konsistenzprüfung der Züge durch manuelle Begutachtung zu vermeiden. Eine **automatische Erfassung der Zugreihung** kann zudem den manuellen (Kontroll-) Aufwand in der Zugvorbereitung ebenfalls reduzieren. Die langwierigen Schritte der manuellen Erfassung bzw. Korrektur der in den Produktionssteuerungssystemen hinterlegten Zuginformationen, welche etwa für die Berechnung der Bremsstrecke relevant sind, können ersetzt werden. Die Überwachung extremer Beschleunigungen ermöglicht die Detektion von **Entgleisungen** und erlaubt damit die verbesserte Ursachenforschung. Die Überwachung von Horizontalbeschleunigungen ermöglicht zudem die Detektion von **Rangierstößen**, bietet die Möglichkeit, Verantwortlichkeiten zu klären, und zeigt ggf. erforderliche Schulungsbedarfe auf. Technische Einrichtungen für eine **automatisierte Bremsprobe** können darüber hinaus die manuellen Bremsprobeprozesse im Rahmen der Zugvorbereitung ersetzen.

## **D Unterstützungsprozess Instandhaltung**

Neben den auf den Betrieb ausgerichteten Anwendungsfällen bietet die Ausstattung von Güterwagen mit technischen Messeinrichtungen zusätzlich die Möglichkeit, Unterstützungsprozesse in

der Instandhaltung zu optimieren. Die **Überwachung des Verschleißvorrates** einzelner Baugruppen lässt den zustandsabhängigen Austausch der betroffenen Komponenten zu und vermeidet damit sowohl die Verschwendung von Verschleißreserven als auch den Komponentenausfall im Betrieb. Eine fortlaufende **Überwachung des technischen Zustandes** von Baugruppen kann unerwünschte Zustände (etwa Bauteilversagen) aufzeigen. Dies reduziert die Gefahr von Spontanversagen und schafft damit Planbarkeit in der betriebsnahen Instandhaltung und im Betrieb. Zusätzlich kann die fortlaufende **Identifikation von Komponenten** deren Nachverfolgbarkeit in mehrstufigen Instandhaltungskreisläufen verbessern, die Entkopplung verschiedener IH-Zyklen ermöglichen und weitere Erkenntnisse für eine systematische Weiterentwicklung von Instandhaltungsregelwerk generieren.

### **E Unterstützungsprozess Sonstige**

Über die zusätzlichen technischen Möglichkeiten lassen sich zudem weitere Unterstützungsprozesse automatisieren. Eine verbesserte Nachverfolgbarkeit der Fahrzeuge und des Fahrzeugzustandes bietet die Möglichkeit **automatisierter Abrechnung** und neuartiger Abrechnungsmodelle. Zusätzliche Schnittstellen ermöglichen eine **Automatisierung des Be- und Entladeprozesses** und schaffen damit eine Verbesserung der Einbindung in Logistikprozesse des Kunden und fördern die Vernetzung in den Gesamttransportprozessen.

Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik  
des Technischen Innovationskreis Schienengüterverkehr (TIS)

Lfd Nr.	Anwendungsfall	Erfassungsintervall	Übertragungsintervall	Geo-lokalisierung	Bewegungserfassung	Beschleunigungserfassung	Engleisungserfassung	Laufleistungserfassung	Gewichtserfassung
									digital (beladen/ leer)
<b>1.</b>	<b>Flottensteuerung</b>								
1.1.	Tracking & Tracing	60 Min	ereignisbezogen	ja	ja				
1.2.	Disposition Einzelfahrzeug -> Flotte	ereignisbezogen		ja	ja				ja
1.3.	Laufleistungserfassung	gemäß Analyse	täglich	ja				ja	
<b>2.</b>	<b>Ladungsinformation</b>								
2.1.	Zustand der Ladung	permanent							
2.2.	Beladungszustand	permanent							ja
2.3.	Überladung	ereignisbezogen			ja				ja
2.4.	Verwiegen	ereignisbezogen			ja				ja
2.5.	Sendungspünktlichkeit								
<b>3.</b>	<b>Leistungsprozess (Betrieb)</b>								
3.1.	Zugvollständigkeit	permanent			ja				
3.2.	Zugreihung	ereignisbezogen			ja				
3.3.	Entgleisung	permanent		ja	ja	ja	ja		
3.4.	Rangierstöße	ereignisbezogen		ja	ja	ja			
3.5.	autom. Bremsprobe	ereignisbezogen							

Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik  
des Technischen Innovationskreis Schienengüterverkehr (TIS)

<b>4.</b>	<b>Unterstützungsprozess IH</b>								
4.1.	Überwachung Baugruppen (Verschleißvorrat)								
4.2.	Überwachung Baugruppen (Zustand)								
4.3.	Nachverfolgung kritische Baugruppen								
<b>5.</b>	<b>Unterstützungsprozess (sonstige)</b>								
5.1.	Automatisierung Abrechnung	ereignisbezogen		ja	ja				
5.2.	Informationsübergang Transporteur/Kunde	ereignisbezogen		ja					ja
5.3.	autom. Be-/Entladung	ereignisbezogen		ja					ja

**Tabelle 1: Anwendungsfälle und die Beurteilung hinsichtlich unterschiedlicher Kriterien (markiert sind die Basisanwendungsfälle)**

#### **4.4 Beurteilungskriterien für Umsetzbarkeit der Anwendungsfälle**

Nach der Definition von relevanten Anwendungsfällen werden unterschiedliche Beurteilungskriterien definiert. Für alle Anwendungsfälle wurde in der Arbeitsgruppe diskutiert, wie gut bzw. wie einfach das jeweilige Kriterium erfüllt werden kann.

Die definierten Beurteilungskriterien sind:

1. Kundennutzen
2. Technische Realisierbarkeit
3. Migrationsfähigkeit/-zeitraum
4. Einmalkosten (Systematik gemäß Weißbuch)
5. Laufende Kosten (Systematik gemäß Weißbuch)
6. Wirtschaftlichkeit unter Kosten / Nutzenaspekt (Systematik gemäß Weißbuch)
7. Priorität (Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit)
8. Schnelle Umsetzbarkeit im Demonstrator

In der nachfolgenden Tabelle 2 werden die verschiedenen Anwendungsfälle für Telematik und Sensorik entsprechend der o. g. Systematik beurteilt.

Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik  
des Technischen Innovationskreis Schienengüterverkehr (TIS)

Lfd Nr.	Anwendungsfall	Kundennutzen	technische Realisierbarkeit	Migrationsfähigkeit / -zeitraum	Einmalkosten (Systematik gemäß Weißbuch)	laufende Kosten (Systematik gemäß Weißbuch)	Wirtschaftlichkeit unter Kosten/ Nutzenaspekt (Systematik gemäß Weißbuch)	Priorität (Stärkung Wettbewerbsfähigkeit)	Schnelle Umsetzbarkeit im Demonstrator
<b>1.</b>	<b>Flottensteuerung</b>								
1.1.	Tracking & Tracing	Kunde/Verlader ++	++	++	++	+	+	++	++
1.2.	Disposition Flotte	Nutzer/Halter ++	o	+	o	o	++	++	+
1.3.	Laufleistungserfassung	EVU/Halter/ECM ++	++	++	++	+	+	+	++
<b>2.</b>	<b>Ladungsinformation</b>								
2.1.	Ladungszustand ( beladen > 20 % Nettzuladung)	Kunde/Verlader ++	++	++ (Nachrüstung +)	++ (Nachrüstung +)	++	++	++	++
2.2.	Überladung (Grenzwertbetrachtung)	ECM/Verlader ++	+	-	+ (Nachrüstung o)	++	+	+	+
2.3.	Verwiegen (exakte Messung)	Kunde + / Infrastruktur ++	o	--	o (Nachrüstung -)	- (KW --)	--	o	--
<b>3.</b>	<b>Leistungsprozess (Betrieb)</b>								
3.1.	Zugvollständigkeit	Infrastruktur/EVU ++	o	--	?	++	?	++ (insbesondere vollautomatsch)	o
3.2.	Zugreihung	EVU ++	o	-	?	++	?		+
3.3.	Bremsprobe (unterstützend/vollautomatisch)	EVU ++	+ (vollautomatisch -)	o	+ (vollautom. -)	++	++		++ (unterstützend)
3.4.	Entgleisung	Halter / EVU / Infrastruktur ++	+ (feste Fahrbahn ++)	+	+	++	+	o	++

Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik  
des Technischen Innovationskreis Schienengüterverkehr (TIS)

3.5.	Rangierstöße	Kunde / Verlader / EVU ++	++	++	++	++	+	+	++	
<b>4.</b>	<b>Unterstützungsprozess IH</b>									
4.1.	Überwachung Baugruppen (Verschleißvorrat)	Halter / ECM ++	Bremsklotz ind. O, Radscheibe -	++	+	++	+	++	-	
4.2.	Überwachung Baugruppen (Zustand)	Halter/ECM/EVU ++	Unrundheit --, Bremsklötze ind. & Flachstellen o, Ausbrüche -	+	+	++	+	+	+ (Flachstelle)	
4.3.	Nachverfolgung kritische Baugruppen	Halter / ECM +		++	++	++	++	o	++	
<b>5.</b>	<b>Unterstützungsprozess (sonstige)</b>									
5.1.	Automatisierung Abrechnung	Halter +		+	+	o	+	+	o	--
5.2.	autom. Be-/Entladung	Kunde/Verlader +	Schnittstelle ++, Chmeiepalten o	--	--	++	o	o bis ++	--	

**Tabelle 2: Anwendungsfälle und die Beurteilung hinsichtlich unterschiedlicher Kriterien**

## 4.5 Generelle Systemanforderungen

Die Systemanforderungen werden aus zwei verschiedenen Quellen generiert. Zum einen sind es Anforderungen aus der eigenen Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik. Weiterhin werden die Anforderungen an Sensorik im innovativen Drehgestell aus der TIS-Arbeitsgruppe „Innovative Drehgestelle“ berücksichtigt.

### 4.5.1 Anforderungen aus der TIS Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik

#### Funktionale Anforderungen aus der TIS Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik

FR-TE001	Die Telematik Lösung ist standardmäßig über GSM/GPRS (2G) bzw. UMTS (3G) per Mobilfunk IP Protokoll basiert mit einem sog. Back Office, einer zentralen Server-Lösung verbunden. Anm. 1: Der Fall ohne Serververbindung bzw. mit einer nur an bestimmten Punkten vorhandenen WLAN-Lösung wird im Folgenden nicht weiter betrachtet. Anm. 2: Es könnte zukünftig auch LTE (4G) Mobilfunk bzw. die weiteren Generationen von Mobilfunkdatenübertragung verwendet werden. Anm. 3: Die Kommunikation erfolgt über sichere Verbindung (VPN).
FR-TE002	Die Lösung realisiert Tracking und Tracing eines ausgerüsteten Güterwagens mittels Geo-Lokalisierung und Datenübertragung zu einer Back Office Lösung.
FR-TE003	Die Lösung erlaubt die Disposition eines Einzelfahrzeugs einer Flotte mittels Geo-Lokalisierung, Bewegungserfassung und digitaler Gewichtserfassung (leer/beladen) und Datenübertragung zu einer Back Office Lösung.
FR-TE004	Die Lösung erlaubt die Laufleistungserfassung bezogen auf Wagen, Drehgestell und Achse und Datenübertragung zu einer Back Office Lösung. Dazu wird Geo-Lokalisierung und Datenübertragung zu einer Back Office Lösung benötigt.
FR-TE005	Die Lösung erlaubt die Erfassung des Beladungszustands (digital = leer/beladen) eines Güterwagens mittels Sensorik und Datenübertragung zu einer Back Office Lösung.
FR-TE006	Die Lösung erlaubt die Erkennung der Überladung eines Güterwagens mittels Sensorik und Datenübertragung zu einer Back Office Lösung.
FR-TE007	Die Lösung erlaubt die exakte Verwiegung eines Güterwagens mittels Sensorik im Güterwagen und die Datenübertragung zu einer Back Office Lösung.
FR-TE008	Die Lösung erlaubt die Erfassung der Sendungspünktlichkeit mittels Geo-Lokalisierung und Datenübertragung zu einer Back Office Lösung.
FR-TE009	Die Lösung erlaubt die Erkennung der Zugvollständigkeit mittels Sensorik, Geo-Lokalisierung und Datenübertragung zur Lokomotive und zu einer Back Office Lösung.

Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik  
des Technischen Innovationskreis Schienengüterverkehr (TIS)

FR-TE010	Die Lösung erlaubt die Erkennung der Zugreihung mittels Sensorik, Geo-Lokalisierung und Datenübertragung zur Lokomotive und zu einer Back Office Lösung.
FR-TE011	Die Lösung erlaubt die Erkennung einer Entgleisung mittels Beschleunigungssensor und zuverlässiger, sicherer Datenübertragung zur Lokomotive.
FR-TE012	Die Lösung erlaubt die Erkennung von Rangierstößen mittels Beschleunigungssensor und Datenübertragung zu einer Back Office Lösung.
FR-TE013	Die Lösung erlaubt die Durchführung einer automatischen Bremsprobe vor Fahrtbeginn, die Datenübertragung zur Lokomotive und zu einer Back Office Lösung, sowie die Übertragung von Fehlfunktionen des Bremssystems bei Halt oder während der Fahrt.
FR-TE014	Die Lösung erlaubt die Überwachung des Verschleißvorrats von Baugruppen und die Datenübertragung zu einer Back Office Lösung.
FR-TE015	Die Lösung erlaubt die Überwachung des Zustands von Baugruppen und die Datenübertragung zu einer Back Office Lösung.
FR-TE016	Die Lösung erlaubt die Nachverfolgung von kritischen Baugruppen und die Datenübertragung zu einer Back Office Lösung.
FR-TE017	Die Lösung erlaubt die automatisierte Abrechnung.
FR-TE018	Die Lösung erlaubt die Erkennung des Informationsübergangs Transporteur/Kunde.
FR-TE019	Die Lösung erlaubt die automatische Be-/Entladung.
FR-TE020	Die Stromversorgung ist durch einen Akku, der autark gewechselt werden kann, gegeben.
FR-TE021	Optional kann eine Stromversorgung durch ein Stromkabel durch den Zug gegeben sein.
FR-TE022	Optional kann eine Einheit „Energy Harvesting“ betreiben und so den Akku mit gewonnener Energie speisen. 022a: Energy Harvesting mit Wellen/Strahlen 022b: Energy Harvesting mit Vibration 022c: Energy Harvesting mit Thermo 022d: Energy Harvesting mit Solar 022e: Energy Harvesting mit einem Achsgenerator

**Nichtfunktionale Anforderungen aus TIS Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik**

NFR-TE001	<p>Mobilfunk-Datenübertragung zum Back Office Server:</p> <p>001a: Die Datenübertragung geschieht nur an markanten Punkten (Start, Stopp, Zwischenhalte, ...).</p> <p>001b: Die Datenübertragung geschieht bei Stop and Go.</p> <p>001c: Die Datenübertragung geschieht mehrmals täglich (alle x Stunden).</p> <p>001d: Die Datenübertragung geschieht morgens beim LWV.</p> <p>001e: Die Datenübertragung geschieht stündlich.</p> <p>001f: Die Datenübertragung geschieht mehrmals stündlich (alle y Minuten).</p> <p>001g: Die Datenübertragung geschieht im zeitlichen Abstand von 5 Minuten.</p> <p>001h: Die Datenübertragung geschieht beim Eintreten bestimmter Ereignisse.</p> <p>001i: Die Datenübertragung geschieht bei ausreichendem Energievorrat.</p>
NFR-TE002	<p>Geo-Lokalisierung Erfassungszeitraum/-position:</p> <p>002a: Die Positionserfassung geschieht nur an markanten Punkten (Start, Stopp, Zwischenhalte, ...).</p> <p>002b: Die Positionserfassung geschieht bei Stop and Go.</p> <p>002c: Die Positionserfassung geschieht mehrmals täglich (alle x Stunden).</p> <p>002d: Die Positionserfassung geschieht morgens beim LWV.</p> <p>002e: Die Positionserfassung geschieht stündlich.</p> <p>002f: Die Positionserfassung geschieht mehrmals stündlich (alle y Minuten).</p> <p>002g: Die Positionserfassung wird im zeitlichen Abstand von 5 Minuten durchgeführt.</p> <p>002h: Die Positionserfassung geschieht in Abhängigkeit der zurück gelegten Wegstrecke.</p>
NFR-TE003	<p>Geo-Lokalisierung Positionsbestimmung:</p> <p>003a: Die Positionsbestimmung wird mit beidseitigen RFID-Tags an Wagen mit streckenseitigen RFID Lesegeräten durchgeführt.</p> <p>003b: Die Positionsbestimmung wird über GSM Zellenortung durchgeführt.</p> <p>003c: Die Positionsbestimmung wird mit GSM-Masten Triangulation durchgeführt.</p> <p>003d: Die Positionsbestimmung wird per GPS/Galileo Signal bestimmt.</p> <p>003e: Die Positionsbestimmung erfolgt mit GSM Zellenortung (während der Fahrt) und GPS im Stillstand.</p> <p>003f: Die Positionsbestimmung erfolgt mit GSM Zellenortung und Streckennetzlayer Zuordnung im Back Office (während der Fahrt) und GPS im Stillstand.</p>
NFR-TE004	<p>Bewegungserfassung:</p>

Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik  
des Technischen Innovationskreis Schienengüterverkehr (TIS)

	<p>002a: Die Bewegungserfassung erfolgt mit einem Beschleunigungssensor.</p> <p>002b: Die Bewegungserfassung erfolgt mit einem Rotationssensor am Radsatz.</p> <p>002c: Die Bewegungserfassung erfolgt mittels permanenter GPS-Erfassung.</p>
NFR-TE005	<p>Digitale Gewichtserfassung (leer/beladen):</p> <p>003a: Die digitale Gewichtserfassung erfolgt mit Beschleunigungssensor (in Fahrtmessung).</p> <p>003b: Die digitale Gewichtserfassung erfolgt mit einem „Raum-Sensor“ (z.B. Lichtschranke).</p> <p>003c: Die digitale Gewichtserfassung erfolgt mit einem Wiegeventil-Sensor.</p> <p>003d: Die digitale Gewichtserfassung erfolgt mit einem Wege-Sensor Federweg.</p> <p>003e: Die digitale Gewichtserfassung erfolgt mit einem Wege-Sensor Abstand SoK.</p> <p>003f: Die digitale Gewichtserfassung erfolgt mit einem Kraft-Sensor mit Schwingsaite.</p> <p>003g: Die digitale Gewichtserfassung erfolgt mit einem DMS Kraft-Sensor.</p>
NFR-TE006	<p>Erfassungszeitraum Beladungszustand, die Überladung und das Verwiegen:</p> <p>006a: Es wird manuell beim Be-/Entladen die Erfassung initiiert.</p> <p>006b: Es wird automatisch nach dem Be-/Entladen erfasst.</p> <p>006c: Es wird automatisch regelmäßig im Betrieb erfasst.</p>
NFR-TE007	<p>Datenübermittlung Beladungszustand, Überladung und Verwiegen:</p> <p>007a: Es wird manuell beim Be-/Entladen die Erfassung initiiert.</p> <p>007b: Es wird automatisch nach dem Be-/Entladen initiiert.</p> <p>007c: Es wird automatisch regelmäßig im Betrieb initiiert.</p>
NFR-TE008	<p>Entgleisung Erfassungszeitraum</p> <p>008a: Es wird nur während der Fahrt eine Detektion durchgeführt.</p> <p>008b: Es wird immer eine Detektion durchgeführt (24/7).</p>
NFR-TE009	<p>Entgleisung Datenübertragung</p> <p>009a: Es wird nur während der Fahrt eine Detektion gemeldet.</p> <p>009b: Es wird immer eine Detektion gemeldet (24/7).</p>
NFR-TE010	<p>Rangierstöße Erfassungszeitraum</p> <p>010a: Es wird automatisch beim Be-/Entladen eine Detektion durchgeführt.</p> <p>010b: Es wird automatisch beim Be-/Entladen und bei Umstellungen an Knotenpunkten eine Detektion durchgeführt.</p> <p>010c: Es wird immer eine Detektion durchgeführt (24/7).</p>
NFR-TE011	<p>Rangierstöße Datenübertragung</p>

Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik  
des Technischen Innovationskreis Schienengüterverkehr (TIS)

	<p>010a: Es wird automatisch beim Be-/Entladen eine Detektion gemeldet.</p> <p>010b: Es wird automatisch beim Be-/Entladen und bei Umstellungen an Knotenpunkten eine Detektion gemeldet.</p> <p>010c: Es wird immer eine Detektion gemeldet (24/7).</p>
NFR-TE012	Die Eckdaten des Akkus (Lebensdauer, Leistung, ...) sind durch die benötigte Energie der Telematiklösung und der von außen vorgegebenen autarken Dienstdauer zu ermitteln (Energiebilanz).
NFR-TE013	Die Eckdaten eines Energy Harvesting Systems (Leistung, ...) sind durch die benötigte Energie der Telematiklösung und der von außen vorgegebenen autarken Dienstdauer zu ermitteln (Energiebilanz).
NFR-TE014	Die Anforderungen an Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) müssen erfüllt werden.
NFR-TE015	Für Anwendungsszenarien, bei denen Explosionsschutz (Ex-Schutz) eine Rolle spielt, müssen die Anforderungen des Ex-Schutzes erfüllt werden.
NFR-TE016	<p>Wartung der Software</p> <p>016a: Die Software kann nur bei Stillstand gewartet werden.</p> <p>016b: Die Software kann während der Fahrt gewartet werden.</p> <p>016c: Die Software kann nur manuell gewartet werden.</p> <p>016d: Die Software kann ferngewartet werden.</p>

#### 4.5.2 Anforderungen aus TIS Arbeitsgruppe „Innovative Drehgestelle“

##### Funktionale Anforderungen aus TIS Arbeitsgruppe „Innovative Drehgestelle“

FR-DG001	Die Telematiklösung muss eine vollautomatische Bremsprobe realisieren.
FR-DG002	Die Telematiklösung muss eine Laufleistungserfassung realisieren.
FR-DG003	Die Telematiklösung muss eine Heißläufererkennung realisieren.
FR-DG004	Die Telematiklösung muss die Achsbeladung erkennen.
FR-DG005	Die Telematiklösung muss die Beschleunigung in drei Achsen mit einem Beschleunigungssensor realisieren.
FR-DG006	Die Energieversorgung ist durch eine Stromleitung in der Mittelpufferkupplung gesichert.
FR-DG007	Zudem gibt es eine autarke Energieversorgung durch eine Akkumulatorlösung.
FR-DG008	Für entsprechende Güterwagen muss die Telematiklösung die Anforderungen an den Explosionsschutz erfüllen.
FR-DG009	Neben einer kabellosen Schnittstelle zwischen Komponenten im Drehgestell und im Wagenkasten ist auch eine kabelgebundene Schnittstelle zu berücksichtigen.

##### Nichtfunktionale Anforderungen aus TIS Arbeitsgruppe Drehgestell

NFR-DG001	Es sind für die Telematiklösung soweit vorhandene Standard-Schnittstellen zu verwenden.
NFR-DG002	Es sind - soweit vorhanden - offene Schnittstellen zu verwenden.

## 4.6 Funktionale Systemarchitektur

Basierend auf den Anwendungsfällen und den Anforderungen wurde eine funktionale Systemarchitektur definiert, die den Anspruch erhebt, die Anforderungen zu erfüllen und als Basisarchitektur für die zu realisierenden Anwendungen zu dienen.

Natürlich müssen für die jeweiligen Anwendungen die Sensorik, die Datenerhebung, Datenvorverarbeitung, Datenspeicherung und Datenübertragung realisiert bzw. angepasst werden. Aber all dies wird auf der bestehenden Systemarchitektur geleistet, und es wird nicht ein komplett neues System für eine neue Anwendung eingebaut bzw. realisiert. Dabei ist zu beachten, dass es verschiedene Ausprägungen der Realisierung einer Systemarchitektur geben kann. Es wird zumindest eine low-cost Variante geben, die ein Minimalset an Anwendungen erfüllen kann, und es wird eine teurere Lösung geben, die die gegebenen Anforderungen komplett erfüllt. Zu beachten ist auch noch, dass es Teile der Architektur gibt, die auf alle Fälle vorhanden sein müssen, und dass es Teile gibt, die optional vorhanden sind.

Mit der verpflichtend vorhandenen Systemarchitektur können auch wiederum nicht alle Anwendungsfälle erschlagen werden. Dafür gibt es optionale Teile, die die Architektur ergänzen und weitere Anwendungen ermöglichen.

Nachfolgend ist die definierte funktionale Systemarchitektur abgebildet:

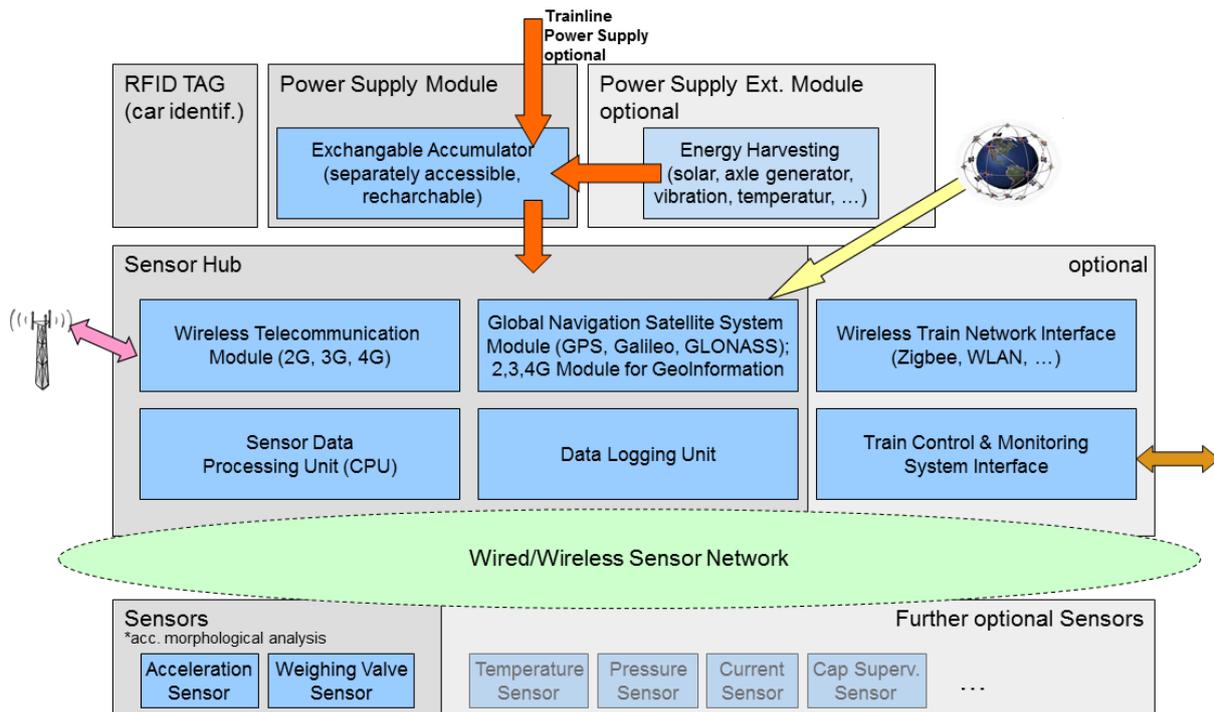


Abbildung 1: Funktionale Systemarchitektur Telematik und Sensorik im intelligenten Güterwagen

Die Komponenten der funktionalen Systemarchitektur sind:

1. **Sensor Hub:** Eine zentrale Komponente im Güterwagen, die für die (Vor-) Verarbeitung von Sensor und Telematikdaten, für die Speicherung von Daten, für die Positionsbestimmung, für die drahtlose Weitergabe von Daten zuständig ist. Die Sub-Komponenten sind:
  - a. Verarbeitungseinheit (Sensor Data Processing Unit)
  - b. Speichereinheit (Data Logging Unit)
  - c. Drahtlos Modul zur Datenfernübertragung über Mobilfunk (2G = GPRS, 3G = UMTS, 4G = LTE)
  - d. Modul zur Positionsbestimmung über Satellit (GPS, Galileo, GLONASS) oder Mobilfunkzelle)

Optionale Komponenten sind:

- e. Drahtlos-Modul mit Schnittstelle zu einem Drahtlosnetz im Güterzug (Wireless Train Network Interface)
  - f. Modul mit Schnittstelle zum Train Control & Monitoring System Interface
2. **Sensorik** (entweder über Funkverbindung oder aber über Kabel mit dem Sensor Hub verbunden)

- a. Beschleunigungssensor

Weitere optionale Sensoren sind:

- b. Wiegeventil Sensor
  - c. Temperatursensor
  - d. Drucksensor
  - e. Sensoren zum Erfassen von Spannung, Stromstärke, ...
  - f. Sensorik zur Tankdeckelüberwachung
  - g. Weitere Sensorik

### 3. Energieversorgungseinheit

- a. Modul mit einem Akkumulator in einer separaten Box

Optional können noch Energy-Harvesting Technologien verwendet werden

- b. Energy-Harvesting Modul zum Aufladen des Akkumulators mit folgender Technologie
    - i. Solar
    - ii. Vibration
    - iii. Temperatur
    - iv. Achsgenerator

Optional kann ein Stromkabel durch den ganzen Güterzug realisiert sein, und wenn der Güterwagen im Zugverbund eingebunden ist, kann über dieses Kabel der Akkumulator aufgeladen werden.

- c. Verbindung zum Stromkabel durch den Zug

## 4.7 Wirtschaftliche Anforderungen

OR-001	Die Investitionskosten für eine low-cost Lösung sollen deutlich unter 500 Euro (Stand 2014) sein.
OR-002	Die Investitionskosten für eine vollständige Lösung sollen im Bereich von mehreren Tausend Euro (Stand 2014) liegen.
OR-003	Die laufenden Kosten pro Monat für eine low-cost Lösung für den Betrieb (Mobilfunk, Austausch Akkumulator) sollen im Bereich von wenigen Euro (Stand 2014) liegen.
OR-004	Die laufenden Kosten pro Monat für eine vollständige Lösung für den Betrieb (Mobilfunk, Austausch Akkumulator) sollen deutlich unter 50 Euro (Stand 2014) liegen.
OR-005	Die Kosten pro Jahr für Wartung und Service für eine low-cost Lösung sollen unter 100 Euro liegen.
OR-005	Die Kosten pro Jahr für Wartung und Service für eine vollständige Lösung sollen unter 200 Euro liegen.

## 4.8 Morphologische Darstellung

Aufbauend auf dem beschriebenen Systemlayout liefert ein Morphologischer Kasten eine Eingrenzung der technologischen Umsetzungsmöglichkeiten. Hierbei erfolgt eine erste Einschätzung des technisch machbaren und der möglichen resultierenden Kosten. Die Bewertungsmatrix setzt dabei auf dem beschriebenen Basismodul auf und lässt in einem ersten Schritt mögliche branchenspezifische Spezialfälle außen vor.

In einer Zielversion des Systems erfolgt die **Energieversorgung** über die grundsätzlich vorhandene permanente Stromversorgung am Fahrzeug. In der Übergangszeit verfügt das System über einen Energiespeicher, der optional über Energy Harvesting nachgeladen werden kann.

Die **Datenübertragung** erfolgt über eine Mobilfunkschnittstelle, wobei der gewählte Mobilfunkstandard abhängig vom jeweiligen Bedarf hinsichtlich Energieverbrauch und Datenmenge ist.

Die Identifikation der **Geoposition** erfolgt in einem ersten Schritt mit dem Ziel einer energieoptimierten Anwendung zweistufig. Im Stand erfolgt die Positionierung mittels GPS, was zwar einerseits viel Energie verbraucht, aber andererseits eine relativ genaue Positionsinformation liefert. Ist das Fahrzeug in Bewegung, erfolgt die Positionsbestimmung über eine Mobilfunkzellenidentifikation und dem Abgleich mit einem hinterlegten Streckenprofil. Hier wird deutlich weniger Energie benötigt, allerdings ist auch die Positionsinformation ungenauer als bei GPS.

Sowohl die Erfassung von Bewegung grundsätzlich als auch der Beschleunigung kann über einen 3D-Beschleunigungssensor erfolgen. Entsprechende Komponenten bieten eine ausreichende Genauigkeit bei sehr geringen Kosten.

Auch die Laufleistungserfassung wird in der gewählten Variante über die obige zweistufige Geopositionsbestimmung und ein Abgleich mit den möglichen Strecken im Netz vorgenommen.

Die Erfassung, ob das Fahrzeug beladen oder unbeladen ist, erfolgt im Fahrbetrieb ebenfalls über Beschleunigungssensoren, muss aber im bewegungslosen Zustand über die alternative Technologie der Wiegeventile im Bereich der autom. Lastabbremung erfolgen.

In der nachfolgenden Tabelle 20 wird die Entscheidungsmatrix für die technologischen Realisierungsmöglichkeiten aufgezeigt.

Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik  
des Technischen Innovationskreis Schienengüterverkehr (TIS)

Anwendungsfall/Sensorik	Energieversorgung	Telematik	Geolokalisation	Bewegungserfassung	Beschleunigungserfassung	Laufleistungserfassung	Gewichtserfassung
<b>Ausprägung Minimum (-)</b>	Akku (Leistungsfähigkeit Stand 2015)	Manuelles Auslesen per Handheld	Beidseitiger RFID-Tag an Wagen mit streckenseitigen RFID-Readern europaweit	Beschleunigungssensor	Beschleunigungssensor	Rotationszähler an Radsatzwelle	Beschleunigungssensor (in Fahrt-Messung)
<b>Ausprägung / Lösungsvariante</b>	Energy Harvesting "Wellen/ Strahlen"	"WLAN" => Hotspot Infrastruktur an wichtigen Knoten/ Bahnhöfen	grobe Erfassung Position über GSM Zellenortung	Rotationssensor am Radsatz		Mechanischer Zähler in Radsatzlager	"Raum-Sensor": Lichtschranke o.ä.
	Energy Harvesting "Vibration"	"WLAN" => Lok als Hotspot	Erfassung über Triangulation GSM-Masten	"Permanent"-GPS		Induktiver Zähler in Radsatzlager	Sensor Wiegeventil
	Energy Harvesting "Thermo"	Mobilfunk (GSM, UMTS, LTE)	Galileo (2030)-/ GPS-Lokalisation			Nutzung Geolokalisation + Layer-Algorithmus	Wege-Sensor Federweg
	Energy Harvesting "Solar"		Kombination GPS-/GSM-Lokalisation				
	Radsatz-generator		Kombination GSM-Position und Streckennetzlayer während der Fahrt + GPS bei Abstellung (2015)				
Kraft-Sensor Schwingsaite							

Sachstandsbericht der Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik  
des Technischen Innovationskreis Schienengüterverkehr (TIS)

	Energieversorgung Druckluftturbine aus HL	Satellit	DGPS		Kraft-Sensor DMS
<b>Ausprägung Maximum (++)</b>	durchgängige Energieversorgung (2030)				

**Tabelle 3: Entscheidungsmatrix technologische Realisierungsmöglichkeiten**

## 5. Eigentumsrechtliche Konsequenzen hinsichtlich der Datennutzung

### 5.1 Greift das Datenschutzrecht?

Hinsichtlich der Fragestellung, welche rechtlichen Rahmenbedingungen für die Erfassung und Übertragung von Daten an Güterwagen gelten, kann unter folgender Internet-Adresse eine Darstellung der geltenden Regelungen für „Cloud Dienste“ eingesehen werden. Ein Vergleich zeigt, dass in beiden Fällen Daten genutzt werden, die in öffentlichen Netzen existieren bzw. darüber übertragen werden:

<http://www.e-recht24.de/artikel/blog-foren-web20/7115-rechtssicher-in-der-cloud-ihre-daten-bei-dropbox-icloud-google-drive-a-co.html>

*„Das Deutsche Datenschutzrecht findet auf „Cloud-Dienste“ grundsätzlich dann Anwendung, wenn es sich bei den in der Cloud gespeicherten Daten um sogenannte „personenbezogene Daten“ gem. § 3 Nr. 1 BDSG handelt. Dies sind „Einzelangaben über persönliche oder sachliche Verhältnisse einer bestimmten oder bestimmbaren natürlichen Person“, also die Daten eines Menschen.*

*Gerade nicht vom deutschen Datenschutzrecht erfasst sind damit Daten über juristische Personen (wie GmbH, AG, etc.) sowie anonyme Daten. Etwas anderes gilt jedoch für pseudonymisierte Daten nach § 3 Nr. 6a BDSG, bei denen zwar kein unmittelbarer Personenbezug besteht, dieser Personenbezug aber hergestellt werden kann (z.B. wenn eine Person eine bestimmte Ziffer trägt und sie über die Ziffer identifiziert werden kann). Je nachdem, ob Dateien in der Cloud Personenbezug aufweisen oder nicht, sind diese folglich vom Schutz des Datenschutzgesetzes erfasst oder nicht.*

*Bei der Frage, welches Datenschutzrecht Anwendung findet, ist ein genauere Blick auf Anbieter und Nutzer des Cloud-Dienstes notwendig. Befindet sich der Cloud-Anbieter innerhalb der EU und hat ein Cloud-Kunde seinen Wohnsitz in Deutschland, kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass deutsches Datenschutzrecht Anwendung findet.*

*Nach der Europäischen Datenschutzrichtlinie (RL 95/46/EG) stellt eine grenzüberschreitende Datenverarbeitung innerhalb der EU nämlich kein rechtliches Hindernis mehr dar (vgl. Art. 1 Abs. 2 EU-DSRL)- Deutsches Datenschutzrecht ist also immer anwendbar, wenn personenbezogene Daten einer Person mit Wohnsitz in Deutschland von einem Cloud-Anbieter mit Niederlassung in der EU verarbeitet werden.“<sup>1</sup>*

Hieraus lässt sich ableiten, dass Daten, die auf einem intelligenten Güterwagen aufgezeichnet werden, nicht dem deutschen Datenschutzrecht unterliegen, weil keine personenbezogenen Daten aufgezeichnet werden.

Die Folgerung ist, dass die Beteiligten an einer Telematiklösung für die Ausprägung des Schutzes der Daten vor Diebstahl, Löschung, Verfälschung und Veröffentlichung selber verantwortlich sind. Dies heißt, dass die Beteiligten Lösungen bereitstellen müssen, die den von den Daten betroffenen Parteien ein entsprechendes Maß an Sicherheit an Vertraulichkeit der Daten bieten.

---

<sup>1</sup> Vgl. <http://www.e-recht24.de/artikel/blog-foren-web20/7115-rechtssicher-in-der-cloud-ihre-daten-bei-dropbox-icloud-google-drive-a-co.html>, abgerufen am 25.04.2014.

## 5.2 Wem gehören die Daten?

Als Grundsatz gilt: Die Daten gehören demjenigen, der die Daten erhebt und damit dem Eigentümer der Telematiklösung (Onboard-Kommunikationseinheit plus Sensorik). Dies kann der Besitzer des Wagens sein, es kann aber auch ein vom Wagenbesitzer Beauftragter sein.

Bei der Aufzeichnung der Daten gibt es die folgenden Unterschiede:

- Es werden Daten über die Ladung aufgezeichnet. Für die Ladung ist der Transporteur verantwortlich. Es können aber auch Anbieter, Verloader und Kunde einbezogen sein.
- Es werden Daten über den Zustand des Wagens aufgezeichnet. Hier ist der Wagenbesitzer verantwortlich. Diese Daten können aber auch für den Transporteur, für das EVU, für den Infrastrukturmanager und für die Instandhaltung relevant sein).
- Es werden Positionsdaten aufgezeichnet. Diese Daten können für alle Beteiligten relevant sein.

Eines ist dabei offensichtlich: Für alle Beteiligten muss transparent sein, welche Daten wie aufgezeichnet werden und wer in welcher Form Zugriff auf die erfassten Daten bekommt. Hierbei sind Zugriff sowie Verwertungs- und Nutzungsrechte im Rahmen der privatrechtlichen vertraglichen Vereinbarungen zwischen den Beteiligten (Wageneigentümer, Wagennutzen, Beförderer, Eigentümer der Sensorik- und Telematikeinheiten) zu klären.

## 5.3 Datenschnittstelle

### 5.3.1 Anforderungen an die Datenschnittstelle und an die Daten

#### Funktionale Anforderungen an Datenschnittstelle und Daten

FR-DA001	Jede Telematikeinheit mit Datenschnittstelle ist eindeutig identifizierbar.
FR-DA002	Die Zuordnung Telematikeinheit mit Datenschnittstelle zu einem intelligenten Güterwagen ist eindeutig gelöst.
FR-DA003	Upgrade von Betriebssystem, Firmware, Applikationssoftware oder Konfigurationsparameter kann von der Leitstellenlösung aus erfolgen.
FR-DA004	Es gibt einen Administratorzugriff von der Leitstelle auf die Telematikeinheit
FR-DA005	Es muss eine bidirektionale Kommunikation möglich sein zwischen Telematikeinheit und Leitstellenlösung
FR-DA006	Die Datenkommunikation basiert auf dem IP Protokoll als Netzwerkschicht Level 3 im ISO-OSI Schichtenmodell.
FR-DA007	Die Kommunikation beginnt immer auf Seiten der Telematiklösung, die einen Kommunikationspfad zur Leitstellenlösung herstellt. (So werden keine festen IP-Adressen benötigt).
FR-DA008	Beide Kommunikationspartner besitzen geeignete Authentifizierungslösungen.
FR-DA009	Die Übertragung von Daten ist verschlüsselt. Dabei ist eine ausreichend starke Lösung für Verschlüsselung zu verwenden.

#### Nichtfunktionale Anforderungen an Datenschnittstelle und Daten

NFR-DA001	Für die Formatierung der zu übertragenden Daten sind soweit möglich, offene Standards zu verwenden.
NFR-DA002	Die Sendefrequenz ist einstellbar von „einmalig bei Auftreten bestimmter Ereignisse“ bis zu „periodisch wiederkehrend“ (siehe NFR-TE001)
NFR-DA003	Das Kommunikationsparadigma ist „Push von Nachrichten=Daten“. Sobald Daten zur Übertragung anfallen, wird versucht, diese per Push zu einer Leitstelle oder zu einer Telematikeinheit zu übertragen. Falls die Daten nicht übertragen werden konnten, wird in periodischen Abständen versucht, diese Daten zu übertragen, bis eine erfolgreiche Übertragung gemeldet wird. Die Anwendung ist aber so anzulegen, dass es eine Fall-Back Lösung gibt, falls die Übertragung einer Nachricht nicht möglich ist.
NFR-DA003	Für die Datenkommunikation sind lose verbundene Systeme zu verwenden (Message Format, das gesendet wird, und das im Protokoll die Bestätigung erfolgreicher Übertragung beinhaltet. Kein stark gekoppeltes System z.B. mit expliziten Remote Procedure Calls, um Daten abzufragen).

### 5.3.2 Ideen zur Realisierung der Datenschnittstelle

Eine naheliegende Idee ist, ein XML-basiertes Datenformat zu verwenden. XML hat sich in den letzten Jahren in vielen industriellen Anwendungen als praktikable Lösung erwiesen, wenn es einerseits um Lesbarkeit der Daten durch Menschen, andererseits aber auch um automatisierte Bearbeitung von XML (Erzeugen, Lesen, Verändern) mit Standard-SW-Tools geht. XML hat dabei den Vorteil, dass nicht nur Namen und Bezeichnungen, sondern auch Wertebereiche festlegbar sind. Ebenso sind viele Bearbeitungsschritte aus anderen Fachbereichen (HR-XML, MathML, GML, AIXM) auf den Bahnbereich adaptierbar, was Entwicklungszeiten verkürzt, Kosten senkt und durch Standardisierung Fehlerquellen verringert.

Im Eisenbahnbereich gibt es nach ersten Recherchen zwei Aktivitäten, die auf XML aufbauen und für die TIS-Problemstellung relevant sind:

- UIC Leaflet 559 „Specification Diagnostic Data Transmission from railway vehicles“ als UIC Merkblatt, in dem die Daten in XML festgeschrieben werden<sup>2</sup>
- railML® (Railway Markup Language), eine Initiative für den standardisierten Austausch von Eisenbahndaten.<sup>3</sup>

Aktuell und intensiv arbeiten im Rahmen der railML.org-Initiative Bahnbetreiber, Eisenbahnverkehrsunternehmen, Softwarehersteller, Beratungsunternehmen, Universitäten und Forschungseinrichtungen an einem Schnittstellenstandard im Bahnsektor, um die Anzahl der Schnittstellenentwicklungen zwischen Applikationen möglichst gering zu halten. Seit 2012 ist die UIC als Internationaler Eisenbahnverband zur Koordinierung und als übergreifende Plattform der railML.org-basierten Arbeiten aktiv und erstellt mit railML.org das UIC RailTopoModel, was ab 2015 als International Railway Standard für die UIC-Mitglieder und Bahnindustrie zur Verfügung steht bzw. verbindlich wird.

RailML definiert über sogenannte XML-Teilschemen, wie die Daten strukturiert ausgetauscht werden können. Zurzeit existieren folgende drei Schemen:

- infrastructure (Infrastruktur),
- rollingstock (Rollmaterial) und
- timetable (Fahrplan).

Die railML-Schemen stations (Bahnhofsausstattung) und interlocking (Sicherungstechnik) befinden sich gegenwärtig in der Entwicklung. Die Nutzung von railML unterliegt einer adaptierten CreativeCommons-Lizenz, darf also nach Registrierung kostenlos benutzt werden. Eigene Ergänzungen können ggf. auch selbst erweitert werden, kommerzielle Anwendungen müssen zertifiziert werden.

railML.org ist seit 2002 aktiv, seit 2009 sind die railML-2-Schemen im Produktiveinsatz, ab 2015 ist in Zusammenarbeit mit der UIC eine Weiterentwicklung in Richtung railML Version 3 geplant.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> Vgl. [https://uic.org/etf/codex/codex-detail.php?langue\\_fiche=E&codeFiche=559](https://uic.org/etf/codex/codex-detail.php?langue_fiche=E&codeFiche=559)

<sup>3</sup> Vgl. <http://www.railml.org/>

<sup>4</sup> Für weitere Informationen siehe <http://www.railML.org>

## 6. IT-Sicherheit, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, funktionale Sicherheit und zeitkritische Verwendung von Daten in einem Telematik- und Sensoriksystem

Grundsätzlich gibt es für alle Anwendungen für Sensorik- und Telematiksysteme im intelligenten Güterwagen Anforderungen an die Funktionalität und an die nichtfunktionalen Eigenschaften. Diese Anforderungen sind je nach gewählter Anwendung und gewähltem Nutzungsprofil dieser Anwendung zu definieren.

In Abhängigkeit der spezifischen Anforderungen einer Anwendung verändert sich der erforderliche Aufwand, um die Anforderung(en) zu erfüllen, sodass im Sinne einer realisierbaren Migrationsphase verschiedene Ausbaustufen erforderlich werden können (vgl. Kapitel 8).

Für die funktionale Systemarchitektur wurden drei unterschiedliche Kommunikationskanäle für die Datenübertragung definiert (vgl. Kapitel 4.6):

1. Drahtlose Datenübertragung über Mobilfunk (2G, 3G, 4G) zu einer Leitstelle
2. Drahtlose Datenübertragung über ein lokales Funknetz (Zigbee, ...) in einem Netzwerk im Zugverband
  - a. mit einem Master-Knotenpunkt in der Lokomotive
  - b. mit dem Sensor Hub als lokalem Master-Knotenpunkt je intelligentem Güterwagen
3. Anbindung über Kabel oder über Drahtlose Kommunikation zu einem Train Control and Monitoring System (TCMS)

Die Anforderungen bzgl. Datenerfassung, Datenübertragung und Datenauswertung lassen sich nach folgenden Kriterien unterteilen:

- IT-Sicherheit („Security“)
- Zuverlässigkeit („Reliability“)
- Verfügbarkeit („Availability“)
- Funktionale Sicherheit („Safety“)
- Zeitkritische Verwendung (Echtzeitfähigkeit, „Real-Time“)

### 6.1 IT-Sicherheit („Security“)

Informationssicherheit (englisch: security) bezieht sich auf den Schutz der technischen Verarbeitung von Informationen und ist eine Eigenschaft eines funktionssicheren Systems. Sie soll verhindern, dass nicht-autorisierte Datenmanipulationen möglich sind oder die Preisgabe von Informationen stattfindet (Quelle: Wikipedia).

Definierte Schutzziele der IT-Sicherheit sind:

- Vertraulichkeit (englisch: confidentiality): Daten dürfen lediglich von autorisierten Benutzern gelesen bzw. modifiziert werden, dies gilt sowohl beim Zugriff auf gespeicherte Daten wie auch während der Datenübertragung.
- Integrität (englisch: integrity): Daten dürfen nicht unbemerkt verändert werden. Alle Änderungen müssen nachvollziehbar sein.

- Verfügbarkeit (englisch: availability): Verhinderung von Systemausfällen; der Zugriff auf Daten muss innerhalb eines vereinbarten Zeitrahmens gewährleistet sein (vgl. auch Kapitel 0).
- Authentizität (englisch: authenticity) bezeichnet die Eigenschaften der Echtheit, Überprüfbarkeit und Vertrauenswürdigkeit eines Objekts.
- Verbindlichkeit/Nichtabstreitbarkeit (englisch: non repudiation): Sie erfordert, dass „kein unzulässiges Abstreiten durchgeführter Handlungen“ möglich ist. Sie ist unter anderem wichtig beim elektronischen Abschluss von Verträgen. Erreichbar ist sie beispielsweise durch elektronische Signaturen.
- Zurechenbarkeit (englisch: accountability): „Eine durchgeführte Handlung kann einem Kommunikationspartner eindeutig zugeordnet werden.“
- Anonymität (Anonymität spielt in den hier genannten Anwendungsszenarien eher keine Rolle).

Es gibt gewisse Bedrohungsszenarien, die die IT-Sicherheit gefährden. Diese Bedrohungsszenarien müssen mit geeigneten IT Maßnahmen je nach Anforderung an die Schutzziele behandelt werden.

Die Bedrohungsszenarien sind:

- Abhören von Daten
- Einfügen, Löschen und Verändern von Daten
- Verzögern und Wiedereinspielen von Daten
- Maskerade (Vortäuschung einer Identität)
- Autorisierungsverletzung
- Abstreitung von Ereignissen
- Sabotage

## 6.2 Zuverlässigkeit („Reliability“)

„Die Zuverlässigkeit eines technischen Produkts oder Systems ist eine Eigenschaft (Verhaltensmerkmal), die angibt, wie verlässlich eine dem Produkt oder System zugewiesene Funktion in einem Zeitintervall erfüllt wird. Sie unterliegt einem stochastischen Prozess und kann qualitativ oder auch quantitativ (durch die Überlebenswahrscheinlichkeit) beschrieben werden; sie ist nicht unmittelbar messbar“<sup>5</sup>.

Bei geringer Zuverlässigkeit besteht eine höhere Wahrscheinlichkeit, dass eine Funktion nicht erfüllt wird. Dies muss entsprechend in der Anwendung berücksichtigt werden. Wenn eine Funktion, ein Produkt oder ein System eine hohe Zuverlässigkeit bieten muss, stellt dies auch entsprechend höhere funktionale und nichtfunktionale Anforderungen an Funktionen und Eigenschaften eines Telematik- und Sensoriksystems.

---

<sup>5</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Zuvel%C3%A4ssigkeit\\_%28Technik%29](http://de.wikipedia.org/wiki/Zuvel%C3%A4ssigkeit_%28Technik%29)

### 6.3 Verfügbarkeit („Availability“)

„Die Verfügbarkeit eines technischen Systems ist die Wahrscheinlichkeit oder das Maß, dass das System bestimmte Anforderungen zu bzw. innerhalb eines vereinbarten Zeitrahmens erfüllt“<sup>6</sup>.

Höhere Verfügbarkeitsanforderungen spiegeln sich auch hier in entsprechend höheren funktionalen und nichtfunktionalen Anforderungen an Funktionen und Eigenschaften eines Telematik- und Sensoriksystems nieder.

### 6.4 Funktionale Sicherheit („Safety“)

„Funktionale Sicherheit bezeichnet den Teil der Sicherheit eines Systems, der von der korrekten Funktion der sicherheitsbezogenen (Sub-)Systeme und externer Einrichtungen zur Risikominderung abhängt. Nicht zur funktionalen Sicherheit gehören u. a. elektrische Sicherheit, Brandschutz, Strahlenschutz. Da Sicherheit auch erreicht werden kann, indem notfalls die bestimmungsgemäße Funktion eingestellt und ein sicherer Zustand eingenommen wird, spricht man auch von der Sicherheitsintegrität des Systems.

Mit der Komplexität elektronischer, insbesondere programmierbarer Systeme steigt auch die Vielfalt der Fehlermöglichkeiten. Entsprechend fordert die Normenreihe IEC 61508 "Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbar elektronischer Systeme" die Anwendung diverser Methoden zur Beherrschung von Fehlern:

- Vermeidung systematischer Fehler in der Entwicklung, z. B. Spezifikations- und Implementierungsfehler
- Überwachung im laufenden Betrieb zur Erkennung von zufälligen Fehlern
- Sichere Beherrschung von erkannten Fehlern und Übergang in einen vorher als sicher definierten Zustand.“<sup>7</sup>

In diesem Zusammenhang bedeuten:

- Sicherheit ist Freiheit von unvermeidbaren Risiken.
- Risiko ist die Kombination aus der Wahrscheinlichkeit mit der ein Schaden auftritt und dem Ausmaß dieses Schadens.
- Schaden ist Verletzung oder der Tod von Menschen oder eine katastrophale Auswirkung auf die Umwelt.

**Ziel des Managements der funktionalen Sicherheit ist es, das Risiko auf ein vertretbares Maß zu reduzieren.**

Höhere Anforderungen an die funktionale Sicherheit einer Funktion, eines Produktes oder eines Systems zeigen sich auch her in entsprechend höheren funktionalen und nichtfunktionalen Anforderungen an Funktionen und Eigenschaften eines Telematik- und Sensoriksystems.

---

<sup>6</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Verf%C3%BCgbarkeit>

<sup>7</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Funktionale\\_Sicherheit](http://de.wikipedia.org/wiki/Funktionale_Sicherheit)

## 6.5 Quality of Service (QoS)

Telematiksysteme zur Überwachung von Schienengüterwagen dienen dazu, aus messbaren Parametern auf den Zustand des Güterwagens Rückschlüsse zu ziehen. Diese Daten werden nachfolgenden Systemen bzw. Diensten zur Verfügung gestellt, woraus unmittelbar auch Anforderungen an die Güte der Kommunikation innerhalb der Telematiksystemkette folgen. Diese Dienstgüte wird dahingehend als Quality of Service (QoS) bezeichnet<sup>8</sup>. QoS charakterisiert hierfür die messbare Qualität der Datenübertragung zur Sicherstellung eines bestimmten Dienstes. Aus technischer Sicht bestimmen neben der Art des Übertragungsverfahrens insbesondere die zum Protokoll gehörende Struktur und Parametrierung das zum Dienst gehörende Übertragungsverhalten. Um den (Echtzeit-) Anforderungen an die Übertragung zeitkritischer Daten gerecht zu werden, müssen sämtliche die Übertragung beeinflussenden Faktoren bzw. Parameter wie

- Verzögerungszeit bei der Datenübertragung (Latenz)
- Abweichung der Verzögerungszeit vom Mittelwert (Jitter)
- Bit- oder Symbolfehlerrate bei der Übertragung (Physical Layer)
- Paketverluste (Datenübertragung in Paketen)
- Notwendige Bandbreite der Übertragung (Bandbreitenreservierung und Datenpriorisierung)

in definierten Grenzen gehalten werden. Allerdings ist derzeit die Umsetzung und praktische Realisierung von QoS lediglich durch proprietäre Lösungen geprägt, womit es derzeit kein standardisiertes bzw. herstellerübergreifendes QoS gibt. Einige erste aber anwendungsorientierte isolierte Ansätze dazu werden durch die internationale Fernmeldeunion (ITU), das Internet Engineering Task Force (IETF), das ATM-Forum sowie Open Systems Interconnection (OSI) geprägt<sup>9</sup>.

Erfordert der Dienst bzw. die (Echtzeit-) Anwendung einer Telematiklösung z. B. eine maximale Latenzzeit zum Empfang der Datenpakete oder eine garantierte minimale Paketfehlerrate zur Sicherstellung der Übertragungsqualität, so stellen diese QoS-Parameter erhöhte Anforderungen an die HW- und SW-Lösung der gesamten Telematikette. Je anspruchsvoller bzw. höherwertiger die Anforderungen an das QoS sind, desto aufwendiger und komplexer sowie kostenintensiver wird sich auch die zugehörige Systemlösung gestalten.

## 6.6 Varianten der Datenübertragung

Die Betrachtung der Anforderungen erfolgt in Bezug auf die jeweiligen Kommunikationspfade.

### 6.6.1 Drahtlose Datenübertragung über Mobilfunk (2G, 3G, 4G) zu einer Leitstelle

Die drahtlose Datenübertragung über Mobilfunk (2G, 3G, 4G) zu einer Leitstelle ist in der funktionalen Systemarchitektur eine standardmäßig vorgesehene Schnittstelle (vgl. Kapitel 4.6).

In einem ersten Schritt werden zunächst nur nicht sicherheitsrelevante Anwendungen betrachtet, die keine erhöhten Anforderungen an Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und nur moderate

---

<sup>8</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Quality\\_of\\_service](http://de.wikipedia.org/wiki/Quality_of_service)

<sup>9</sup> <http://www.itwissen.info>

Anforderungen an IT-Sicherheit (z.B. verschlüsselte Datenübertragung, Authentifizierung, ...) stellen. Falls die Anwendung nicht verfügbar ist, oder keine zuverlässigen Daten liefert, gibt es eine Rückfallebene, sei es IT-technisch oder durch betriebliche Abläufe, die die geforderten Funktionen des Systems weiter garantieren.

In einem zweiten Schritt werden erhöhte Anforderungen an Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, IT-Sicherheit und funktionale Sicherheit behandelt.

### **6.6.2 Drahtlose Datenübertragung über ein lokales Funknetz (Zigbee, ...) in einem Netzwerk im Zugverband mit einem Master-Knotenpunkt in der Lokomotive**

Die drahtlose Datenübertragung über ein lokales Funknetz (Zigbee,...) in einem Netzwerk im Zugverband mit einem Master-Knotenpunkt in der Lokomotive ist in der funktionalen Systemarchitektur eine optional vorhandene Komponente (vgl. Kapitel 4.6).

Daher werden erhöhte Anforderungen an Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, IT-Sicherheit und funktionale Sicherheit erst in einem nächsten Schritt behandelt.

### **6.6.3 Drahtlose Datenübertragung über ein lokales Funknetz (Zigbee, ...) in einem Netzwerk im Zugverband mit dem Sensor Hub als lokalem Master-Knotenpunkt je intelligentem Güterwagen**

Die drahtlose Datenübertragung über ein lokales Funknetz (Zigbee, ...) in einem Netzwerk im Zugverband mit dem Sensor Hub als lokalem Master-Knotenpunkt je intelligentem Güterwagen ist in der funktionalen Systemarchitektur eine optional vorhandene Komponente (vgl. Kapitel 4.6).

Daher werden erhöhte Anforderungen an Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, IT-Sicherheit und funktionale Sicherheit erst in einem nächsten Schritt behandelt.

### **6.6.4 Anbindung über Kabel oder über Drahtlose Kommunikation zu einem Train Control and Monitoring System (TCMS)**

Die Anbindung über Kabel oder über drahtlose Kommunikation zu einem Train Control and Monitoring System (TCMS) ist in der funktionalen Systemarchitektur eine optional vorhandene Komponente (vgl. Kapitel 4.6).

Daher werden erhöhte Anforderungen an Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, IT-Sicherheit und funktionale Sicherheit erst in einem nächsten Schritt.

## 7. Explosionsschutz

Der Explosionsschutz ist ein sehr komplexes Thema und bedarf im Einzelfall des Abgleiches mit den örtlichen Gegebenheiten, sodass im Nachgang nur auf grundlegende Themenschwerpunkte eingegangen werden kann.

### 7.1 Grundlagen

In vielen Wirtschafts- und Industriebereichen wird mit brennbaren Stoffen in Form von Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben umgegangen. Als wichtigste Bereiche sind hier Chemie, Petrochemie, Öl- und Gasförderung, Bergbau, Lebensmittelindustrie, Mühlen und der Abwasserbereich zu nennen. Diese brennbaren Stoffe können im Gemisch mit Sauerstoff eine explosionsfähige Atmosphäre bilden. Beim Entzünden kommt es zu Explosionen, die schwerwiegende Personen- und Sachschäden zur Folge haben können.

Für das Entstehen einer Explosion sind drei Voraussetzungen notwendig: Ein brennbares Gas oder Staub, Sauerstoff und eine Zündquelle. Primärer Explosionsschutz kann z. B. durch Inertisieren der Gasatmosphäre erreicht werden, d. h. durch das Verdrängen von Luftsauerstoff durch Inertgas wie zum Beispiel Argon, Stickstoff oder Kohlendioxid. Sekundärer Explosionsschutz setzt demgegenüber bei der Vermeidung von Zündquellen an. Für die Hersteller von Geräten und Schutzsystemen bedeutet dies, dass sie ihre Geräte und Anlagen so entwickeln und konstruieren müssen, dass sie im Fehlerfall keine Zündquellen bilden. Beim konstruktiven Explosionsschutz werden Auswirkungen einer Explosion durch technische Maßnahmen auf ein unbedenkliches Maß beschränkt.

Zur Vermeidung von Explosionsgefahren ist der Explosionsschutz in den meisten Industriestaaten gesetzlich geregelt. In der Europäischen Union ist der Explosionsschutz in den sogenannten ATEX-Richtlinien 94/9/EG (ATEX 95) und 1999/92/EG (ATEX 137) vereinheitlicht.

Mit der Einführung der ATEX-Richtlinie 94/9/EG muss die Einhaltung sämtlicher relevanter Normen für das Errichten und das Betreiben explosionsgeschützter Betriebsmittel in der Konformitätserklärung des Herstellers für das jeweilige Betriebsmittel dokumentiert werden. Der Gültigkeitsbereich dieser Richtlinie erstreckt sich auf gas- und staubexplosionsgefährdete Bereiche im Bergbau und über Tage. Erstmals wird hier auch der nichtelektrische Explosionsschutz behandelt. Mindestvorschriften für den Arbeitsschutz in explosionsgefährdeten Bereichen sind in der zweiten ATEX-Richtlinie 1999/92/EG festgelegt.

### 7.2 Bahntransporte

Für den Bahntransport von brennbaren Stoffen bedeutet dies nicht nur, dass Kesselwagen hinsichtlich einer Gefährdung zu beurteilen sind, sondern auch zum Beispiel Containertragwagen (Transport von Tankcontainern) oder Bahnwagen für den Schüttguttransport.

Für jeden zu transportierenden Stoff ist immer eine separate Gefährdungsbeurteilung durchzuführen, um die geeignete Auswahl einer entsprechenden Gerätekategorie für Telematik- und Sensorik-Einrichtungen an Bahnwagen vornehmen zu können. Insbesondere sind die Verhältnisse bei den Beladungs- und Entladungs-Vorgängen detailliert zu berücksichtigen.

So werden um Beispiel bei der BASF SE in Ludwigshafen - aus Sicherheitsgründen - Bahnwagen, die zukünftig mit Telematik-Einrichtungen auszustatten sind, generell mit Geräten bestückt, die nach ATEX Zone 1 - 2G (Temperaturklasse T4 / (Oberflächentemperatur < 135 °C) für gasexplosionsgefährdete Bereiche und Zone 21 – 2 D (maximale Oberflächentemperatur 125

°C) für staubexplosionsgefährdete Bereiche zugelassen sind. Weiterhin erfolgt die Montage im größtmöglichen Abstand zu Beladungs- und Entladungsvorrichtungen. Damit ist eine Einsetzbarkeit bei nahezu allen transportierbaren Stoffen sichergestellt.

## 8. Stufenkonzept bei der Realisierung der Telematiklösung

In den vorigen Kapiteln wurden unterschiedliche Anforderungen an die Telematikeinheit definiert.

Dabei gibt es zwei Dimensionen von Anforderungen:

- Es gibt unterschiedliche Anforderungen an die HW- und SW-Ausstattung der Telematikeinheit. Es gibt ein Basispaket des Sensor Hubs (vgl. Kapitel 4.6, Abbildung 1) und es gibt optional vorhandene Komponenten mit Zusatzfunktionalität. Darüber hinaus bestehen Anforderungen an Explosionsschutz, die gesondert zu betrachten sind.
- Es gibt unterschiedliche Anforderungen durch die Telematik-Anwendungen. In der einfachsten Variante gibt es keine besonderen Anforderungen an IT-Sicherheit, Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit, Echtzeitfähigkeit und Sicherheit der Anwendung („Safety“). In den nächsten Stufen erhöhen sich die Anforderungen entsprechend.

	Sensor Hub Basispaket	plus optionale Komponenten (WiFi, Sensorik, ...)	Telematiklösung für Explosionsschutz Anwendungen
Basis-Anwendungen (aufzeichnen, vor-verarbeiten, übertragen)	A	B	D
Anwendungen mit erhöhten Anforderungen (Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Echtzeitfähigkeit)			
Anwendungen mit sicherheitsrelevanten Anforderungen	C		

**Abbildung 2: Stufenkonzept Realisierung**

Die Anwendungen werden zeitlich in den folgenden vier Stufen betrachtet und realisiert.

- **Stufe A:** Anwendungen, die mit dem Sensor Hub Basispaket realisiert werden können
- **Stufe B:** Anwendungen, die auf zusätzlicher Sensorik basieren und damit auch erhöhte Anforderungen an Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Echtzeitverfügbarkeit stellen.
- **Stufe C:** Anwendungen, die sicherheitsrelevante Anforderungen stellen.
- **Stufe D:** Anwendungen für Explosionsschutz-Umgebungen

## 9. Umsetzung der Ergebnisse

### 9.1 Migrationskonzept

#### 9.1.1 „Kritische Masse“

Eine Reihe von innovativen technischen Lösungen im SGV – und dies insbesondere im Bereich der Güterwagentechnik – hat die Eigenschaft, dass der Kosten- und Nutzenanfall nicht synchron verlaufen. So ist häufig ein linearer Kosten-Hochlauf zu beobachten, da für jede beschaffte Einheit Investitionen oder Aufwand erzeugt werden. Gleichzeitig sind der positive betriebliche und damit auch der wirtschaftliche Nutzen erst dann generierbar, wenn eine gewisse Anzahl von Einheiten erreicht ist. Klassische Beispiele hierfür sind die Einführung der automatischen Mittelpufferkupplung oder Telematik-Lösungen bei Güterwagen. Erst die Ausrüstung einer kritischen Masse der Flotte bringt Nutzen, die Kosten treten hingegen linear mit der implementierten Anzahl auf.

Das Ziel muss hier sein, entweder einer Reihe von "Inselcluster oder Spezialverkehre" zu finden, die im kleineren Rahmen bereits einen geschäftlichen Nutzen erzeugen, oder aber Anwendungen auszuwählen, bei denen der Nutzenhochlauf ebenfalls linear ist. Abhängig von der Technologie kann es fallweise auch notwendig sein, eine bestimmte Menge an Wagen mit einem System auszustatten (z. B. funkbasierte Kommunikation), um das Gesamtkonzept realisieren zu können.

#### 9.1.2 Hoher Abstimmungsbedarf im Sektor

Die oben genannten Beispiele der Innovationen in der Güterwagentechnik eignen sich ebenfalls für die Beschreibung einer weiteren Rahmenbedingung im SGV – des Zusammenspiels der verschiedenen Marktakteure. So ist im SGV im Wesentlichen zwischen Infrastrukturbetreiber, Transporteuren, Fahrzeughaltern und Kunden zu unterscheiden. Die Transporteure sind als Eisenbahnverkehrsunternehmen für die operative Abwicklung von Transportaufträgen in Form von Rangier- und Zugfahrten verantwortlich. Dabei setzen sie eigene aber auch Güterwagen anderer Fahrzeughalter und andere Verkehrsunternehmen ein. So wickelt das EVU DB Schenker Rail beispielsweise nur etwas mehr als die Hälfte der Verkehrsleistung mit eigenen Güterwagen ab. Damit also die o.g. „kritische Masse“ erreicht wird, ist die Aktivität eines einzelnen Unternehmens nicht ausreichend. Es ist vielmehr eine konzertierte Aktion innerhalb des gesamten Sektors notwendig, was jedoch bei einer Vielzahl unterschiedlicher Voraussetzungen und kommerzieller Interessen schwierig umzusetzen ist.

Hinzu kommt die Tatsache, dass die Kosten und der Nutzen nicht nur – wie oben bereits skizziert – nicht synchron, sondern auch bei vollkommen unterschiedlichen Akteuren auftreten. Ein plakatives Beispiel dafür sind innovative Güterwagen-Fahrwerke mit radial einstellbaren Radsätzen. Der jeweilige Wagenhalter muss in die Technik investieren, gleichzeitig werden zwei grundsätzliche Nutzenaspekte erwartet

- Energieeinsparung aufgrund des geringeren Rollwiderstands tritt beim EVU auf
- Verschleißminderung wegen der geringeren seitlichen Kräfte in Kurvenradien in erster Linie beim Infrastrukturbetreiber

Dies führt dazu, dass entweder ein Transfermechanismus zwischen den Akteuren gefunden werden muss, oder aber die Innovationen finden wegen der fehlenden Wirtschaftlichkeit für den originären Investor nicht statt. Als mögliche Transferwege werden die bilateralen Leistungsbeziehungen zwischen den Akteuren eingesetzt. Zwischen dem Infrastrukturbetreiber und dem Verkehrsunternehmen ist dies der Trassenpreis, zwischen Verkehrsunternehmen und

Wagenhalter ist dies die Wagenmiete. In diesem Zusammenhang muss bzgl. Sensorik/Telematik ebenfalls beachtet werden, Kosten vs. Nutzenerzeugung auf die jeweiligen Akteure genau zu allokierten und ggf. Disbalancen auszugleichen.

### **9.1.3 Kompatibilität im verteilten System zwischen Strecke und Fahrzeug erforderlich**

Das Beispiel der europaweiten Migration der Zugsicherungssysteme ETCS zeigt einen Prozess, in dem schrittweise sowohl strecken- wie auch fahrzeugseitig die alten nationalen Systeme abgelöst und das neue System ETCS in Betrieb genommen wird. Dabei ist gleichzeitig sicherzustellen, dass zu jedem Zeitpunkt in diesem Jahrzehnte dauernden Prozess Strecken und Fahrzeuge im Betrieb kompatibel bleiben. Unter Beachtung dass ETCS in der Regel auf anderen Technologien aufbaut als die alten nationalen Systeme, wird die Migration zu einem komplexen Vorgang mit Parallelbetrieb von mehreren Systemen auf Strecken und Fahrzeugen über einen gewissen Zeitraum. Bzgl. Telematiklösungen an Güterwagen ist analog dazu ebenfalls auf die EMV-Aspekte und die mögliche Interaktion der Wagen-Sensoren mit der streckenseitigen Technik zu achten und in die Migrationsüberlegungen zu integrieren.

### **9.1.4 Nutzen-Kosten-Verteilung in der Migrationsphase**

Die oben aufgezeigten Zusammenhänge des Hochlaufs von Investitionen vs. Nutzenrealisierung führen häufig dazu, dass zwar der Zielzustand der Einführung einer Innovation wirtschaftlich sinnvoll ist, der Weg dorthin aber keine positiven wirtschaftlichen Effekte aufweist. In vorab zu erstellenden Wirtschaftlichkeitsrechnungen kann dies dazu führen, dass eine Innovation gar nicht erst implementiert wird. Mit der intelligenten Wahl der Hochlaufgeschwindigkeit, der richtigen Anwendung, der richtigen Wagen und einer Abstimmung im Sektor muss auch im Fall der Sensorik am Güterwagen ein positives Nutzen-Kosten-Verhältnis sichergestellt werden. So kann beispielsweise im Bereich Instandhaltung die richtige Auswahl der Wagen entscheidend sein. Zustandsbasierte Instandhaltung für ausgewählte Hauptkomponenten sollte dabei zuerst für die Wagen angewendet werden, bei denen die letzte Revision länger in der Vergangenheit liegt und damit auch die Wahrscheinlichkeit von Ausfällen höher ist. Analog dazu kann auch für weitere Anwendungen eine Priorisierung vorgenommen werden.

### **9.1.5 Innovationen nach „Push-Prinzip“**

Spätestens durch die Bahnreform 1994 ist im SGV ein Prozess des Fokussierens auf die Kern-Wertschöpfung eingeleitet worden. Die Entwicklung der Strecken- und Fahrzeugtechnik wurde der Zulieferindustrie überlassen – allenfalls eine notwendige „Bestellerkompetenz“ sollte beim Betreiber verbleiben. Diese Rollenverteilung führt im Innovationsprozess dazu, dass die Forschung und Entwicklung primär in der Industrie stattfindet und in der Regel auch in den Markt „gepusht“ werden muss. Um die Innovationsfähigkeit des Sektors voranzutreiben, muss dieser Prozess in seiner Richtung gedreht werden.

## 9.2 Anwendungsfälle in der Basiseinheit

Gemäß der funktionalen Beschreibung (vgl. Kapitel 4.6) besteht das Basismodul aus den nachfolgenden Komponenten:

- Energieversorgung
- Energiemanagement
- Datenübertragungsmodul
- Datenverarbeitungsmodul
- Datenspeichermodul
- Positionsbestimmungsmodul
- Bewegungserfassung / Beschleunigungserfassung

Aus diesen Modulkomponenten ergibt sich die Möglichkeit, eine Vielzahl Anwendungsfälle in den Bereichen Tracking&Tracing, Flottendisposition, Laufleistungserfassung und Fahrzeugzustand abzudecken.

In den nachfolgenden Kapiteln werden exemplarische Nutzenberechnungen für die verschiedenen Anwendungsfälle aufgeführt. Es sei an dieser Stelle ausdrücklich darauf verwiesen, dass diese Nutzenberechnungen auf Annahmen beruhen, die in der Arbeitsgruppe Telematik und Sensorik des TIS abgestimmt worden sind. Im konkreten Anwendungsfall durch einen spezifischen Nutzer können sich je nach Anwendungsfall, Flottengröße und weiterer Kriterien andere Ergebnisse aus der Nutzenberechnung ergeben. Daher sollen die nachfolgenden Darstellungen als Orientierungshilfe bei der individuellen Nutzenberechnung dienen.

### 9.2.1 Tracking&Tracing

Auf Basis der Informationen zur Position des Fahrzeuges und der daraus resultierenden Möglichkeit frühzeitig auf Verzögerungen zu reagieren lassen sich Entschädigungsforderungen vermeiden. In einer konservativen Annahme, dass lediglich die Kapitalkosten für das verspätete Ladegut geltend gemacht werden, ergeben sich exemplarisch bei einem Warenwert von 120.000 EUR und einer Verzinsung des eingesetzten Kapitals von 10% ein Schaden von 32 EUR pro Fall mit einem Tag Transportverzögerung. Unter der Annahme von jährlich einem Fall pro Wagen, der entsprechend vermieden werden kann, ergibt sich ein monatlicher Nutzen von 2,7 EUR pro Wagen und Monat:

<b>Flottengröße</b>	100 Fahrzeuge		
<b>Verzögerung</b>	1 Tag		
<b>Warenwert</b>	120.000 EUR	<b>Verzinsung</b>	10%
<b>Einsparpotential je Fall</b>	32 EUR	<b>Häufigkeit</b>	1 Fall p. Wagen & Jahr
<b>Einsparpotential Flotte</b>	270 EUR p. Monat		
<b>Einsparpotential je Fzg</b>	2,7 EUR/Monat		

**Tabelle 4 Exemplarische Nutzenkalkulation Tracking & Tracing bei 120.000 EUR Warenwert**

Bei Variation des Warenwerts auf lediglich 20.000 EUR reduziert sich bei ansonsten gleichbleibenden Parametern der obigen Kalkulation ein monatlicher Nutzen von nur noch 0,45 EUR pro Monat und Fahrzeug:

<b>Flottengröße</b>	100 Fahrzeuge		
<b>Verzögerung</b>	1 Tag		
<b>Warenwert</b>	20.000 EUR	<b>Verzinsung</b>	10%
<b>Einsparpotential je Fall</b>	5,33 EUR	<b>Häufigkeit</b>	1 Fall p. Wagen & Jahr
<b>Einsparpotential Flotte</b>	45 EUR p. Monat		
<b>Einsparpotential je Fzg</b>	0,45 EUR/Monat		

**Tabelle 5: Exemplarische Nutzenkalkulation Tracking&Tracing bei 20.000 EUR Warenwert**

### 9.2.2 Flottendisposition – Umlaufbeschleunigung

Aus der zuverlässigen Bereitstellung von Positionsinformationen ergeben sich bei längeren Standzeiten weitreichende Einflussmöglichkeiten hinsichtlich der Beschleunigung von Güterwagenumläufen (beladener Transport zum Kunden und leere Rückfahrt). Exemplarisch lässt sich für eine Flotte von 100 Fahrzeugen bei einer Reduktion der Umlaufzeit von 30 auf 28

Tage (Reduktion um 2 Tage Umlaufzeit) eine Verringerung der Flotte um 7 Fahrzeuge bei gleicher Transportleistung realisieren. Unter der Annahme eines Mietpreises von 25 EUR p. Monat ergibt sich damit ein monatlicher Nutzen von 7.350 EUR für die Gesamtflotte von 100 Fahrzeugen oder 10,5 EUR p. Monat je Sensorik/Telematik-Gerät:

<b>Flottengröße</b>	100 Fahrzeuge	<b>Umlaufzeit</b>	30 Tage
<b>Umlaufzeitverkürzung</b>	2 Tage		
<b>Flottengröße</b>	93 Fahrzeuge	<b>Umlaufzeit</b>	28 Tage
<b>Mietkosten je Fzg</b>	35 EUR/Tag		
<b>Einsparpotential Flotte</b>	7.350 EUR p. Monat		
<b>Einsparpotential je Fzg</b>	10,5 EUR/Monat		

**Tabelle 6: Exemplarische Nutzenkalkulation Flottendisposition - Umlaufbeschleunigung**

### 9.2.3 Flottendisposition – Wiederbeladung ermöglichen

Vor dem Hintergrund der dezidierten Nachverfolgung einzelner Fahrzeuge außerhalb des eigenen Produktionsnetzwerkes lassen sich durch eine erweiterte Optimierung des Fahrzeugeinsatzes zusätzliche Nutzen generieren. Unter der Annahme, dass im Rahmen der Transportplanung stets vollständige Umläufe berücksichtigt werden, lässt sich aus der effizienten Verknüpfung mehrerer Aufträge der Aufwand für die Zuführung von Fahrzeugen zu einem Transportauftrag reduzieren. Hierbei reduzieren sich die Kosten für den Transport unbeladener Wagen zum Versender. Beispielphaft bedeutet dass, dass bei einer Verkürzung der Zuführungsentfernung von 400 km Beförderungsaufwendungen in Höhe von 16.000 EUR pro Wagen und Monat (bei einem Fall pro Monat) entfallen könnten.

<b>Flottengröße</b>	100 Fahrzeuge		
<b>Verkürzung Zuführung</b>	400 km	<b>Transportaufwand</b>	0,01 EUR pro tkm
<b>Aufwandsreduktion je Wagen (bei 40t Nutzlast)</b>	160 EUR		
<b>Anzahl Wagen p. Monat</b>	10		
<b>Einsparpotential je Fzg</b>	16 EUR		

**Tabelle 7: Exemplarische Nutzenkalkulation Flottendisposition - Wiederbeladung**

### 9.2.4 Laufleistung Güterwagen eigenständig erfassen

Vor dem Hintergrund der heute schwierigen Situation hinsichtlich der Verfügbarkeit von Laufleistungsinformationen zu Güterwagen, die außerhalb des eigenen Verfügungsbereiches bewegt werden, lässt sich aus der Erfassung dieser Leistungsdaten Nutzen erzielen. Unter der Annahme, dass die Übermittlung von Laufleistungsinformationen mit einer Aufwandsentschädigung von 25 EUR je Abfrage vergütet wird und eine Wagenflotte von drei Dienstleistern befördert wurde, entfällt diese Vergütung und generiert einen Nutzen von ca. 0,1 EUR pro Wagen und Monat.

<b>Flottengröße</b>	100 Fahrzeuge		
<b>Kosten je Abfrage</b>	50 EUR	<b>Anzahl Abfragen</b>	3
<b>Gesamtaufwand p.a.</b>	150 EUR		
<b>Einsparpotential je Fzg p.a.</b>	1,5 EUR		
<b>Einsparpotential je Fzg p. Monat</b>	0,1 EUR		

**Tabelle 8: Exemplarische Nutzenkalkulation Laufleistung eigenständig erfassen**

### 9.2.5 Laufleistung Güterwagen genauer erfassen

Aus der genaueren Erfassung der Laufleistung der einzelnen Güterwagen lässt sich der Instandhaltungsbedarf genauer ableiten und damit die in der heutigen Ermittlung enthaltenen Sicherheitsaufschläge reduzieren, die zu einer zu frühen Zuführung zur Instandhaltung (km-Grenzen werden nicht ausgefahren) führen. Somit lässt sich der Verschleißvorrat besser nutzen und eingesetzte Ressourcen effizienter einsetzen.

Aus einer angenommenen Flottengröße von 100 Fahrzeugen ergibt sich bei durchschnittlich 3,7 Radsätzen ein Radsatzpool von 370 Radsätzen, der zu betrachten ist. Unter der Annahme, dass lediglich 10% der Radsätze auf Basis der Laufleistungsfrist getauscht werden, werden in der exemplarischen Kalkulation 37 Radsätze betrachtet. Die restlichen Radsätze werden auf Grund anderer Themenstellungen vorfristig behandelt.

Unter der Annahme, dass die Laufleistung der Radsätze heute um 10% zu hoch angenommen wird, ließe sich ein veränderter Radsatzbedarf aus der verbesserten Laufleistungserfassung generieren. Im angenommenen Fall bedeutet dies, dass statt bisher jährlich 3,1 nun nur noch 2,8 Radsätze aufgearbeitet werden müssen. Somit ließe sich aus der Reduktion um durchschnittlich 0,3 Radsätze pro Jahr bei einem Radsatzaufarbeitungspreis von 2.000 EUR ein Einsparpotential in Höhe von 0,5 EUR realisieren.

<b>Flottengröße</b>	100 Fahrzeuge	<b>Durchschnittliche Anzahl Radsätze je Wagen</b>	3,7 RS
<b>Anzahl Radsätze</b>	370 Radsätze	<b>Laufleistungsfrist für Aufarbeitung</b>	660.000 km
<b>Anteil Radsätze erreicht Laufleistungsfrist</b>	10%	<b>Anzahl Radsätze erreicht Laufleistungsfrist</b>	37 Radsätze
<b>Vermutete jährliche Laufleistung</b>	50.000 km	<b>Radsätze p.a.</b>	2,8 Radsätze
<b>Erhöhung Laufleistung</b>	10%		
<b>Tatsächlich mögliche jährliche Laufleistung</b>	55.000 km	<b>Radsätze p.a.</b>	3,1 Radsätze
<b>Aufwand Radsatzaufarbeitung</b>	2.000 EUR	<b>Zu früh aufgearbeitete Radsätze</b>	0,3
<b>Einsparpotential p. Flotte p.a.</b>	600 EUR		
<b>Einsparpotential p. Fzg p. Monat</b>	0,5 EUR		

**Tabelle 9: Exemplarische Nutzenkalkulation Laufleistung genauer erfassen bei 10% betroffener Radsätze und 10% Abweichung zur heute ermittelten Laufleistung**

Unter Annahme eines Anteils von 40% der Radsätze, die auf Grund der Laufleistungsfrist bearbeitet werden, und einer nur 2%igen Abweichung bei der Bestimmung der Laufleistung, ergibt sich daraus statt bisher jährlich 11,1 nun nur noch 9,7 Radsätze. Somit ließe sich aus der Reduktion um durchschnittlich 1,4 Radsätze pro Jahr bei einem Radsatzaufarbeitungspreis von 2.000 EUR ein Einsparpotential in Höhe von 2,3 EUR realisieren.

<b>Flottengröße</b>	100 Fahrzeuge	<b>Durchschnittliche Anzahl Radsätze je Wagen</b>	3,7 RS
<b>Anzahl Radsätze</b>	370 Radsätze	<b>Laufleistungsfrist für Aufarbeitung</b>	660.000 km
<b>Anteil Radsätze erreicht Laufleistungsfrist</b>	40%	<b>Anzahl Radsätze erreicht Laufleistungsfrist</b>	128 Radsätze
<b>Vermutete jährliche Laufleistung</b>	50.000 km	<b>Radsätze p.a.</b>	9,7 Radsätze
<b>Erhöhung Laufleistung</b>	2%		
<b>Tatsächlich mögliche jährliche Laufleistung</b>	52.000 km	<b>Radsätze p.a.</b>	11,1 Radsätze
<b>Aufwand Radsatzaufarbeitung</b>	2.000 EUR	<b>Zu früh aufgearbeitete Radsätze</b>	1,4
<b>Einsparpotential p. Flotte p.a.</b>	2.800 EUR		
<b>Einsparpotential p. Fzg p. Monat</b>	2,3 EUR		

**Tabelle 10: Exemplarische Nutzenkalkulation Laufleistung genauer erfassen bei 40% betroffener Radsätze und 2% Abweichung zur heute ermittelten Laufleistung**

### 9.2.6 Dynamische Überlasten detektieren

Aus der Überwachung der Fahrzeuge hinsichtlich auftretender Beschleunigungen, die über den zulässigen Grenzwerten liegen, lassen sich dynamische Überlastungen (etwa aus Überladung) detektieren und dokumentieren. Aus diesen dann fortlaufend erfassten Daten lässt sich insbesondere in besonders gefährdeten Branchen (etwa Schrott- oder Holztransporte) eine entsprechende verursachergerechte Zuschreibung von Aufwendungen zur Beseitigung auftretender Schäden vornehmen. Für eine Flotte von 100 Fahrzeugen, von denen 5% p.a. durch entsprechende dynamische Überlasten geschädigt sind, lassen sich unter Berücksichtigung eines durchschnittlichen Instandhaltungsaufwandes von 5.000 EUR (Summe aus Zuführung zur Instandhaltung, Ausfallzeit, Materialaufwand und Personalaufwand Instandhaltung) Nutzen in Höhe von 20 EUR je Fahrzeug und Monat realisieren.

<b>Flottengröße</b>	100 Fzg		
<b>Anteil Beschädigungen</b>	5%	<b>Anzahl geschädigter Fahrzeuge</b>	5
<b>Aufwand je Schaden</b>	5.000 EUR	<b>Anteil realisierter Entschädigung</b>	100%
<b>Einsparpotential Flotte p.a.</b>	25.000EUR		
<b>Einsparpotential je Fzg p. Monat</b>	20 EUR		

**Tabelle 11: Exemplarische Nutzenkalkulation Detektion dynamische Überlasten**

### 9.2.7 Rangierstöße detektieren und Kosten verursachungsgerecht zuweisen

Aus der Überwachung der Fahrzeuge hinsichtlich unzulässiger Überschreitungen der maximalen Beschleunigungen am Fahrzeug und einer Dokumentation der möglichen Schadensereignisse lassen sich etwaige Entschädigungen, das Risiko des Transportverlustes und die erneuten Transportkosten vermeiden. Bei einer angenommenen Wertminderung durch einen Rangierstoß in Größe von 10% ergibt sich bei einem Warenwert 120.000 EUR ein absolutes Risiko von 12.000 EUR, das bei entsprechendem Umgang vermieden werden könnte. Unter der Annahme, dass jährlich ein Fall pro Wagen auftritt ergibt sich damit ein monatliches Einsparungspotential in Höhe von 12 EUR pro Wagen:

<b>Flottengröße</b>	100 Fahrzeuge		
<b>Wert Ladegut</b>	120.000 EUR		
<b>Wertminderung</b>	10%	<b>Wertminderung absolut</b>	12.000 EUR
<b>Häufigkeit p. Wagen</b>	1 Fall p.a.		
<b>Jährliches Einsparpotential je Fzg</b>	12 EUR	<b>Jährliches Einsparpotential je Flotte</b>	12.000 EUR
<b>Monatliches Einsparpotential je Fzg</b>	1 EUR		

**Tabelle 12: Exemplarische Nutzenkalkulation Detektion Rangierstöße bei einem Warenwert von 120.000 EUR**

Bei einer angenommenen Wertminderung durch einen Rangierstoß in Größe von 10% ergibt sich bei einem Warenwert 20.000 EUR ein absolutes Risiko von 2.000 EUR, das bei entsprechendem Umgang vermieden werden könnte. Unter der Annahme, dass jährlich ein Fall pro Wagen auftritt ergibt sich damit ein monatliches Einsparungspotential in Höhe von nur noch 0,17 EUR pro Wagen.

<b>Flottengröße</b>	100 Fahrzeuge		
<b>Wert Ladegut</b>	20.000 EUR		
<b>Wertminderung</b>	10%	<b>Wertminderung absolut</b>	2.000 EUR
<b>Häufigkeit p. Wagen</b>	1 Fall p.a.		
<b>Jährliches Einsparpotential je Fzg</b>	2 EUR	<b>Jährliches Einsparpotential je Flotte</b>	2.000 EUR
<b>Monatliches Einsparpotential je Fzg</b>	0,17 EUR		

**Tabelle 13: Exemplarische Nutzenkalkulation Detektion Rangierstöße bei einem Warenwert von 20.000 EUR**

### 9.3 Auswahl zusätzlicher Anwendungsfälle aus erweiterter Sensorik

Aus dem Einsatz zusätzlicher Sensoriklösungen lässt sich sowohl im Bereich des erweiterten Kundennutzens als auch für die Instandhaltung der Fahrzeuge zusätzlicher Nutzen generieren. Mit dem Ziel von prädiktiver, zustandsorientierter Instandhaltung werden ergänzenden Informationen zum Zustand bzw. zur Zustandsentwicklung von Fahrzeugkomponenten erforderlich. Aus diesen zusätzlichen Informationen lässt sich ein veränderter Umgang im Rahmen der vorbeugenden, einen Ausfall vermeidenden, Instandhaltung realisieren. Statt zeit- oder laufzeitindizierter Intervalle erfolgt die Instandsetzung als Reaktion auf Zustandsveränderung oder die Überschreitung von definierten Schwellwerten.

#### 9.3.1 Radsatzlagerüberwachung

Auf Basis der Annahme, dass alle wesentlichen Fehler das Güterwagenradsatzlager betreffend, über einen längeren Zeitraum entstehen und zudem über die Lagertemperatur frühzeitig detektiert werden können, bietet eine Überwachung der Radsatzlagertemperatur die Möglichkeit, regelmäßige, manuelle Überwachungsmaßnahmen zu reduzieren. Es kann über einen Anstieg der Lagertemperatur mit Zeitvorlauf indiziert werden, dass ein Fehler vorliegt und dieser in nächster Zeit möglicherweise zu einem spezifischen Fehlerbild führen wird. Über geeignete Schwellwerte kann eine adäquate Reaktion erfolgen, die einen drohenden Ausfall im Betrieb vermeidet und planmäßig in den Folgeprozessen (Instandhaltung und Kundeninformation) verarbeiten. Zwar ist es offensichtlich, dass diese Anwendung einen Mehrwert generieren kann, jedoch lassen sich nur bedingt Annahmen treffen, um den wirtschaftlichen Nutzen dieser Anwendung darzustellen.

#### 9.3.2 Überwachung Bremsventil

Unter der Annahme, dass Fehlfunktionen des Bremsventils durch eine Veränderung der Druckverläufe detektierbar sind, bietet die Überwachung der entsprechenden Parameter eine Möglichkeit das Instandhaltungsregime der Komponente Bremsventil zu verändern. Es ließe sich

von einer zeitindizierten, regelmäßigen Inspektionsfrist von 12 Jahren auf eine zustandsabhängige Wartung abändern. Auch bei dieser Anwendung kann ein Mehrwert entstehen, der jedoch zum jetzigen Zeitpunkt nicht einwandfrei dargestellt werden kann.

### 9.3.3 Vermeidung Flachstellen

Unter der Annahme, dass der größte Teil der relevanten Flachstellen (größer 6cm), die zu einem Tausch des Radsatzes führen, entweder durch feste Handbremsen (75%) oder durch gestörte Bremsventile (20%) entstehen, würde eine Überwachung der beiden Komponenten diese Ausfälle vermeiden.

Für beide Gründe ergibt unter der Annahme von einem Tag Verspätung bzw. Ausfall des Wagens, den Aufwendungen für einen überarbeiteten Radsatz und den Aufwendungen für die Zuführung des Wagens zur Instandhaltung im Falle einer Vermeidung all dieser Aufwendungen ein Gesamtnutzen von 2.567 EUR je Fall.

<b>Flottengröße</b>	100 Fahrzeuge		
<b>Wert Ladegut</b>	120.000 EUR		
<b>Häufigkeit p. Wagen p.a.</b>	0,2		
<b>Verspätung auf Grund Bremssohlentausch</b>	1 Tag	<b>Kundenforderung aus Verspätung</b>	32 EUR
<b>Ausfallzeit Güterwagen</b>	1 Tag	<b>Aufwand Güterwagenausfall</b>	35 EUR
		<b>Kosten Radsatz-(tausch)</b>	2.000 EUR
		<b>Zuführungsaufwand</b>	500 EUR
		<b>Einsparpotential je Fall</b>	2.567 EUR
<b>Jährliches Einspar- potential je Fzg</b>	513,4 EUR	<b>Einsparpotential je Flotte p.a.</b>	51.340 EUR
<b>Einsparpotential je Fzg p. Monat</b>	42,78 EUR		

**Tabelle 14: Exemplarische Nutzenkalkulation Vermeidung Flachstellen**

### 9.3.4 Planmäßiger Bremssohlentausch

Sofern sich der verbleibende Verschleißvorrat der Komponente Bremssohle detektieren lässt, kann durch eine Überwachung der Anteil reaktiver Instandsetzungsmaßnahmen durch planmäßige Tausche der Bremssohlen optimiert werden. Durch die frühzeitige Planung von erforderlichen Ersatzmaßnahmen der Komponente Bremssohle lassen sich Ausfälle des Fahrzeuges im Betrieb vermeiden. Unter der Annahme einer Flottengröße von 100 Fahrzeugen und einem Wert des Ladegutes von 120.000 EUR ließe sich bei einer resultierenden Verspätung von einem Tag bei einer Auftrittswahrscheinlichkeit von 2,5 Fällen pro Jahr (0,2) ein Einsparpotential von ca. 317 EUR pro Fall erzeugen. Dies ist im Wesentlichen getrieben durch den Wegfall von Kundenforderungen aus der Verspätung, der Vermeidung von Rangieraufwand und der Vermeidung von Ausfallkosten des Güterwagens.

<b>Flottengröße</b>	100 Fahrzeuge		
<b>Wert Ladegut</b>	120.000 EUR		
<b>Häufigkeit p. Wagen p.a.</b>	0,2		
<b>Verspätung auf Grund Bremssohlentausch</b>	1 Tag	<b>Kundenforderung aus Verspätung</b>	32 EUR
		<b>Aufwand für zusätzliches Rangieren</b>	250 EUR
<b>Ausfallzeit Güterwagen</b>	1 Tag	<b>Aufwand Güterwagenausfall</b>	35 EUR
		<b>Einsparpotential je Fall</b>	317 EUR
<b>Jährliches Einsparpotential je Fzg</b>	63,4 EUR	<b>Einsparpotential je Flotte p.a.</b>	6.3400 EUR
<b>Einsparpotential je Fzg p. Monat</b>	5,28 EUR		

Tabelle 15: Exemplarische Nutzenkalkulation Planmäßiger Bremssohlentausch

## 9.4 Darstellung des Gesamtnutzens von Telematikanwendungen

Aus den in Kapitel 0 und 9.3 dargestellten Nutzenberechnungen für die verschiedenen Anwendungsfälle von Telematiksystemen wird im vorliegenden Kapitel exemplarisch der gesamthafte Nutzen bei Einsatz einer low cost-Telematikanwendung sowie einer vollständigen Telematiklösung ermittelt. Dieser resultierende Nutzen wird mit den in Kapitel 4.7 aufgestellten wirtschaftlichen Anforderungen für die Beschaffung und laufende Instandhaltung von Telematiksystemen gegenübergestellt, um festzustellen, ob sich gesamthaft ein positiver Nutzeneffekt durch den Einsatz von Telematiksystemen ergibt.

Es ist dabei zu beachten, dass die in Kapitel 0 und 9.3 dargestellten Nutzenberechnungen auf mehreren Annahmen basieren, die sich im Einzelfall bei verschiedenen Anwendern unterschiedlich darstellen können. Daher sollte nutzer- und flottenspezifisch in jedem Fall eine gesonderte Nutzenberechnung durchgeführt werden.

Für die durchgeführten Nutzenberechnungen wurden überwiegend die Annahme getroffen, dass eine Flotte von 100 Güterwagen mit der Telematik-/Sensorikanwendung ausgerüstet wird und dass der durchschnittliche Warenwert je Wagen 120.000 € beträgt.

Da Telematiksysteme mit allen im vorliegenden Sachstandsbericht aufgezeigten Funktionalitäten noch nicht am Markt verfügbar sind, bestehen auch noch keine Erfahrungswerte, wie hoch die Beschaffungskosten, die laufenden Betriebskosten sowie die jährlichen Kosten für Wartung und Service ausfallen. Daher wurden in Kapitel 4.7 wirtschaftliche Anforderungen für die beiden Varianten „low cost“- und „vollständige“ Telematiklösung definiert (vgl. Tabelle 16):

**Tabelle 16: Zielkosten Telematiksysteme low-cost und vollständige Lösung**

Zielkosten	low-cost Lösung	vollständige Lösung
<b>Beschaffungskosten</b>	500,00 €	4.000,00 €
<b>laufende Betriebskosten (pro Monat)</b>	10,00 €	30,00 €
<b>Kosten für Wartung und Service (pro Jahr)</b>	100,00 €	200,00 €
<b>Nutzungsdauer des Telematiksystems (in Jahren)</b>	10,00 €	10,00 €

Unter einer low-cost-Lösung werden dabei Telematiksysteme verstanden, die die in Kapitel 4.3 definierten Basisfunktionalitäten bedienen. Dazu gehören:

- Tracking&Tracing
- Disposition Einzelfahrzeug / Flotte
- Laufleistungserfassung
- Überwachung Beladezustand
- Überwachung Beladung
- Detektion Entgleisung
- Detektion Rangierstöße

Unter einer vollständigen Telematiklösung werden Telematiksysteme verstanden, die sämtliche in diesem Sachstandsbericht dargestellten Anwendungsfälle beinhalten (vgl. Kapitel 4.3).

Auf der Grundlage von den in Tabelle 16 dargestellten Zielkosten für Beschaffung, laufende monatliche Betriebskosten sowie jährliche Kosten für Wartung und Service können auf eine Nutzungsdauer von 10 Jahren folgende jährlichen Kosten ermittelt werden (vgl. Tabelle 17).<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Dabei werden bei den Beschaffungskosten keine Kosten für Abschreibung und Zinsaufwendungen berücksichtigt, sondern lediglich die Beschaffungskosten auf einen Nutzungszeitraum von 10 Jahren verteilt.

**Tabelle 17: Annahme jährlicher Kosten von Telematikanwendungen (Zielkosten)**

	Low Cost Kosten		Vollständige Lösung Kosten	
	pro Monat	pro Jahr	pro Monat	pro Jahr
<b>Beschaffungskosten</b>	4,17 €	50,00 €	33,33 €	400,00 €
<b>Laufende Betriebskosten</b>	10,00 €	120,00 €	30,00 €	360,00 €
<b>Kosten für Wartung und Service</b>	8,33 €	100,00 €	16,67 €	200,00 €
<b>Summe</b>	22,50 €	270,00 €	80,00 €	960,00 €

In unten stehender Tabelle 18 werden die Einsparpotenziale aus den in Kapitel 0 und 9.3 durchgeführten Nutzenberechnungen für die low-cost Variante eines Telematiksystems zusammenfassend dargestellt.

Dabei sei an dieser Stelle nochmals ausdrücklich erwähnt, dass für die Berechnung der Nutzeneffekte Annahmen getroffen wurden, die nutzer- und flottenspezifisch unterschiedlich ausfallen können.

Tabelle 18 stellt das jährliche Einsparpotenzial für die markierten Anwendungsfälle in einer Telematik-low-cost-Variante dar. In Summe wird ein jährliches Einsparpotenzial von 608 € ermittelt. Dem gegenüber stehen jährliche Kosten für Beschaffung, den laufenden Betrieb sowie für Wartung und Service in Höhe von 270 € (vgl. Tabelle 17). In Summe ergibt sich in diesem Szenario ein positiver Nutzen durch die Telematikanwendungen in Höhe von 338 € p.a pro ausgerüstetem Wagen.

**Tabelle 18: Darstellung der Einsparpotenziale durch Telematiksystem, Variante „low-cost“**

	Einsparpotenzial	
	pro Monat	pro Jahr
<b>Flottensteuerung</b>		
Tracking & Tracing	2,70 €	32,40 €
Disposition Einzelfahrzeug -> Flotte (Umlaufbeschleunigung)	16,00 €	192,00 €
Disposition Einzelfahrzeug -> Flotte Wiederbeladung ermöglichen	10,50 €	126,00 €
Laufleistungserfassung 10% betroffene Radsätze, 10% Abweichung zur heutigen Laufleistung	0,50 €	6,00 €
<b>Ladungsinformation</b>		
Zustand der Ladung		
Beladungszustand		- €
Überladung	20,00 €	240,00 €
Verwiegen		
Sendungspünktlichkeit		
<b>Leistungsprozess (Betrieb)</b>		
Zugvollständigkeit		
Zugreihung		
Entgleisung		- €
Rangierstöße	1,00 €	12,00 €
autom. Bremsprobe		
<b>Unterstützungsprozess IH</b>		
Überwachung Baugruppen (Radsatzlager)		
Überwachung Baugruppen (Bremsventil)		
Überwachung Baugruppen (Flachstellen)		
Überwachung Baugruppen (Bremssohlentausch)		
Überwachung Baugruppen (Zustand)		
Nachverfolgung kritische Baugruppen		
<b>Unterstützungsprozess (sonstige)</b>		
Automatisierung Abrechnung		
Informationsübergang Transporteur/Kunde		
autom. Be-/Entladung		
	50,70 €	608,40 €

Auch für die vollständige Telematiklösung wird in Tabelle 19 dargestellt, welche jährlichen Einsparpotenziale durch die verschiedenen Telematikanwendungen generiert werden können. Insgesamt wird in diesem Szenario ein jährliches Einsparpotenzial in Höhe von 1.185 € ermittelt. Bei jährlichen Kosten für Beschaffung, laufenden Betrieb sowie Wartung und Service in Höhe von 960 € (vgl. Tabelle 17) ergibt sich ebenfalls ein positiver Nutzen durch die Telematikanwendungen in Höhe von 225 € p.a. pro ausgerüstetem Wagen.

**Tabelle 19: Darstellung der Einsparpotenziale durch Telematiksystem, vollständige Lösung**

	Einsparpotenzial	
	pro Monat	pro Jahr
<b>Flottensteuerung</b>		
Tracking & Tracing	2,70 €	32,40 €
Disposition Einzelfahrzeug -> Flotte (Umlaufbeschleunigung)	16,00 €	192,00 €
Disposition Einzelfahrzeug -> Flotte Wiederbeladung ermöglichen	10,50 €	126,00 €
Laufleistungserfassung 10% betroffene Radsätze, 10% Abweichung zur heutigen Laufleistung	0,50 €	6,00 €
<b>Ladungsinformation</b>		
Zustand der Ladung		- €
Beladungszustand		- €
Überladung	20,00 €	240,00 €
Verwiegen		- €
Sendungspünktlichkeit		- €
<b>Leistungsprozess (Betrieb)</b>		
Zugvollständigkeit		- €
Zugreihung		- €
Entgleisung		- €
Rangierstöße	1,00 €	12,00 €
autom. Bremsprobe		- €
<b>Unterstützungsprozess IH</b>		
Überwachung Baugruppen (Radsatzlager)		- €
Überwachung Baugruppen (Bremsventil)		- €
Überwachung Baugruppen (Flachstellen)	42,78 €	513,36 €
Überwachung Baugruppen (Bremssohlentausch)	5,28 €	63,36 €
Überwachung Baugruppen (Zustand)		- €
Nachverfolgung kritische Baugruppen		- €
<b>Unterstützungsprozess (sonstige)</b>		
Automatisierung Abrechnung		- €
Informationsübergang Transporteur/Kunde		- €
autom. Be-/Entladung		- €
	98,76 €	1.185,12 €

Insgesamt stellt sich somit auf Basis der getroffenen Annahmen und Zielkosten für Telematikanwendungen in den beiden Varianten „low cost“ und „vollständige Lösung“ ein positiver Nutzeneffekt dar.

Es muss aber an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die Nutzeneffekte je nach Telematikanwendung bei verschiedenen Stakeholdern des Schienengüterverkehrs wie z. B. Wagenhaltern, Eisenbahnverkehrsunternehmen, Eisenbahninfrastrukturunternehmen oder auch Endkunde anfallen. Dieser Zusammenhang wurde bereits in Kapitel 4.4 in Tabelle 2 dargestellt.

Je nach kundenspezifischer Auswahl der Telematikanwendungen sollte daher in jedem Fall auch geprüft werden, wie hoch der Nutzen bei den jeweiligen Stakeholdern ausfällt. Da die Zusatzkosten für die Beschaffung von Telematiksystemen jedoch bei den Wagenhaltern anfallen, müssten Transfermodelle (z. B. über Preismodelle) entwickelt werden, die den auftretenden Nutzen durch die Telematikanwendungen zumindest teilweise zu den Wagenhaltern transferieren.

## 10. Auswirkungen auf den innovativen Bahnwagen 2030

Der Einsatz von Telematik- und Sensoriksystemen am Güterwagen bietet die Möglichkeit in verschiedenen Bereichen der Logistikkette Innovationen zu implementieren und damit über dieses zentrale Produktionsmittel die Wettbewerbsfähigkeit des Gesamtsystems zu verbessern.

Hierbei lässt sich die Wirkung der verschiedenen funktionalen Elemente des Systems den einzelnen Wirkmechanismen der Initiative Innovativer Güterwagen zuordnen:

<b>Innovations- projekte:</b>  Basis- innovationen am Eisenbahn- güterwagen	<b>Systeme + Module</b>  jeweils inkl. Auswirkung auf Instandhaltung (Regelwerke & planmäßige/ unplanmäßige Instandhaltung)	Wirkungsziele des 5L-Ansatzes				
		Leicht	Lärm- arm	Lauf- stark	Logistik- orientiert	LCC- orientiert

<b>2 Zukünftige Sensorik / Telematik</b>	a) System: Telematik	x	x	x	x
	b) Modul: Basismodul		x	x	x
	c) Modul: Zustands- überwachung	x	x		x
	d) Modul: Instandhaltungs- strategie		x		x
	e) Modul: <i>Erweiterte Sensorik</i>		x	x	x

**Tabelle 20: Wirkung Module Telematik-/Sensoriklösung auf den innovativen Bahnwagen 2030**

## Anlage: Exemplarische Beschreibung Grundeinheit Telematik und Sensorik für Bahnwagen

### Technischer Aufbau der Mobileinheit / Grundeinheit

Die Telematik Grundeinheit besteht im Wesentlichen aus den Komponenten für die:

#### ▪ **Energieversorgung**

Die Energieversorgung soll bei durchschnittlich 3 Systemmeldungen pro Tag, eine garantierte Mindeststandzeit von 5 Jahren ermöglichen. Dies ist derzeit kostengünstig nur mit Batterien zu erreichen. Ein fälliger Tausch dieser muss durch den Nutzer möglich sein. Weiterhin ist eine Kapazitätserhöhung durch anschließbare externe Versorgungseinheiten sicherzustellen.

#### ▪ **Sensordatenerfassung**

Zum Anschluss marktüblicher kabelgebundener Sensoriken sollen zur Verfügung stehen:

- zwei analoge Eingänge (4-20mA)
- zwei digitale Eingänge (0/1), potentialfreie Kontakte
- zwei Eingänge zur Temperaturerfassung
- ein schaltbarer digitaler Ausgang (Relaiskontakt)

Mittels eingebauten Vibrationssensors kann Bewegung oder Stillstand erkannt werden. Mit einem 3D-Beschleunigungssensor soll - bei Überschreitung voreingestellter Grenzwerte - das zu starke auflaufen auf weitere Bahnwagen erfasst werden, Flachstellen sind zu erkennen - dies ist allerdings nur ohne Zuordnung auf Achse und Rad möglich - oder Entgleisung festzustellen. Für die beiden zuletzt genannten Anforderungen liegen bisher noch keine Erfahrungswerte vor.

#### ▪ **Ortung**

Für eine schnelle und robuste Ortungsfunktionalität ist ein empfindlicher (besser -140 dBm) Multisystem-GNSS-Empfänger (Parallelbetrieb mit GPS, GLONASS, Galileo und ggf. BeiDou) mit ausreichend hoher Kanalanzahl (minimal 50) vorzusehen. Zur Sicherstellung von Schnelligkeit und Empfindlichkeit sollte der Empfänger darüber hinaus über Assisted-GNSS Funktionalität (derzeit A-GPS, ab 2014 auch A-Galileo) und SBAS (insbesondere EGNOS) verfügen. Wichtig ist außerdem eine auf Gehäuse sowie mögliche Implementierungslagen am Kasten abgestimmte Antenne, da die Einbau- und Umgebungssituationen am Bahnwagen meist nur eingeschränkte Empfangsbedingungen ermöglicht.

#### ▪ **Kommunikation**

Zur Übertragung der Meldungen / Daten an die Kommunikationsserver sollen die vier weltweit verfügbaren GSM-Frequenzen genutzt werden können. Erforderlich hierzu ist ein Quad Band GSM Modem. Die Übertragung soll i.d.R. über GPRS erfolgen. Da GPRS nicht in allen Ländern flächendeckend zur Verfügung steht, ist SMS als Rückfallebene, beispielsweise für Alarmmeldungen vorzusehen.

#### ▪ **Gehäuse- und Geräteeigenschaften**

Das Gehäuse muss mindestens die Schutzklasse IP67 (staubdicht und Schutz gegen zeitweiliges Untertauchen) erfüllen und gegen chemische Einflüsse ausreichend beständig sein. Die Betriebstemperatur muss für alle Komponenten im Bereich zwischen mindestens -25°C bis +75°C liegen.

## **Funktionalitäten Mobileinheit**

Die Meldungen der Mobileinheit sollen in Abhängigkeit von der Zeit (feste Uhrzeit oder zeitzyklisch) oder bei Ereignissen erfolgen. Ereignisse sind beispielsweise Meldungen der Sensorik bei Bewegung, Stillstand, Stoß, Grenzwertüberschreitung, Bereichserkennung (Geofence), oder Kombinationen von Ereignissen. Alle Funktionen müssen per Funk einstellbar sein.

Grundsätzlich können die Funktionen auch eine Aussage zur Laufleistung der Fahrzeuge liefern. Entsprechende Versuche werden zurzeit bei BASF SE Ludwigshafen durchgeführt, abschließende Ergebnisse liegen noch nicht vor.

## **Funktionalitäten Portal**

Die Darstellung der Meldungen und Positionen muss in einem Internetportal erfolgen.

- Mandantenfähig, d. h. mehrere Benutzer mit unterschiedlichen Benutzerrechten, mit jeweils eigenen Bezeichnungen der Geräte.
- Darstellung mehrsprachig und Zeitangaben in Ortszeit (kein Umrechnen).
- Vollständige Meldungshistorie mit Ortsbeschreibung der letzten 3 Monate im Listenformat angezeigt
- Daten können jederzeit auf Excel-Listen exportiert und/oder mittels XML-Schnittstelle für Nachfolgesysteme zur Verfügung gestellt werden.
- Laufleistungen werden im Tageszähler erfasst und am darauffolgenden Tag in einen Gesamtsummenzähler übertragen
- Darstellung des Streckenverlaufs
- Individuelle Bezeichnung der Mobileinheit (Verheiratung Gerät und Bahnwagen)
- Zuordnung einer gewünschten Anzahl von Bahnwagen zu einem verantwortlichen Steuerer.
- Weltweite Kartendarstellung z. B. Google Maps<sup>®</sup> mit Satellitenbildern und Luftaufnahmen
- Die Konfiguration des Mobilgerätes erfolgt über das Portal.
- Ereignismeldungen können bei Bedarf per Mail oder SMS an hinterlegte Benutzer zeitnah als Alarmbenachrichtigung übermittelt werden.

## **Weitere Anforderungen**

Werden zum Beispiel im Kesselwagen brennbare Stoffe transportiert deren Gase, Dämpfe oder Nebel eine explosionsgefährdete Atmosphäre bilden können, sind der ATEX entsprechend, geeignete explosionsgeschützte Mobilgeräte und Sensoriken einzusetzen.

Für eine Umsetzung weiterer Ausrüstungsstufen am Bahnwagen, muss die Mobileinheit - zur Kommunikation mit entsprechenden Funksensoriken (Zigbee-Protokoll) – modular nachrüstbar sein.