

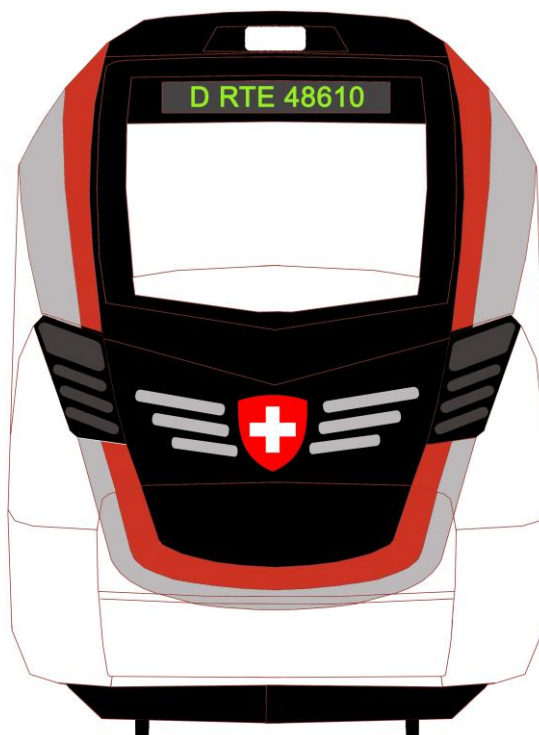
D RTE 48610

# **Steuerung energieeffiziente Parkstellung Rollmaterial**



<b>Herausgeber</b> VöV	<b>Ausgabedatum</b> 21.10.2020	<b>Zuordnung</b> –
<b>Erarbeitet durch</b> Arbeitsgruppe VöV	<b>Freigabe</b> PL RTE	<b>Ersatz für</b> –
<b>Verteiler</b> Bahnunternehmen des VöV Bundesamt für Verkehr BAV VöV Extranet / RTE-Webshop (rte.voev.ch)	<b>Inkrafttreten</b> Das Datum des Inkrafttretens dieser Regelung legt jedes Bahnunternehmen für sich selbst fest.	<b>Sprachfassungen</b> d, f <b>Anzahl Seiten</b> 41

# Steuerung energieeffiziente Parkstellung Rollmaterial



**Anwendungsbedingungen für das Regelwerk Technik der schweizerischen Eisenbahnen (RTE)**

Bei der Anwendung der Dokumente ist zu beachten, dass sie ausschliesslich für die Bedürfnisse der Schweizer Eisenbahnen und Unternehmen im Bereich öV verfasst und für diesen Gebrauch bestimmt sind. Eine korrekte Anwendung setzt somit eine entsprechende Ausbildung und Praxis voraus. Das Regelwerk RTE beschränkt sich auf zwei Arten von Dokumenten:

- Die R-Regelungen sind Ergänzungen bzw. Lösungsvorschläge zu hoheitlichen Erlassen und Normen mit Regelungs- bzw. Weisungscharakter.
- Die D-Regelungen umfassen Handbücher und Dokumentationen als Empfehlungen und Hilfsmittel zur Arbeitsunterstützung oder bilden in Ausnahmefällen den Stand der Technik und die gelebte Praxis im Hinblick auf eine Standardisierung ab.

**Arbeitsgruppe VöV****Leitung**

Johannes Estermann, Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Bern

**Mitglieder**

Matthias Tuchschnid, Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Zollikofen

Ueli Kramer, Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Bern

Yannick Fournier, bis Juni 2020: Transports de la région Morges Bière Cossonay (MBC), Morges

ab Juli 2020: Transports publics de la région lausannoise (TL), Renens

Andreas Gerber, Schweizerische Südostbahn (SOB), Samstagern

Christoph Isenschmid, BLS AG, Spiez

Stefan Menth, Emkamatik GmbH, Wettingen

Michael Sikorski, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), Köln

**Korrespondierende Mitglieder**

Roger Cotting, Thurbo, Kreuzlingen

Walter Josi, Bundesamt für Verkehr (BAV), Bern

**Projektunterstützung**

Stefan Menth, Emkamatik GmbH, Wettingen

René Mark, Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Zürich

Die Erstellung dieser RTE-Regelung wurde durch Mittel des Bundesamts für Verkehr BAV, Programm Umsetzung der Energiestrategie 2050 im öffentlichen Verkehr (ESöV 2050), Herrn Tristan Chevroulet finanziell unterstützt.

**Lektorat**

Martin Strobel, Verband öffentlicher Verkehr (VöV), Bern

**Herausgeber**

VöV Verband öffentlicher Verkehr

Technik Bahn

Dählhölzliweg 12, CH-3000 Bern 6

www.voev.ch, RTE@voev.ch

**RTE-Webshop**

rte.voev.ch

**ISBN 978-3-906225-71-5**

## Änderungsgeschichte

---

**Ausgabe-  
datum**

**Änderungen**

21.10.2020	1. Ausgabe
------------	------------



## Vorwort

---

Aus Effizienzgründen waren Eisenbahnunternehmen schon immer bemüht, Energieverbrauch und Geräuschemissionen abgestellter Fahrzeuge gering zu halten. Traditionell wurden abgestellte Fahrzeuge wann immer möglich komplett ausgeschaltet. Neben Komfortanlagen (Klimatisierung, Beleuchtung, Kundeninformationssystemen) waren so auch sämtliche Hilfsbetriebe (z.B. Lüfter, Kompressoren, Pumpen) inaktiv.

Vollständiges Ausschalten von Fahrzeugen ist jedoch nur praktikabel, wenn damit keine betrieblichen oder technischen Probleme verbunden sind. Zum Beispiel ist bei winterlichen Aussenlufttemperaturen eine längere Ausschaltung aus Gründen des Frostschutzes nicht möglich. Zudem muss die Batteriespannung auf einem definierten Mindestniveau gehalten werden, um das Fahrzeug jederzeit unabhängig vom aktuellen Luftvorrat durch Einschalten des Hilfskompressors und Heben des Stromabnehmers starten zu können.

Ändernde Anforderungen wie zum Beispiel variable Zuglängen (Anpassung an Nachfragespitzen), kurzfristige Umdisponierung von Fahrzeugen im Störfall, gestiegene Komfortanforderungen von Fahrgästen und Betriebspersonal sowie die Vermeidung von Feuchtigkeitsschäden (Wegfall von Senkfenstern und luftdichte Fahrzeughüllen) oder Alterung von Fahrzeugkomponenten haben dazu geführt, dass abgestellte Fahrzeuge praktisch ausschliesslich in der sogenannten Parkstellung eingeschaltet bleiben.

Mit der Einführung eines zusätzlichen Fahrzeug-Betriebszustands «Energieoptimierte Abstellung» (EoptA) wird der Energieverbrauch abgestellter Fahrzeuge weiter optimiert. Parkstellung ohne Fahrgäste, Schlumberbetrieb und EoptA ergänzen einander und werden je nach geplanter Abstellzeit, Umgebungstemperaturen und betrieblichen Anforderungen eingesetzt. Durch Fernübermittlung von Betriebseinsatzzeiten aus einem zentralen Dispositionssystem an die Fahrzeuge, der «Fahrplanbasierten Bereitstellzeit» (FBB) kann der bereits etablierte Schlumberbetrieb sehr effektiv unter Berücksichtigung der betrieblichen Anforderungen genutzt werden.

Das vorliegende Dokument baut auf Erfahrungen der SBB und BLS auf und berücksichtigt bahnübergreifende Informationen, um eine Implementierung für alle Fahrzeugbetreiber als Branchenlösung zu unterstützen.

Bern, 21. Oktober 2020

<b>1</b>	<b>Allgemeines .....</b>	<b>9</b>
1.1	Ziele der Regelung.....	9
1.2	Anwendung.....	10
1.2.1	Gültigkeitsbereich.....	10
1.2.2	Einschränkungen .....	10
<b>2</b>	<b>Grundlagen .....</b>	<b>11</b>
2.1	Hoheitliche Regelungen .....	11
2.2	Normen .....	12
2.3	RTE- und Regelungen der Bahnen .....	12
2.4	Richtlinien und Merkblätter.....	12
<b>3</b>	<b>Abkürzungen und Begriffe .....</b>	<b>13</b>
3.1	Abkürzungen.....	13
3.2	Begriffe .....	13
<b>4</b>	<b>Grundsätze .....</b>	<b>16</b>
4.1	Abstellbetrieb .....	16
4.2	Betriebszustände des Abstellbetriebs .....	16
4.2.1	Modi der Subsysteme nach Betriebszustand.....	18
4.3	Parkstellung ohne Fahrgäste (I) .....	19
4.4	Schlummerbetrieb (II).....	19
4.4.1	Modi der Subsysteme im Schlummerbetrieb .....	19
4.4.2	Aktivierung des Schlummerbetriebs .....	20
4.4.3	Verlassen des Schlummerbetriebs .....	20
4.5	Energieoptimierte Abstellung (EoptA) (III) .....	21
4.5.1	Modi der Subsysteme bei energieoptimierter Abstellung (EoptA) .....	21
4.5.2	Aktivierung der energieoptimierten Abstellung (EoptA).....	22
4.5.3	Verlassen der energieoptimierten Abstellung (EoptA) .....	23
4.6	Fahrzeug ausgeschaltet (IV) .....	23
4.7	Optische Signalbilder abgestellter Fahrzeuge .....	24
4.7.1	Signalbild Parkstellung und Schlummerbetrieb.....	24
4.7.2	Signalbild Parkstellung und Schlummerbetrieb, kuppelbereit .....	24
4.7.3	Signalbild energieoptimiert abgestelltes Fahrzeug .....	24
4.7.4	Signalbild ausgeschaltetes Fahrzeug .....	24
4.8	Beispiel Abstellbetrieb im Regionalverkehr .....	26
4.9	Beispiele Leistungsbedarf und Energieverbrauch .....	27



<b>5</b>	<b>Lösungskonzept.....</b>	<b>28</b>
5.1	Mögliche Systemarchitektur zur Steuerung des energieeffizienten Abstellbetriebs .....	28
5.1.1	Ablauf der Übermittlung der fahrplanbasierten Bereitstellzeit (FBB) .....	29
5.1.2	Ablauf eines Weckbefehls .....	30
5.2	Anforderungen an die Zentrale.....	30
5.2.1	Zugriff auf das Dispositionssystem .....	30
5.2.2	Sendezeitpunkt eines Weckbefehls oder der Bereitstellzeit.....	31
5.2.3	Fahrzeugregister .....	31
5.2.4	Überwachung von Weckbefehlen und Lebenszeichen .....	31
5.2.5	Zusammenfassen mehrerer Zugfahrten .....	32
5.3	Anforderungen an den Kommunikationskanal.....	32
5.3.1	Verfügbarkeit.....	32
5.3.2	Informationssicherheit .....	32
5.3.3	Übertragungsprotokoll der SBB-Lösung .....	33
5.4	Anforderungen an die Fahrzeuge.....	33
5.4.1	Kommunikationsplattform .....	33
5.4.2	Empfänger für Weckbefehle .....	33
5.4.3	Anmeldung bei der Zentrale .....	33
5.4.4	Steuerung der Subsysteme mittels Bereitstellzeitpunkt .....	34
5.4.5	Vorbereitung des Fahrzeugs für die energieoptimierte Abstellung.....	34
5.4.6	Selbstüberwachung des Fahrzeugs während energieoptimierter Abstellung .....	35
5.4.7	Überwachung des Kommunikationskanals .....	35
5.4.8	Minimaler Batterieladestand .....	36
5.4.9	Überhitzungs- und Frostschutz.....	36
5.4.10	Verhindern von Feuchtigkeitsschäden.....	37
5.4.11	Einschalten nach Empfang eines Weckbefehls .....	37
5.4.12	Störungen während EoptA .....	38
5.4.13	Gekuppelte Fahrzeuge.....	39
5.4.14	Landesgrenzen- oder Fahrzeugbetreiber-überschreitende Nutzung.....	39
5.5	RAMS-Anforderungen an einen energieeffizienten Abstellbetrieb .....	39
<b>6</b>	<b>Sicherheitshinweise für Arbeiten an Fahrzeugen.....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>Nachweisführung bei Änderungen an Fahrzeugen .....</b>	<b>41</b>



# 1 Allgemeines

---

## 1.1 Ziele der Regelung

---

Die Regelung D RTE 48610 «Steuerung energieeffiziente Parkstellung Rollmaterial» beschreibt Konzepte zur Optimierung des Energieverbrauchs und der Geräuschemissionen von ausserhalb kommerzieller Betriebseinsätze stehenden, also geparkten oder abgestellten Eisenbahnfahrzeugen. Die beschriebenen Betriebszustände unterscheiden sich hinsichtlich Energieverbrauch und benötigter Vorbereitungsdauer für den nächsten Betriebseinsatz. Ziele der Optimierungen sind, Energieverbrauch und Geräuschemissionen abgestellter Fahrzeuge über einen möglichst langen Zeitraum zu minimieren.

Im Gegensatz zum kommerziellen Betriebseinsatz können viele Subsysteme wie Beleuchtung, Klimatisierung oder Kundeninformationssysteme abgestellter Fahrzeuge entweder vollständig ausgeschaltet oder mit reduzierten Anforderungen betrieben werden. Während das Ausschalten von Subsystemen autonom durch das Fahrzeug vorgenommen werden kann, ist für die Wiedereinschaltung teilweise erhebliche Vorbereitungs-  
dauer einzurechnen, um insbesondere die Raumlufttemperatur in Fahrgasträumen und Führerständen wieder auf reguläre Betriebsbedingungen zu bringen. Die Information über den nächsten Einsatzzeitpunkt ist bisher jedoch nicht auf den Fahrzeugen verfügbar gewesen. Die Übermittlung einer FBB oder eines Weckbefehls sind zwei Konzepte, die eine zuverlässige, automatisierte Steuerung abgestellter Fahrzeuge ermöglichen.

Abgestellte Fahrzeuge können in einen energieeffizienten Betriebszustand überführt und rechtzeitig vor Beginn des Fahrplaneinsatzes oder für Arbeiten an den Fahrzeugen wieder aufgeweckt werden. Um das grosse Einsparpotential vollständig nutzen zu können, soll die Steuerung der energieeffizienten Betriebszustände automatisiert durch das Fahrzeug erfolgen. Dank der FBB oder Weckbefehlen ist es machbar, abgestellte Fahrzeuge möglichst lang in energieoptimalen Betriebszuständen zu halten. Die vorliegende RTE-Regelung beschreibt die benötigte Architektur eines Systems für einen energieeffizienten Abstellbetrieb.

## **1.2 Anwendung**

---

### **1.2.1 Gültigkeitsbereich**

Mit der Anwendung dieser RTE-Regelung können die Bahnen Lebenszykluskosten reduzieren. Diese umfassen Energiekosten, verringerte Abnutzung durch geringere Laufzeiten von Komponenten und verkürzte Vorbereitungsdauer des Lokpersonals für die Züge. Die Optimierungen sind immer unter Berücksichtigung des Gesamtsystems vorzunehmen. Eine Abwägung zwischen den verschiedenen Ansprüchen wie Energieeffizienz, Geräuschemission, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit ist notwendig. Diese RTE-Regelung soll von allen Bahnen angewendet werden, um eine kurze Vorbereitungsdauer von Fahrzeugen zu erreichen. Eine kurze Vorbereitungsdauer ist für das häufige Stärken oder Schwächen von Zugformationen im Tagesverlauf vor und nach den Hauptverkehrszeiten wesentlich.

### **1.2.2 Einschränkungen**

Bei Landesgrenzen- oder Fahrzeugbetreiber-überschreitender Nutzung eines Fahrzeugs ist der Einsatz der FBB und von Weckbefehlen im Einzelfall zu prüfen. Diese RTE-Regelung wurde primär für ab Fahrdracht betriebene elektrische Fahrzeuge entwickelt.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Hoheitliche Regelungen

EBV SR 742.141.1	Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen	Stand 01.11.2020
AB-EBV SR 742.141.11	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung	Stand 01.11.2020
FDV SR 742.173.001	Schweizerische Fahrdienstvorschriften R 300.1 – .15	Stand 01.07.2020
USG SR 814.01	Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz)	Stand 01.07.2020
LSV SR 814.41	Lärmschutz-Verordnung	Stand 07.05.2019
TSI-LOC&PAS VO (EU) 1302/2014	Verordnung über eine technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems «Fahrzeuge – Lokomotiven und Personenwagen» des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union	Ausgabe 18.11.2014
TSI NOI VO (EU) 1304/2014	Verordnung über die technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems «Fahrzeuge – Lärm» sowie zur Änderung der Entscheidung 2008/232/EG und Aufhebung des Beschlusses 2011/229/EU	Ausgabe 26.11.2014
RL (EU) 2016/797	Richtlinie über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union	Ausgabe 11.05.2016
VO (EU) 2018/545	Durchführungsverordnung über die praktischen Modalitäten für die Genehmigung für das Inverkehrbringen von Schienenfahrzeugen und die Genehmigung von Schienenfahrzeugtypen gemäß der Richtlinie (EU) 2016/797 des Europäischen Parlaments und des Rates	Ausgabe 04.04.2018

## 2.2 Normen

SN EN 50126-1	Bahnanwendungen - Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) - Teil 1: Generischer RAMS Prozess	Ausgabe 2017
SN EN 50126-2	Bahnanwendungen - Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) - Teil 2: Systembezogene Sicherheitsmethodik	Ausgabe 2017
SN EN 50159	Bahnanwendungen - Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme - Sicherheitsrelevante Kommunikation in Übertragungssystemen	Ausgabe 2010
SN EN 50591	Spezifikation und Überprüfung des Energieverbrauchs von Schienenfahrzeugen	Ausgabe 2019

## 2.3 RTE- und Regelungen der Bahnen

D RTE 49100	Nachweisführung bei Änderungen an Eisenbahnfahrzeugen	1. Ausgabe 19.01.2016
-------------	---	--------------------------

## 2.4 Richtlinien und Merkblätter

(RL BAV)	Richtlinie Zulassung Eisenbahnfahrzeuge V2.3b, Aktenzeichen: BAV-511.5-00010/00012/00003	Stand 01.12.2019
Untersuchungsbericht (BAFU)	Beurteilung und Begrenzung des Lärms von abgestellten Zügen Empa-Nr.: 460'395-2a	Ausgabe 29.01.2012

## 3 Abkürzungen und Begriffe

---

### 3.1 Abkürzungen

---

EoptA	Energieoptimierte Abstellung
FBB	Fahrplanbasierte Bereitstellzeit
HLK	Heizung, Lüftung, Klimatisierung
UIC	Internationaler Eisenbahnverband (Union Internationale des Chemins de fer)
FDV	Fahrdienstvorschrift
RAMS	RAM(S) «Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, Sicherheit» (engl. Reliability, Availability, Maintainability, (Safety)) gemäss Normenreihe SN EN 50126.
TSI	Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (Technical Specifications for Interoperability)

### 3.2 Begriffe

---

Für die Anwendung dieser Regelung gelten folgende Begriffe:

<b>Bereitstellzeitpunkt</b>	Der Bereitstellzeitpunkt ist der Beginn des Betriebseinsatzes und bezeichnet den Beginn (Datum und Uhrzeit) des nächsten kommerziellen Einsatzes eines individuellen Fahrzeugs. Ab diesem Zeitpunkt können Fahrgäste den Zug betreten. Auf diesen Zeitpunkt hin muss die Raumlufttemperatur minimale Anforderungen erfüllen, der Luftvorrat aufgefüllt und allfällige automatische Prüfungen abgeschlossen sein. Der Bereitstellzeitpunkt ist nicht zu verwechseln mit dem Vorbereitungszeitpunkt.
<b>Besetzen des Führerstands</b>	Betätigung des Inbetriebsetzungsschalters durch geschultes Personal in einem Führerstand eines abgestellten Fahrzeugs.
<b>Betriebsmodus</b>	Die Zustände von Subsystemen wie Energie- oder Druckluftversorgung werden als Betriebsmodi bezeichnet.
<b>Betriebszustand</b>	Ein Zug befindet sich jederzeit in einem eindeutig definierten Betriebszustand. Die vorliegende RTE-Regelung unterscheidet Betriebszustände nach Fahren oder Stillstand, mit oder ohne Fahrgäste.
<b>Dispositionssystem</b>	Im Dispositionssystem werden die Fahrzeuge entsprechend dem Fahrplan einer Zugfahrt zugeteilt.

<b>Empfänger für Weckbefehle</b>	Gerät zum Empfang von Weckbefehlen für energieoptimiert abgestellte Fahrzeuge. Der Empfänger für Weckbefehle soll möglichst energieeffizient sein und muss die Fahrzeugleittechnik und die Kommunikationsplattform einschalten können. Der Empfänger für Weckbefehle kann aus Energieeffizienzgründen physisch von der Kommunikationsplattform getrennt sein.
<b>Energieoptimierte Abstellung (EoptA)</b>	Betriebszustand eines abgestellten Zugs mit minimalem Energieverbrauch. Der Hauptschalter ist dabei offen und der Stromabnehmer gesenkt. Die Fahrzeugleittechnik schaltet selbständig alle Verbraucher aus, mit Ausnahme von Überwachungseinrichtungen und eines Empfängers für Weckbefehle. Nur die für eine minimale Überwachung notwendigen Systeme des Fahrzeugs bleiben eingeschaltet. Bei Ansprechen einer Überwachungsfunktion schaltet sich das Fahrzeug selbstständig ein, um die überwachten Systeme zu normalisieren. Das Fahrzeug wechselt selbständig zurück in die EoptA, wenn alle notwendigen Bedingungen erfüllt sind. Bei Empfang eines Weckbefehls schaltet sich das Fahrzeug selbstständig ein und wechselt in den Schlumberbetrieb.
<b>Fahrplanbasierte Bereitstellzeit (FBB)</b>	Die FBB ist ein Bereitstellzeitpunkt, der automatisch durch die Disposition des Fahrzeugbetreibers bestimmt und von einer Zentrale an das Fahrzeug übermittelt wird.
<b>Kommunikationsplattform</b>	Nicht sicherheitsrelevante Kommunikationseinrichtung auf dem Fahrzeug, welche eine Datenverbindung mit der Zentrale hält. Hierüber können beispielsweise Kundeninformationen in Echtzeit übertragen werden, oder Zustandsdaten vom Fahrzeug fernabgefragt werden. Die Kommunikationsplattform empfängt den Bereitstellzeitpunkt, sendet Lebenszeichen und kommuniziert über einen gesicherten Kanal mit der Fahrzeugleittechnik. Die Trennung zur sicherheitsrelevanten Zone der Fahrzeugleittechnik ist zu respektieren. Die Kommunikationsplattform ist physisch getrennt vom Empfänger für Weckbefehle.
<b>Lebenszeichen</b>	Meldungen, welche die Kommunikationsplattform oder der Empfänger für Weckbefehle in regelmässigen Abständen an die Zentrale schickt. Ein Ausbleiben von Lebenszeichen ermöglicht die Erkennung von Kommunikationsunterbrüchen.
<b>Kommerzielles Fahren</b>	Einsatz eines Zugs zur Fahrgastbeförderung (Fahrgastbetrieb).
<b>Nicht-kommerzielles Fahren</b>	Fahrten ohne Fahrgäste im Fahrzeug, wie zum Beispiel Überführungsfahrten, Rangieren oder Aufstellungsfahrten.



<b>Parkstellung</b>	Betriebszustand abgestellter Fahrzeuge mit unbesetztem Führerstand. In der Parkstellung laufen sämtliche Systeme und Subsysteme im normalen Betrieb. Dabei können sich auch Fahrgäste im Fahrzeug befinden. Die Energieversorgung ist eingeschaltet. Das heisst, der Stromabnehmer ist gehoben und der Hauptschalter geschlossen.
<b>Schlumberbetrieb</b>	Leistungsreduzierter Betriebszustand des Fahrzeugs zur Reduktion der Energieaufnahme als auch zur Reduktion der Schallemission. Der Energieverbrauch ist im Schlumberbetrieb höher als während der EoptA (aktive Kühlung des Haupttransformators, Druckluftherzeugung für Stromabnehmer, etc.). Im Schlumberbetrieb befinden sich keine Fahrgäste im Fahrzeug. Die Fahrzeuggestechnik berechnet aus dem Bereitstellzeitpunkt und den auf dem Fahrzeug verfügbaren Umfelddaten selbständig den Vorbereitungszeitpunkt.
<b>Vorbereitungszeitpunkt</b>	Zeitpunkt für den Beginn der Fahrzeugvorbereitung. Die Fahrzeuggestechnik bestimmt den Vorbereitungszeitpunkt selbstständig anhand des Bereitstellzeitpunkts, den aktuellen Raumluft- und Aussenlufttemperaturen und weiteren Fahrzeugzuständen. Der Vorbereitungszeitpunkt ist nicht zu verwechseln mit dem Bereitstellzeitpunkt.
<b>Vorbereitungsdauer</b>	Zeitdauer für die Fahrzeugvorbereitung (Vorheizen/Klimatisieren, Druckluftvorrat ergänzen, Bremsprobe durchführen, etc.). Die Vorbereitungsdauer muss mit Erreichen des Bereitstellzeitpunkts enden.
<b>Vorheizen/Vorkühlen</b>	Betriebsmodi des HLK-Systems, welche ein rasches Erreichen der geforderten Komfortwerte mit grosser Heiz- oder Kühlleistung im Fahrgastraum oder Führerstand ermöglichen. Das Vorheizen oder Vorkühlen wird zum Vorbereitungszeitpunkt gestartet, falls die Raumlufttemperatur von der Solltemperatur stark abweicht.
<b>Weckbefehl</b>	Per Fernübertragung von der Zentrale zum fahrzeugseitigen Empfänger für Weckbefehle gesendeter Befehl, um ein Fahrzeug aus EoptA zu wecken.
<b>Zentrale</b>	Zentrales System des Transportunternehmens, welches alle Funktionen für die FBB von Zügen oder auch die Versendung von Weckbefehlen zur Verfügung stellt. Die Zentrale verfügt über die nötigen Kommunikationskanäle zu den Fahrzeugen sowie eine Schnittstelle zum Dispositionssystem des Fahrzeugbetreibers. Die Zentrale überwacht Änderungen im Dispositionssystem und ermittelt daraus den Bereitstellzeitpunkt.
<b>Zugriffskontrolle</b>	Zugriffskontrolle (engl. access control) ist die Überwachung und Steuerung des Zugriffs auf bestimmte Ressourcen (Geräte und Personen).

## 4 Grundsätze

---

In diesem Kapitel werden folgende Themen behandelt:

- Definition von Betriebszuständen abgestellter Eisenbahnfahrzeuge ohne kommerzielle Nutzung.
- Umsetzung der Betriebszustände auf den Fahrzeugen.
- Übergänge zwischen den Betriebszuständen.

Die in dieser RTE-Regelung beschriebenen Massnahmen führen häufig auch zu einer Verminderung der Geräuschemission abgestellter Schienenfahrzeuge. Die Zielwerte für äquivalente Dauerschalldruckpegel sind gemäss geltender Regelwerke und Nachweismethoden einzuhalten, sollen in dieser RTE-Regelung jedoch nicht vertieft werden. Hilfestellung bieten die folgenden Gesetze und Regelungen:

- Umweltschutzgesetz (USG)
- Lärmschutzverordnung (LSV)
- TSI NOI VO (EU) 1304/2014 «Fahrzeuge – Lärm»
- Untersuchungsbericht des BAFU «Beurteilung und Begrenzung des Lärms von abgestellten Zügen»

### 4.1 Abstellbetrieb

---

Während einer Betriebspause in der Nacht oder zwischen den Hauptverkehrszeiten werden einzelne Triebzüge einer Mehrfachtraktion oder einzelne Wagen eines Zugs typischerweise auf Abstellgleisen abgestellt.

Gemäss SN EN 50591 befindet sich ein Zug im Abstellbetrieb, wenn der Zug mit eingeschalteter Stromversorgung unbeweglich im Betriebswerk steht, ohne dass sich Personal oder Fahrgäste im Zug befinden. Üblicherweise ist das HLK-System mit reduzierten Einstellungen für Temperatur und Belüftung in Betrieb.

Die vollständige Ausschaltung ist je nach Ausstattung des Fahrzeugs (bspw. ohne Cateringkühlung oder Druckluftversorgung von Bioreaktoren) bei genügend langer Vorbereitungsdauer möglich. Hingegen ist bei starkem Schneefall, Frostgefahr oder an Hitzetagen ein vollständiges Ausschalten von Fahrzeugen gegebenenfalls zu vermeiden.

### 4.2 Betriebszustände des Abstellbetriebs

---

Aus energetischer und technischer Sicht scheint es sinnvoll, im Abstellbetrieb die folgenden Betriebszustände einzuführen:

- I. Parkstellung ohne Fahrgäste
- II. Schlumberbetrieb
- III. Energieoptimierte Abstellung (EoptA)
- IV. Fahrzeug ausgeschaltet

Im Fokus dieser RTE-Regelung stehen Betriebszustände des Abstellbetriebs gemäss dem entsprechenden Quadranten 4) der Tabelle 4-1. Die Betriebszustände der übrigen Quadranten aus Tabelle 4-1 werden in dieser RTE-Regelung nicht betrachtet.

Welcher Betriebszustand gewählt wird, hängt davon ab, wie kurzfristig das Fahrzeug wieder in Betrieb zu setzen ist und wie viel Zeit für die Vorbereitung zur Verfügung steht.

	Fahren	Stillstand
mit Fahrgästen	1) Fahren kommerziell <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zug im kommerziellen Einsatz</li> <li>– Streckenfahrt und Stationshalte</li> </ul>	3) Parkstellung <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zug im kommerziellen Einsatz</li> <li>– Aufenthalt vor Abfahrt oder am Wendebahnhof</li> </ul>
ohne Fahrgäste	2) Fahren ohne kommerzielle Nutzung <ul style="list-style-type: none"> <li>– Rangierfahrt</li> <li>– Aufstellfahrt</li> <li>– Fahrt in Abstellung</li> <li>– Überfuhr</li> </ul>	<b>4) Abstellbetrieb</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>I. Parkstellung ohne Fahrgäste</b></li> <li><b>II. Schlummerbetrieb</b></li> <li><b>III. Energieoptimierte Abstellung</b></li> <li><b>IV. Fahrzeug ausgeschaltet</b></li> </ul>

Tabelle 4-1: Betriebszustände von Eisenbahnfahrzeugen.

Bemerkung: Die definierten Betriebszustände haben konzeptionellen Charakter. Auf bestehenden oder neuen Fahrzeugen können andere Bezeichnungen verwendet werden bzw. sind diese abhängig vom jeweiligen Fahrzeugbetreiber oder Fahrzeughersteller.

#### 4.2.1 Modi der Subsysteme nach Betriebszustand

Dieses Dokument unterscheidet zwischen einem Betriebszustand, welcher durch die Fahrzeugleittechnik für den ganzen Zug definiert wird und Betriebsmodi, den tatsächlichen Zuständen der Subsysteme im jeweiligen Betriebszustand. Die folgende Tabelle 4-2 zeigt für jeden Betriebszustand, in welchem Modus sich die Subsysteme befinden. Nur die wichtigsten Subsysteme sind aufgeführt, je nach Ausprägung des Fahrzeugs können auch weitere Subsysteme vorhanden sein.

	Stromabnehmer	Hauptschalter	Bordnetzumrichter	Leittechnik	Kompressor	Batterielagegerät	Innenbeleuchtung	HLK-Verbraucher	Kühlaggregate, Catering	Kommunikationsplattform	Empfänger für Weckbefehle	Zustandsüberwachung
1) Fahren kommerziell	hoch	ein	ein	ein	normal	ein	ein	normal	ein	ein	ein	aus
2) Fahren ohne kommerzielle Nutzung	hoch	ein	ein	ein	normal	ein	aus	reduziert	ein	ein	ein	aus
3) Parkstellung mit Fahrgästen	hoch	ein	ein	ein	normal	ein	ein	normal	ein	ein	ein	aus
4) I. Parkstellung ohne Fahrgäste	hoch	ein	ein	ein	normal	ein	aus	Vorbereitung	ein	ein	ein	aus
4) II. Schlumberbetrieb	hoch	ein	reduziert	ein	reduziert	ein	aus	reduziert	ein	ein	ein	aus
4) III. Energieoptimierte Abstellung	tief	aus	aus	aus	aus	aus	aus	aus	teilweise ein	aus; Video, Not- sprechstellen: ein	ein	ein
4) IV. Fahrzeug ausgeschaltet	tief	aus	aus	aus	aus	aus	aus	aus	aus	aus	aus	aus

Tabelle 4-2: Betriebszustände und entsprechende Modi der Subsysteme.

### 4.3 Parkstellung ohne Fahrgäste (I)

---

In diesem Zustand wird das Fahrzeug auf die herkömmliche Art mit Energie versorgt und die Subsysteme arbeiten im Normalmodus. Die Parkstellung ohne Fahrgäste ist in kurzen Abstellphasen bis zur Aktivierung des Schlummerbetriebs, EoptA oder je nach Fahrzeugausprägung während der Vorbereitungsdauer, unter Umständen mit eingeschaltetem Vorheiz- oder Vorkühlbetrieb, aktiv.

### 4.4 Schlummerbetrieb (II)

---

Der Schlummerbetrieb ist ein inzwischen bewährter, energie- und geräuschoptimierter Betriebszustand des Abstellbetriebs, bei welchem die Subsysteme entweder vollständig ausgeschaltet oder mit reduzierten Anforderungen betrieben werden. Der Schlummerbetrieb kann ohne Anbindung an eine Zentrale implementiert werden und ist daher weniger komplex als EoptA. Er empfiehlt sich für die Nachrüstung älterer Bestandsfahrzeuge oder als Rückfallebene in neuen Fahrzeugkonzepten, wenn aufgrund von Umgebungsbedingungen EoptA nicht aktiv werden kann.

#### 4.4.1 Modi der Subsysteme im Schlummerbetrieb

##### **Bremsen**

Im Schlummerbetrieb ist das Fahrzeug mit einer Feststellbremse gegen Wegrollen gesichert.

##### **Fahrzeugleittechnik**

Die Fahrzeugleittechnik ist eingeschaltet. Während des Schlummerbetriebs muss eine Aktualisierung des Bereitstellzeitpunkts jederzeit möglich sein.

##### **Energieversorgung**

Bei elektrischen Triebfahrzeugen erfolgt die Energieversorgung mit gehobenem Stromabnehmer und geschlossenem Hauptschalter über die Fahrleitung, bei einzelnen, abgestellten Reisezugwagen über die Vorheizanlage (auch Elektrant oder Heizstock genannt). Das Fahrzeug ist dauernd mit Energie versorgt, das Batterieladegerät zur Erhaltung der Batterieladung eingeschaltet.

Je nach Auslegung der Energieversorgung sind nicht benötigte Einheiten der Hochspannungseinrichtung sowie Teile der Bordnetzumrichter von der Energiezufuhr zu trennen (z.B. Teilzugabschaltung).

##### **Signalisierung am Fahrzeug**

Gegen aussen signalisiert die Stirnbeleuchtung mit einer weissen Lampe unten den Betriebszustand der Parkstellung (siehe Abschnitt 4.7).

##### **Druckluftversorgung**

Die Versorgung mit Druckluft ist aktiv. Auf älteren Fahrzeugen soll durch erweiterte Schwellwerte der Einschalthysterese von Druckluftkompressoren im Schlummerbetrieb Energie gespart und Geräuschemissionen reduziert werden. Die Abtrennung der Druckluftversorgung des aktiven Stromabnehmers und des Hauptschalters von den übrigen Druckluftverbrauchern und die Versorgung durch einen Kompressor soll zusätzliche Energie sparen und Geräuschemissionen reduzieren.

### **Fahrzeuginnenreinigung**

Die Fahrzeuginnenreinigung muss möglich sein, ohne den Betriebszustand «Schlumberbetrieb» dauerhaft zu verlassen. Das Einschalten relevanter Systeme (Raumbeleuchtung, Steckdosen, Druckluftversorgung, etc.) kann mittels Betätigung eines Reinigungsschalters temporär gewährleistet werden. Nach Ablauf einer hinterlegten Dauer werden die aktivierten Systeme automatisch zurückgesetzt.

### **Fahrgastrelevante Subsysteme**

Subsysteme, deren Energieverbrauch auf einfache Art reduziert werden können, sind auszuschalten: Beleuchtung, Kundeninformationssysteme (z.B. mit «Wake-on-LAN»), Mobilfunkverstärker.

### **Technikschutz**

Die Temperaturregelung der Traktions- und Hilfsbetriebe muss sichergestellt sein.

Die Temperaturregelung des Fahrgastraums ist so zu wählen, dass unzulässiges Auskühlen oder Überhitzen des Fahrzeugs verhindert wird, sowie technischen und arbeitsrechtlichen Vorgaben entsprechen. Wenn möglich ist ein Lüften ohne forcierte Kühlung oder Heizung mit maximaler Aussenluft rate zu nutzen («free cooling» oder «free heating»). Alternativ muss die Aussenluft rate bei forcierter Kühlung oder Heizung minimiert werden.

Der zulässige Bereich der Raumluf ttemperatur muss abhängig von der Leistungsfähigkeit der Heiz- und Kühlanlage, sowie der zur Verfügung stehenden Vorbereitungs dauer definiert werden. Dabei ist die Klimatisierung der Führerstände gesondert zu betrachten, auch um den Schutz von sensibler Elektronik sicherzustellen. Bei sehr kurzer Vorbereitungs dauer muss die Soll-Temperatur im Führerstand sehr schnell erreicht werden können.

### **Zugang ins Fahrzeug**

Die Aussentüren behalten den letzten Zustand bei (freigegeben oder verriegelt). Ein Zugang zum Fahrzeug ist jederzeit möglich. Die Türen werden bei Betätigung eines von aussen zugänglichen Schalters geöffnet.

#### **4.4.2 Aktivierung des Schlumberbetriebs**

Die Aktivierung der Betriebsart «Schlumberbetrieb» erfolgt auf eine der folgenden Arten:

- Automatisch mit einer möglichst kurzen Zeitverzögerung bei aktivem Betriebszustand Parkstellung ohne Fahrgäste.
- Vereinfachte Kriterien, zum Beispiel bei Reisezugwagen ohne Zugbusverbindung nach 2 Minuten im Stillstand und ausgeschalteter Raumbeleuchtung.

#### **4.4.3 Verlassen des Schlumberbetriebs**

Durch Besetzen des Führerstands oder bei Erreichen des Vorbereitungszeitpunkts wird der Schlumberbetrieb deaktiviert. Bei Reisezugwagen ohne übergeordnete Fahrzeugleittechnik kann der Schlumberbetrieb in Abhängigkeit des UIC-Signals «Fahrgastraumbeleuchtung Ein» oder des Signals «Geschwindigkeit > 5 km/h» deaktiviert werden.

## 4.5 Energieoptimierte Abstellung (EoptA) (III)

---

Im Betriebszustand EoptA befindet sich das Fahrzeug in einem Zustand mit minimalstem Energieverbrauch. Die Energieversorgung ist ausgeschaltet, der Zug ist mittels Feststellbremse unabhängig von der Druckluftversorgung gegen Wegrollen gesichert. Dabei bleibt nur ein absolutes Minimum an Verbrauchern ab Batterie eingeschaltet.

Im Gegensatz zum Schlumberbetrieb werden Leerlaufverluste der Hilfsbetriebe und Geräuschemission weiter minimiert. Sensoren bestimmen den Modus der Fahrzeugleittechnik und weiterer Subsysteme, um bei Bedarf die Energieversorgung einzuschalten. Damit kann das Fahrzeug beliebig lange in diesem Zustand verbleiben, ohne dass kritische Zustände wie tiefe Batteriespannung, Frostentleerung von Frischwassertanks, Festfrieren und Schneeüberdeckung von gesenkten Stromabnehmern oder Überhitzung von Dachkomponenten entstehen.

Die EoptA empfiehlt sich für neue Fahrzeugkonzepte oder moderne Bestandsfahrzeuge und benötigt Weckbefehle, die durch eine Zentrale verschickt werden. Energieoptimiert abgestellte Fahrzeuge sind nicht kuppelbereit.

### 4.5.1 Modi der Subsysteme bei energieoptimierter Abstellung (EoptA)

Während der EoptA sind grundsätzlich alle nicht benötigten Verbraucher ausgeschaltet oder werden nur vorübergehend eingeschaltet, um überwachte Größen zu normalisieren.

#### **Fahrzeugleittechnik**

Die Fahrzeugleittechnik ist ausgeschaltet, ausser sie wird durch Sensoren temporär eingeschaltet, bis überwachte Zustände normalisiert sind. Anschliessend schaltet sich die Fahrzeugleittechnik wieder aus.

Um Geräuscentwicklung durch häufiges Einschalten zu minimieren, sollen alle überwachten Größen normalisiert werden, wenn das Fahrzeug eingeschaltet ist.

Im Gegensatz zum Schlumberbetrieb wird ein Bereitstellzeitpunkt auf dem Fahrzeug während EoptA durch die Fahrzeugleittechnik nicht berücksichtigt. Die Leittechnik wird in EoptA durch den Weckbefehl der Zentrale geweckt.

#### **Energieversorgung**

Der Stromabnehmer ist gesenkt, der Hauptschalter geöffnet, die Hauptstromkreise und Hilfsaggregate sind ausgeschaltet. Nur zur Normalisierung von überwachten kritischen Größen wird die Energieversorgung temporär eingeschaltet.

#### **Signalisierung am Fahrzeug**

Das Fahrzeug signalisiert in geeigneter Weise gegen aussen und innen den Betriebszustand EoptA gemäss Abschnitt 4.7.3.

#### **Druckluftversorgung**

Die Versorgung mit Druckluft ist nicht aktiv. Falls Bioreaktoren oder andere Verbraucher regelmässig Druckluft benötigen, muss diese sichergestellt werden.

### **Kommunikationsplattform**

Die Kommunikationsplattform ist ausgeschaltet bis auf einen Empfänger für Weckbefehle. Der Empfänger weist minimalen Energieverbrauch auf und schaltet die Fahrzeugleittechnik bei Bedarf ein. Das Videosystem sowie Notsprechstellen sollen ab Batterie eingeschaltet bleiben, falls dies gefordert wird.

Verhindert ein Fehler das ordnungsgemäße Aufstarten des Fahrzeugs, so muss dies durch die Zentrale erkannt und eine Störungsmeldung erzeugt werden, um Zugausfälle zu vermeiden.

### **Fahrzeuginnenreinigung**

Die Fahrzeuginnenreinigung muss möglich sein, ohne den Betriebszustand EoptA dauerhaft zu verlassen. Das Einschalten relevanter Systeme (Raumbeleuchtung, Steckdosen, Druckluftversorgung, etc.) kann mittels Betätigung eines Reinigungsschalters temporär gewährleistet werden. Das Fahrzeug wechselt für die Dauer der Reinigung in den Schlumberbetrieb. Nach Ablauf einer hinterlegten Zeitdauer und Überprüfung der relevanten Kriterien wird die EoptA automatisch aktiviert.

### **Technikschutz**

Sensoren überwachen kritischen Zustände wie tiefe Batteriespannung (Unterspannungsrelais), zu hohe oder zu tiefe Raumluft- und Aussenlufttemperaturen (Thermostate) und können die Fahrzeugleittechnik einschalten, sollten Grenzwerte verletzt werden. Um zu verhindern, dass ein gesenkter Stromabnehmer bei Schneefall oder Vereisung blockiert, wird empfohlen, EoptA bei Aussenlufttemperaturen unter 5 °C automatisch zu verlassen und in den Schlumberbetrieb zu wechseln.

In der Zentrale können ergänzend Schutzfunktionen implementiert werden, die in Abhängigkeit der Wetterprognose vor der Aktivierung der EoptA warnen.

### **Zugang ins Fahrzeug**

Die Aussentüren behalten den letzten Zustand (freigegeben oder verriegelt) bei. Ein Zugang zum Fahrzeug ist jederzeit möglich, die Türen werden bei Betätigung eines von aussen zugänglichen Schalters geöffnet.

### **Kühlaggregate für Cateringzwecke**

Falls vorhanden, verlangen Kühlaggregate für verderbliche Waren besondere Aufmerksamkeit. Kühlschränke für weniger kritische Waren (beispielsweise abgepackte Getränke) sollen mit erweiterten Grenzwerten betrieben werden. Um den Energieverbrauch zu minimieren ist auf eine gute thermische Isolation der Kühlschränke und Versorgung der Kühlaggregate ab entsprechend dimensionierter Fahrzeugbatterie resp. einer Fremdeinspeisung zu achten. Das System ist so auszulegen, dass die Energieversorgung der Kühlaggregate möglichst effizient erfolgt.

#### **4.5.2 Aktivierung der energieoptimierten Abstellung (EoptA)**

Die Aktivierung der EoptA erfolgt manuell durch das Lokpersonal oder durch die Fahrzeugleittechnik anhand von Umgebungsbedingungen des Fahrzeugs und Informationen der Zentrale. Es wird empfohlen, EoptA nicht bei Aussenlufttemperaturen unter 5 °C zu aktivieren. Wird eine selbsttätige Aktivierung durch die Fahrzeugleittechnik vorgesehen, so wird empfohlen, eine Möglichkeit vorzusehen, die Aktivierung dauerhaft manuell übersteuern zu können.



#### 4.5.3 Verlassen der energieoptimierten Abstellung (EoptA)

EoptA wird durch einen Weckbefehl der Zentrale, manuell durch Einschalten des Fahrzeugs, automatisch aufgrund einer Überwachungsfunktion oder temporär aufgrund des Reinigungsmodus beendet.

### 4.6 Fahrzeug ausgeschaltet (IV)

---

Das Fahrzeug ist mittels Feststellbremse gegen Wegrollen gesichert und wird nicht mit Energie versorgt. Alle Haupt- und Steuerstromkreise sind ausgeschaltet. Das Fahrzeug weist keinen Energieverbrauch auf.

Es sind folgende Punkte zu bedenken:

- Keine Überwachung der Raumlufttemperaturen oder der Batteriespannung.
- Keine Frostschutzentleerung von Wasserbehältern.
- Unterbrechung der Kühlkette in Speisewagen.
- Unterbrechung der Druckluftversorgung von Bioreaktoren.
- Keine Möglichkeiten für den Empfang von Weckbefehlen.
- Die zuverlässige Bereitstellung erfordert den rechtzeitigen Einsatz von Personal vor Ort.
- Arbeiten an ausgeschalteten Komponenten sind möglich unter Beachtung der Sicherheitsvorschriften.

Erfahrungsgemäss gelingt die kurzfristige Inbetriebsetzung eines ausgeschalteten Fahrzeugs nicht mit der betrieblich geforderten Zuverlässigkeit. Deshalb werden heute Fahrzeuge meistens nur in längeren Abstellphasen vollständig ausgeschaltet.

## **4.7 Optische Signalbilder abgestellter Fahrzeuge**

---

Der aktuelle Betriebszustand eines abgestellten Fahrzeugs wird durch die Aussensignalisierung an den Stirnseiten des Fahrzeugs angezeigt.

Entsprechend FDV R 300.2, Ziffer 3.2.4 müssen abgestellte Fahrzeuge mit Vorheiztafeln gekennzeichnet werden, wenn diese aus ortsfesten Anlagen mit Energie versorgt werden.

Abbildung 4-3 gibt eine Übersicht der Aussensignalisierung abgestellter Fahrzeuge.

### **4.7.1 Signalbild Parkstellung oder Schlummerbetrieb**

Die in der Schweiz etablierte Parkstellung und der Schlummerbetrieb werden durch ein weisses Spitzenlicht unten an Zugspitze, Kuppelstellen (bei Mehrfachtraktion) und Zugschluss angezeigt.

### **4.7.2 Signalbild Parkstellung oder Schlummerbetrieb, kuppelbereit**

Fahrzeuge ohne Bugklappe, signalisiert durch das Signalbild Parkstellung, gelten jederzeit als kuppelbereit.

Fahrzeuge mit Bugklappe in Parkstellung oder Schlummerbetrieb signalisiert durch das Signalbild Parkstellung gelten nur dann als kuppelbereit, wenn die Bugklappe geöffnet ist und zusätzlich das orange Spitzenlicht oben leuchtet.

### **4.7.3 Signalbild energieoptimiert abgestelltes Fahrzeug**

Energieoptimiert abgestellte Fahrzeuge sind nicht kuppelbereit. Der Betriebszustand EoptA wird durch ein weisses Spitzenlicht oben an Zugspitze, Kuppelstellen (bei Mehrfachtraktion) und Zugschluss signalisiert.

Im Fahrzeuginneren wird EoptA möglichst in jedem Wagen im Bereich der Einstiegstüren an vom Personal gut einsehbarer Stelle mittels oranger Leuchte signalisiert (Anlehnung an AB-EBV zu Art. 51, AB 51.1, Ziff. 7.1.2.2).

### **4.7.4 Signalbild ausgeschaltetes Fahrzeug**

Ausgeschaltet abgestellte Fahrzeuge sind nicht kuppelbereit. Der Betriebszustand «Fahrzeug ausgeschaltet» wird durch ausgeschaltete Spitzenlichter an Zugspitze, Kuppelstellen (bei Mehrfachtraktion) und Zugschluss signalisiert.

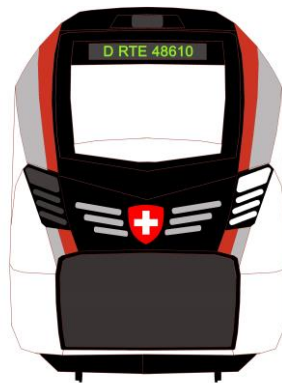
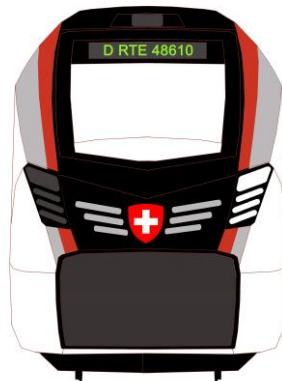
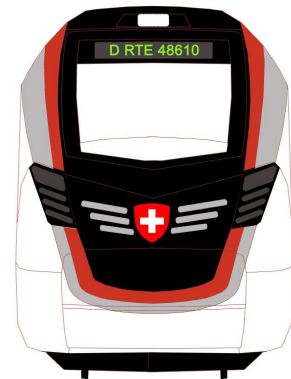
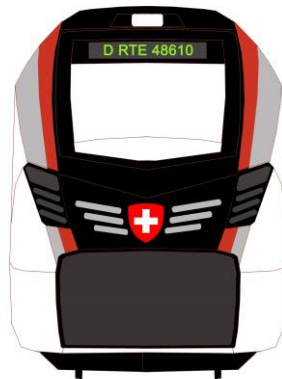
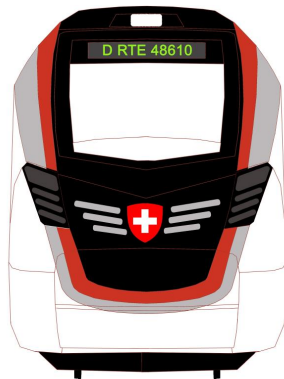
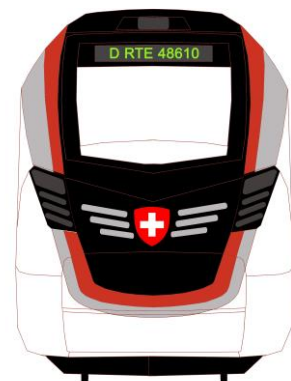
**Betriebszustand****Zugspitze****An Kuppelstellen  
(Mehrfachtraktion)****Zugschluss**Parkstellung oder  
SchlumberbetriebParkstellung oder  
Schlumberbetrieb,  
kuppelbereitEnergieoptimierte  
Abstellung (EoptA)Ausgeschaltetes  
Fahrzeug

Abbildung 4-3: Aussensignalisierung der Betriebszustände abgestellter Fahrzeuge.

## 4.8 Beispiel Abstellbetrieb im Regionalverkehr

Analysen von Betriebseinsätzen zeigen, dass Regional- und S-Bahnzüge in der Schweiz im Jahresmittel etwa 150'000 km zurücklegen. Der mittlere tägliche Betriebseinsatz beträgt nur etwa 10 Stunden. Diese auf den ersten Blick überraschend tiefen Werte lassen sich durch die betrieblichen Anforderungen erklären: Viele S-Bahn- und Regionalzuglinien werden in den Hauptverkehrszeiten mit Doppel- oder gar Dreifach-Traktion betrieben. In Phasen mit geringem Fahrgastaufkommen (Werktags zwischen 09:00 und 16:00 Uhr, in Tagesrandzeiten, sowie an Wochenenden) verkehren die Züge in Einfachtraktion. Die übrigen Fahrzeuge sind dann abgestellt.

Zur Illustration zeigt Abbildung 4-4 einen Wocheneinsatz eines BLS-Triebzugs des Typs Nina (RABe 525). Im oberen Diagramm zeigen schwarze Balken die länger dauernden Abstellphasen sowie die farbigen Linien den Zustand des Betriebszustands des Fahrzeugs (grün: Schlumberbetrieb, rot: Vorheizbetrieb, blau: Normalbetrieb). Während der längeren Abstellphasen ist der Schlumberbetrieb aktiv, die Raumlufttemperatur darf absinken (mittleres Diagramm, blau: Raumlufttemperatur, grün: Aussenlufttemperatur). Im unteren Diagramm ist die Heizleistung dargestellt. Da die Aussenlufttemperatur in diesem Beispiel meist um den Gefrierpunkt liegt, ist die Heizleistung im normalen Betriebseinsatz (d.h. im Fahren oder im Abstellbetrieb) relativ hoch. Während des aktiven Schlumberbetriebs sinkt die Heizleistung auf 0 kW ab oder weist kurze Einschaltdauer mit maximaler Heizleistung auf, um die minimalen Raumlufttemperatur zu halten.

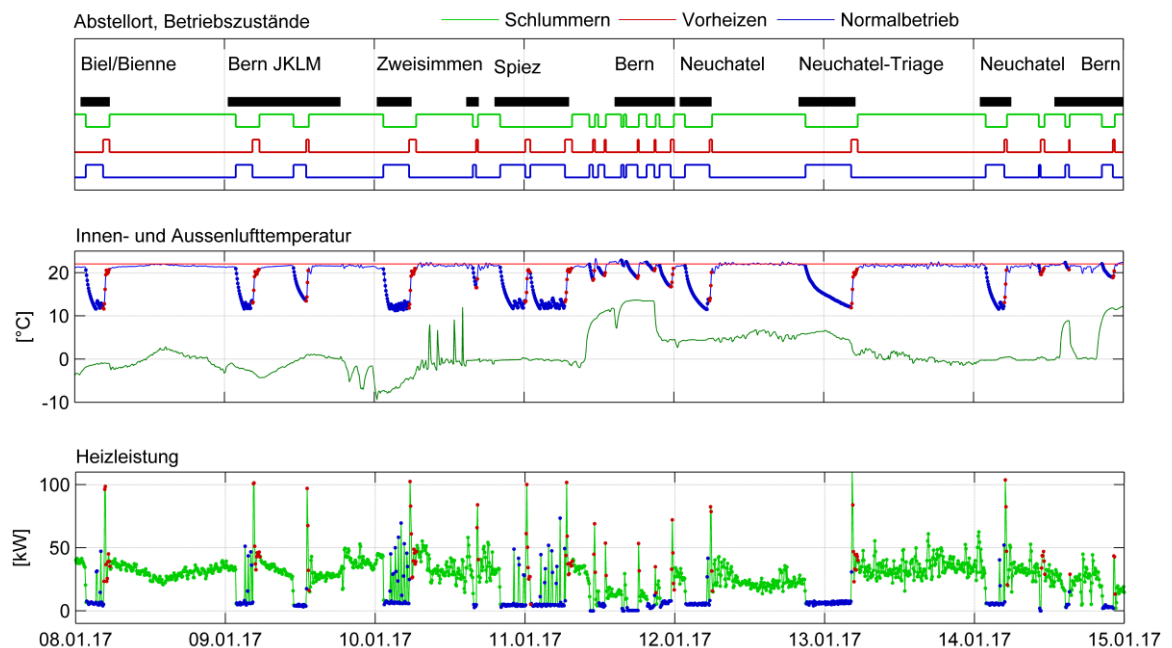


Abbildung 4-4: Beispiel eines Betriebseinsatzes (Quelle: Emkamatik/BLS, interner Bericht Schlumberbetrieb auf Fahrzeug RABe 525 006, 2017). Im oberen Diagramm zeigen schwarze Balken die länger dauernden Abstellphasen sowie die farbigen Linien den Zustand des jeweiligen Betriebszustands (grün: Schlumberbetrieb, rot: Vorheizbetrieb, blau: Normalbetrieb).

## 4.9 Beispiele Leistungsbedarf und Energieverbrauch

Die Tatsache, dass Nahverkehrszüge mehr als 12 Stunden pro Tag nicht im kommerziellen Einsatz stehen, zeigt das grosse Optimierungspotential, welches sich durch die konsequente Anwendung der energieeffizienten Fahrzeug-Betriebszustände ergibt. Die folgende Tabelle 4-5 illustriert die Grössenordnungen des Leistungsbezugs während einzelner Betriebszustände des Abstellbetriebs und kann auf Fahrzeuge des Fernverkehrs entsprechend übertragen werden. Dargestellt sind über ein Jahr gemittelten Leistungswerte eines vierteiligen Regionalzugs bei einer über das Jahr gemittelten Aussenlufttemperatur von 9 °C (Quelle: Emkamatik/BLS, interner Bericht Schlumberbetrieb auf Fahrzeug RABe 525 006, 2017).

<b>4) Abstellbetrieb</b>	<b>HLK-Verbraucher</b>	<b>Fahrzeugleittechnik, Hilfsbetriebe, Beleuchtung, Fahrgastinformationssystem</b>	<b>Total</b>
I) Parkstellung ohne Fahrgäste	18 kW	8 kW	26 kW
II) Schlumberbetrieb	2 kW	5 kW	7 kW
III) Energieoptimierte Abstellung (im Betrieb ab Batterie)	0 kW	0.02 kW	0.02 kW
IV) Fahrzeug ausgeschaltet	0 kW	0 kW	0 kW

Tabelle 4-5: Mittlerer Leistungsbezug eines vierteiligen Regionalzugs bei einer mittleren Aussenlufttemperatur von 9 °C für verschiedene Betriebszustände des Abstellbetriebs.

Die beträchtliche Auswirkung auf den Jahresenergieverbrauch durch Schlumberbetrieb bzw. EoptA an Stelle Parkstellung ohne Fahrgäste soll an folgendem Beispiel aufgezeigt werden. Ausgehend von der konservativen Annahme, dass sich ein Fahrzeug während täglich 5 Stunden in der Parkstellung ohne Fahrgäste befindet, wird der Energiebedarf berechnet.

Energieverbrauch in Parkstellung ohne Fahrgäste (Referenz):

$$E = 26 \text{ kW} \cdot 365 \text{ Tage} \cdot 5 \text{ Stunden pro Tag} = 47.5 \text{ MWh}$$

Energieverbrauch im Schlumberbetrieb:

$$E = 7 \text{ kW} \cdot 365 \text{ Tage} \cdot 5 \text{ Stunden pro Tag} = 12.8 \text{ MWh}$$

Energieverbrauch in EoptA:

$$E = 0.02 \text{ kW} \cdot 365 \text{ Tage} \cdot 5 \text{ Stunden pro Tag} = 0.037 \text{ MWh}$$

Diese Abschätzung ist stark vereinfacht und muss für konkrete Fahrzeuge genauer durchgeführt werden.

## 5 Lösungskonzept

Das in diesem Kapitel beschriebene Lösungskonzept ermöglicht abgestellten Fahrzeugen, in Abhängigkeit der Betriebseinsätze, zwischen den in Kapitel 4 beschriebenen Betriebszuständen zu wechseln, um einen möglichst geringen Energieverbrauch zu erreichen und trotzdem die betrieblichen Anforderungen bestmöglich zu erfüllen.

Bereitstellzeitpunkte werden vorzugsweise aus den Dispositionssystemen der Fahrzeugbetreiber den Fahrzeugen übermittelt oder Weckbefehle an die Fahrzeuge gesendet. Weckbefehle sind nötig, um energieoptimiert abgestellte Fahrzeuge einzuschalten, falls in diesem Betriebszustand kein weiterer Kommunikationskanal zum Fahrzeug aktiv ist. Mittels eines Bereitstellzeitpunkts kann die Fahrzeugleittechnik den optimalen Vorbereitungszeitpunkt bestimmen, um das Fahrzeug maximal lange in einem energieeffizienten Zustand zu belassen.

### 5.1 Mögliche Systemarchitektur zur Steuerung des energieeffizienten Abstellbetriebs

Voraussetzung für die Übermittlung der FBB ist ein bidirektionaler Kommunikationskanal zwischen Zentrale und Fahrzeug. In Abbildung 5-1 ist die Systemarchitektur für ein Fahrzeug mit Betriebszustand EoptA dargestellt. EoptA benötigt einen Empfänger für Weckbefehle, der aus Effizienzgründen als eigene Einheit ausgeführt wird. Der Bereitstellzeitpunkt wird der Fahrzeugleittechnik durch die Kommunikationsplattform übergeben (siehe auch Variante 3, Abschnitt 5.4.4), der Empfänger für Weckbefehle kann die Fahrzeugleittechnik einschalten (siehe Abschnitt 5.4.11).

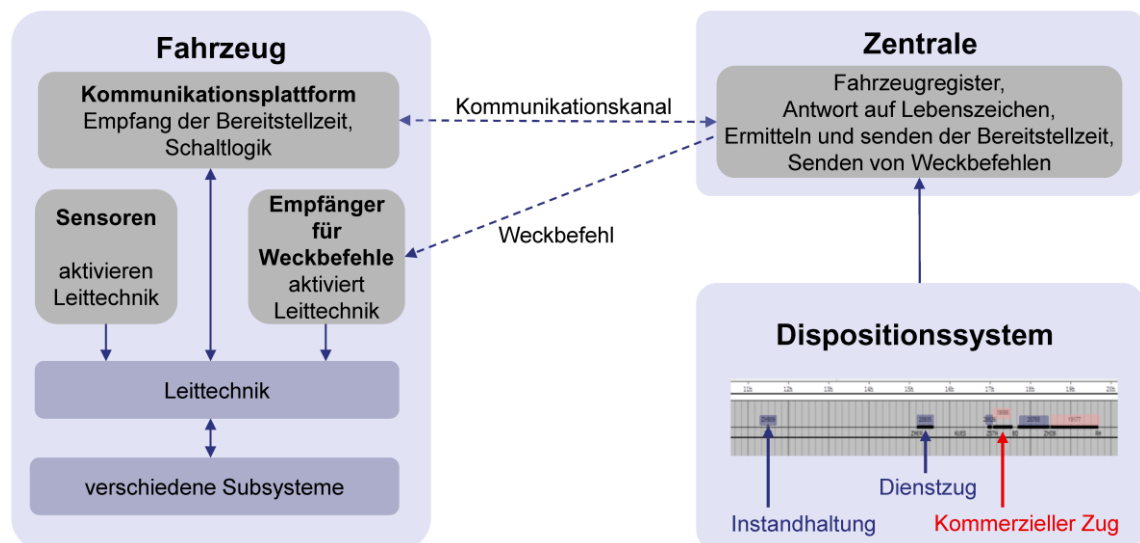


Abbildung 5-1: Systemarchitektur zur energieeffizienten Steuerung des Abstellbetriebs.

Zentrale und Fahrzeuge haben folgende Aufgaben:

- Die Zentrale sendet Weckbefehle an energieoptimiert abgestellte Fahrzeuge. Der Sendezeitpunkt wird aus den Daten des Dispositionssystems bestimmt.

- Die Zentrale bestimmt aus den Daten des Dispositionssystems den Bereitstellzeitpunkt des jeweiligen Zuges und sendet diese an die betreffenden Fahrzeuge. Die Zentrale verteilt die Bereitstellzeitpunkte («Push-Prinzip»).
- Die Fahrzeuge melden sich periodisch mit Lebenszeichen bei der Zentrale und überwachen somit den Kommunikationskanal. Sie brauchen keine weiteren zyklischen Abfragen («Polling») an die Zentrale zu senden. Bei Unterbruch der Kommunikation greifen Rückfallmechanismen (siehe Abschnitt 5.4.7).
- Die Zentrale überwacht die Lebenszeichen der einzelnen Fahrzeuge und kann im Fehlerfall entsprechende Störungsmeldungen erzeugen.
- Abgestellte Fahrzeuge wechseln anhand der an die Fahrzeugleittechnik übermittelten Informationen der Zentrale und lokaler Messwerte selbständig zwischen den verschiedenen Betriebszuständen.

### 5.1.1 Ablauf der Übermittlung der fahrplanbasierten Bereitstellzeit (FBB)

Die folgende Abbildung 5-2 zeigt die vereinfachte Abfolge zur Übermittlung der FBB durch Dispositionssystem, Zentrale und Fahrzeug über den Kommunikationskanal.

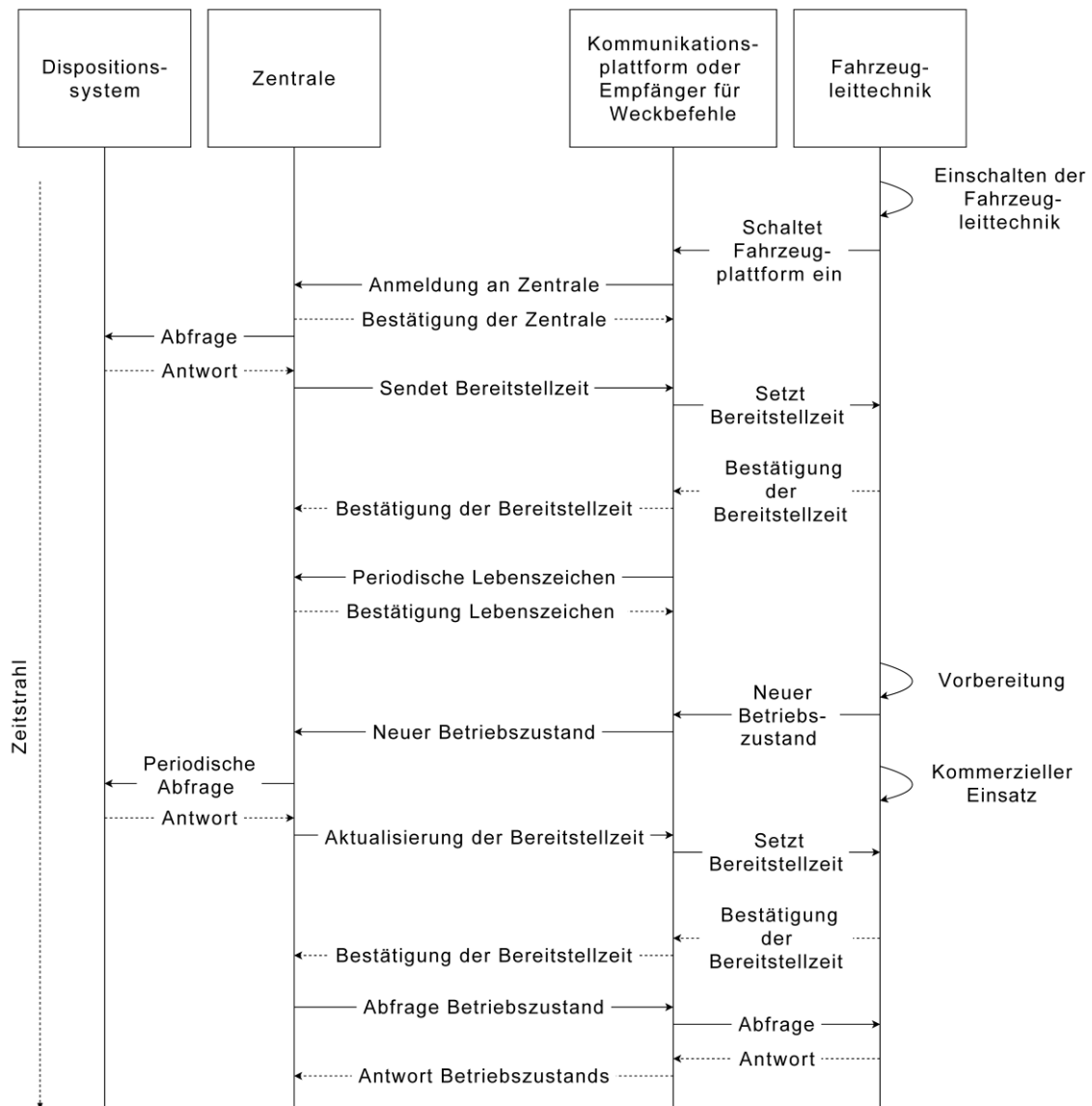


Abbildung 5-2: Sequenz zur Übermittlung der FBB an ein Fahrzeug.

### 5.1.2 Ablauf eines Weckbefehls

Das Fahrzeug befindet sich im Betriebszustand EoptA und ist damit bei der Zentrale abgemeldet. Die folgende Abbildung 5-3 zeigt die vereinfachte Abfolge zur Übermittlung eines Weckbefehls durch Dispositionssystem, Zentrale und Fahrzeug.

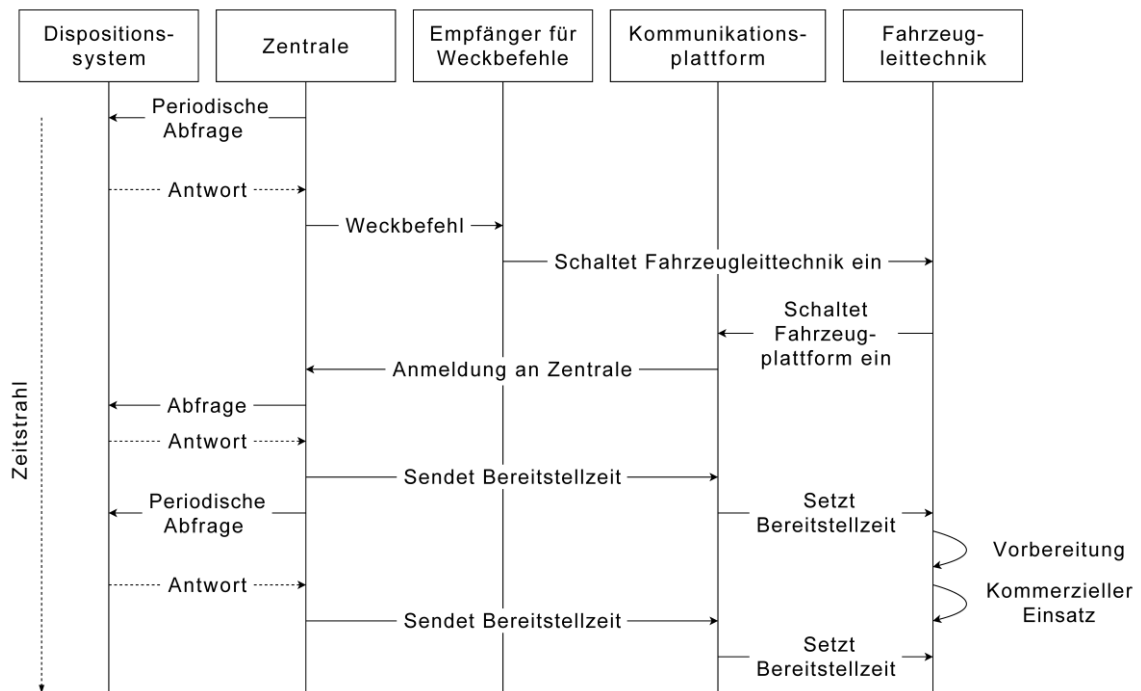


Abbildung 5-3: Sequenz zur Übermittlung eines Weckbefehls an ein Fahrzeug.

## 5.2 Anforderungen an die Zentrale

### 5.2.1 Zugriff auf das Dispositionssystem

Die Zentrale benötigt Zugriff auf die aktuellen Daten des Dispositionssystems, bzw. die geplanten Zugfahrten jedes Fahrzeugs. Da bei ungeplanten Betriebsereignissen die Disposition der Fahrzeuge erheblich und kurzfristig ändern kann, ist eine Synchronisation zwischen der Zentrale und dem Dispositionssystem in kurzen Abständen nötig.

Als Quelle für aktuelle Daten von Dispositionssystemen der Eisenbahnverkehrsunternehmen bietet sich in der Schweiz die Daten-Plattform «Informations-Hub Produktion Trasse» (Info-Hub PT, IHPT) an. Die Daten-Plattform ist das Quellsystem des Bahnverkehrs für alle Angaben der Trassenproduktion (Fahrplan-, Zugfahrt- und Formationsdaten). Sie wird gemeinsam von den schweizerischen Eisenbahninfrastrukturbetreiberinnen SBB-Infrastruktur, BLS Netz AG und SOB-Infrastruktur betrieben und den Eisenbahnverkehrsunternehmen zur Verfügung gestellt.

Die Zentrale muss die Schnittstelle zum Dispositionssystem überwachen und meldet Störungen oder Ausfälle sofort der Disposition und dem Störungsdienst zur weiteren Behandlung.



### 5.2.2 Sendezeitpunkt eines Weckbefehls oder der Bereitstellzeit

Die Zentrale bestimmt aus den Angaben des Dispositionssystems den Zeitpunkt zum Senden eines Weckbefehls sowie die FBB. Die FBB wird zudem immer auch am Ende der letzten kommerziellen Fahrt an das Fahrzeug übermittelt. Damit berechnet das Fahrzeug die Abstelldauer und wählt unter Einbezug von Umfelddaten den optimalen Betriebszustand für den Abstellbetrieb.

Aus energetischen Gründen sollte der Weckbefehl möglichst spät vor dem Bereitstellzeitpunkt gesendet werden. Um eine behagliche Raumlufttemperatur zum Bereitstellzeitpunkt zu garantieren und zur Behebung möglicher Fehlerfälle sind folgende Faktoren zur Bestimmung der Aufweckzeit zu berücksichtigen:

- Maximal zu erwartende Vorheiz- oder Vorkühlzeit, gegebenenfalls unter Einbezug lokaler Wetterprognosen und Berechnungsmodelle für die Fahrzeug-Raumlufttemperatur.
- Zeit für Wiederholungsversuche bei nicht erfolgreich versendetem Weckbefehl.
- Reaktionszeit für Störungsbehebung durch Bedienpersonal auf dem Fahrzeug.

Sobald der Empfänger einen Weckbefehl erhält, schaltet er die Fahrzeugleittechnik ein. Hat sich die Fahrzeugleittechnik bei der Zentrale angemeldet, sendet diese den Bereitstellzeitpunkt an das Fahrzeug.

Bei einer Änderung der Fahrzeugeinsatzplanung (Disposition) schickt die Zentrale nach erfolgtem Weckvorgang den neu geltenden Bereitstellzeitpunkt an das Fahrzeug. Der ursprüngliche Bereitstellzeitpunkt wird durch den Neuen ersetzt.

### 5.2.3 Fahrzeugregister

Alle Fahrzeuge, die mit EoptA oder FBB ausgerüstet sind, werden in ein laufend aktualisiertes Fahrzeugregister eingetragen. Die Zentrale verwaltet im Fahrzeugregister die Zustände aller Fahrzeuge, die sich im Betriebszustand EoptA abmelden, um diese per Weckbefehl aktivieren zu können.

### 5.2.4 Überwachung von Weckbefehlen und Lebenszeichen

Eine Störung des Kommunikationskanals zwischen Kommunikationsplattform und Zentrale wird erkannt, wenn die Zentrale laufend die Lebenszeichen der Fahrzeuge mit dem Fahrzeugregister abgleicht oder wenn ein Fahrzeug sich nach Erhalt eines Weckbefehls nicht bei der Zentrale anmeldet.

Nach mehreren erfolglosen Weckversuchen muss die Zentrale eine Meldung an die Störungsbehebung absetzen. Die Anzahl der tolerierbaren Weckversuche muss mit der Reaktionszeit der Störungsbehebung abgestimmt sein, um Zugausfälle zu verhindern.

### 5.2.5 Zusammenfassen mehrerer Zugfahrten

Kurz aufeinander folgende Zugfahrten können zu einem grösseren Block zusammengefasst an das Fahrzeug übermittelt werden. Erst wenn die Betriebspause zwischen zwei aufeinander folgenden Einsätzen grösser als die maximal erforderliche Vorbereitungs-  
dauer ist, wird das Senden eines individuellen Bereitstellzeitpunkts sinnvoll. Die Vorbereitungs-  
dauer ist abhängig von den Umgebungsbedingungen und liegt bei modernen Fahrzeugen zwischen 10 und 90 Minuten. Zur Maximierung der Energieeffizienz ist auch das Mitsenden des Endzeitpunkts der letzten kommerziellen Fahrt sinnvoll.

## 5.3 Anforderungen an den Kommunikationskanal

---

### 5.3.1 Verfügbarkeit

Der Zugriff und die Übertragung der Daten muss innerhalb eines vereinbarten Zeitrahmens gewährleistet sein.

Dazu müssen die für die Übertragung von Lebenszeichen, Bereitstellzeitpunkten oder Weckbefehlen genutzten Kommunikationskanäle die nötige Verfügbarkeit aufweisen. Die Verfügbarkeit muss konform zu den RAM-Anforderungen des Fahrzeugs sowie den betrieblichen Erfordernissen sein. Dies ist Voraussetzung, um einen sicheren und zuverlässigen Betrieb der Fahrzeuge zu gewährleisten und Systemausfällen zu verhindern.

### 5.3.2 Informationssicherheit

Der Kommunikationskanal zwischen der Zentrale, der Kommunikationsplattform und der Fahrzeugleittechnik muss gegenüber unbefugten Manipulationen durch Dritte sicher sein. Unternehmensspezifische Regeln zur Informationssicherheit sind einzuhalten.

Um die von der genannten Bedrohung ausgehenden Risiken zu reduzieren, müssen die folgenden elementaren Grundsätze durch Schutzmassnahmen sichergestellt werden:

- Datenauthentizität
- Datenintegrität
- Rechtzeitigkeit der Daten
- Datensequenz

Die Festlegung der umzusetzenden Schutzmassnahmen soll risikoorientiert innerhalb eines geeigneten Risikomanagements erfolgen. Dazu sind insbesondere folgende Schutzmassnahmen vorzusehen (Hilfestellung bietet hierzu die SN EN 50159):

- Die Urheberschaft von Information muss im Rahmen einer Identifikationsprozedur eindeutig und überprüfbar sein (Authentizität).
- Durch geeignete Protokolle mit Sicherheitscode muss die Datenintegrität sichergestellt sein.
- Der Zugriff durch Bediener bzw. Komponenten muss im Rahmen einer organisatorischen und technischen Zugriffskontrolle gemanagt sein.

Falls der Kanal von der Zentrale zum Empfänger der Weckbefehle oben genannte Anforderungen nicht erfüllt, muss eine geeignete Verifizierung des Weckbefehls auf Seiten des Empfängers stattfinden.

### 5.3.3 Übertragungsprotokoll der SBB-Lösung

Die heutigen Übertragungsprotokolle sind nicht standardisiert. Das aktuelle Übertragungsprotokoll für FBB und Weckbefehle kann bei folgender SBB-Stelle angefragt werden:

SBB AG, Personenverkehr, Unterhalt Rollmaterial, APFZ Basissysteme  
Wylersstrasse 125  
CH-3000 Bern 65

## 5.4 Anforderungen an die Fahrzeuge

---

Die Anforderungen an die Fahrzeuge hängen davon ab, ob die FBB oder zusätzlich auch EoptA implementiert wird.

Je nach Ausprägung der Fahrzeugausrüstung kann die FBB allein durch Anpassung der Fahrzeugleittechnik- und Kommunikationsplattformsoftware mit bestehender Hardware realisiert werden. Für die Realisierung der EoptA ist jedoch meist zusätzliche Hardware notwendig, etwa ein Empfänger für den Weckbefehl mit entsprechender Anbindung zum Starten der Fahrzeugleittechnik.

Grundsätzlich gilt, dass die Fahrzeugleittechnik autonom in Abhängigkeit der Vorbereitungsdauer die Betriebszustände wechselt (z.B. in den Vorheiz- oder Vorkühlbetrieb, um eine behaglichen Raumlufthtemperatur einzuregeln). Welcher Betriebszustand gewählt wird, entscheidet die Fahrzeugleittechnik und nicht die Zentrale. Dadurch bleibt bei einer Störung der Kommunikation, Fehlmanipulation oder böswilliger Beeinflussung die Betriebsstabilität gewährleistet.

### 5.4.1 Kommunikationsplattform

Die nicht sicherheitsrelevante Kommunikationsplattform auf dem Fahrzeug hält bei eingeschaltetem Fahrzeug eine permanente bidirektionale Datenverbindung mit der Zentrale aufrecht. Die Kommunikationsplattform empfängt die FBB, sendet Lebenszeichen an die Zentrale und kommuniziert mit der Fahrzeugleittechnik.

Üblicherweise sind auch Videoüberwachungsanlagen oder Notsprechstellen Teil der Kommunikationsplattform. Wird ein unterbrechungsfreier Betrieb dieser Subsysteme durch firmeninterne Richtlinien während der EoptA gefordert, so ist auf minimalen Energieverbrauch für die Sicherstellung der Funktionen ab Batterie zu achten oder infrastruktureitige Lösungen zu prüfen.

### 5.4.2 Empfänger für Weckbefehle

Voraussetzung für automatisches Wecken aus EoptA ist ein Empfänger für Weckbefehle. Der Empfänger ist permanent eingeschaltet, hat einen tiefen Energieverbrauch und wird direkt ab Batterie betrieben, während die Fahrzeugleittechnik und die Kommunikationsplattform bei EoptA ausgeschaltet sind. Der Empfänger für Weckbefehle schaltet die Fahrzeugleittechnik und die Kommunikationsplattform ein. Der Empfänger für Weckbefehle muss den Kommunikationskanal zur Zentrale auch während EoptA mittels Lebenszeichen überwachen.

### 5.4.3 Anmeldung bei der Zentrale

Nach jedem Einschalten der Fahrzeugleittechnik meldet sich die Kommunikationsplattform bei der Zentrale an. Siehe hierzu das Sequenzdiagramm in Abbildung 5-2.

#### 5.4.4 Steuerung der Subsysteme mittels Bereitstellzeitpunkt

Abhängig von der Ausführung des Fahrzeugs kann der Bereitstellzeitpunkt in verschiedenen Varianten die Fahrzeug-Subsysteme (z.B. HLK) steuern.

##### **Variante 1: Direkte Steuerung der Subsysteme durch die Kommunikationsplattform**

Zwischen der Kommunikationsplattform und den zu steuernden Subsystemen bestehen direkte (analoge oder digitale) Verbindungen. Damit kann die Kommunikationsplattform direkt beispielsweise den Klimarechner ansteuern und den HLK-Schlummerbetrieb ein- und ausschalten. Diese Variante ist bei der SBB auf den Fahrzeugen des Typs DPZ HVZ-Zug umgesetzt.

##### **Variante 2: Indirekte Steuerung über UIC-Signal «Fahrgastraumbeleuchtung Ein»**

Bestehen keine direkten Verbindungen zwischen der Kommunikationsplattform und den zu steuernden Subsystemen, kann die Kommunikationsplattform das Signal «Fahrgastraumbeleuchtung Ein» der UIC-Leitung verwenden. Die Subsysteme der einzelnen Wagen werten dieses UIC-Signal aus und wechseln abhängig vom Zustand der Fahrgastraumbeleuchtung und dem Stillstandssignal ( $v < 5 \text{ km/h}$ ) zwischen regulärem Betrieb und Schlummerbetrieb. Bei längerem Fahrzeugstillstand und Betriebspausen kann die Kommunikationsplattform die Fahrgastraumbeleuchtung ausschalten und damit den Schlummerbetrieb aktivieren. Damit ist eine einzige Kommunikationsplattform mit der Funktionalität FBB pro Zug ausreichend, um über die bestehende UIC-Leitung alle Wagen des ganzen Zugs zu steuern. Diese Variante ist bei der SBB auf den Personenwagen der Typen EW IV, Apm 61, Bpm 61 (EuroCity) und IC Bt implementiert und hat sich bewährt.

##### **Variante 3: Übergabe des Bereitstellzeitpunkts an die Fahrzeugleittechnik**

Die Kommunikationsplattform übermittelt den Bereitstellzeitpunkt an die Fahrzeugleittechnik. Diese steuert die Betriebszustände des Fahrzeugs und damit die Subsysteme in Abhängigkeit von weiteren Randbedingungen (z.B. Aussenlufttemperatur). Da bestehende Kommunikationspfade auf dem Fahrzeug verwendet werden, ist mit dieser Variante die Einführung der FBB potenziell kostengünstig möglich.

#### 5.4.5 Vorbereitung des Fahrzeugs für die energieoptimierte Abstellung

Bevor die Fahrzeugleittechnik in EoptA wechselt, werden alle überwachten Systeme so konditioniert, dass das Fahrzeug anschliessend möglichst lange im Zustand EoptA verweilen kann (z.B. Batterien geladen, Druckluftvorrat ergänzt). Anschliessend meldet sich die Fahrzeugleittechnik über die Kommunikationsplattform bei der Zentrale ab und das Fahrzeug wechselt in den Zustand EoptA. Der Empfänger für Weckbefehle bleibt dabei immer aktiv.

#### 5.4.6 Selbstüberwachung des Fahrzeugs während energieoptimierter Abstellung

Folgende kritische Grössen müssen in EoptA überwacht werden:

- Batteriespannung (notwendig für das Einschalten des Fahrzeugs)
- Raumluft- und Aussenlufttemperatur (Überhitzungs- und Frostschutz)
- Aktiver Empfänger für Weckbefehle

In der einfachsten Form werden die Überwachungsfunktionen durch Temperatur- und Unterspannungsrelais realisiert. Sobald ein Schwellwert erreicht ist, wird die Fahrzeugleittechnik ab Batterie eingeschaltet. Sobald die Überwachung einer kritischen Grösse anspricht, muss die Fahrzeugleittechnik alle überwachten Systeme normalisieren, um mehrmaliges Unterbrechen der EoptA zu vermeiden. Wird ein Fahrzeug aus der EoptA eingeschaltet, muss das Fahrzeug dieselben Stromabnehmer verwenden, welche beim Aktivieren von EoptA gehoben waren.

Der Nutzen zusätzlicher Überwachungsfunktionen muss gegenüber dem Energieverbrauch, den es für die Realisierung der Funktion benötigt, genau abgewogen werden.

Bei mehrfachem, kurz aufeinander folgendem Ansprechen einer bestimmten Überwachung muss eine Fehlermeldung an den Störungsdienst gesendet und in den Schlumberbetrieb gewechselt werden. Beispielsweise muss nach mehrfachem Ansprechen der Überwachung der Batteriespannung das Fahrzeug eingeschaltet bleiben. So werden unnötige Schaltspiele, übermässiger Verschleiss und Geräuschemissionen (Hauptschalter, Druckluftkompressor) verhindert.

Bei der Wahl der Temperaturgrenzwerte sind arbeitsrechtliche Rahmenbedingungen, Techniksicherheit und Leistungsfähigkeit der HLK-Anlagen zu berücksichtigen.

#### 5.4.7 Überwachung des Kommunikationskanals

Die Kommunikationsplattform oder der Empfänger für Weckbefehle melden sich periodisch mit Lebenszeichen bei der Zentrale und überwachen somit kontinuierlich den Kommunikationskanal von Seiten Fahrzeug auch während der EoptA.

Bestätigt die Zentrale den Empfang des Lebenszeichens nicht, wechselt das Fahrzeug nach einer definierten Zeit in eine Betriebsart ohne Zentrale, beispielsweise Schlumberbetrieb. Ein auf dem Fahrzeug vorhandener Bereitstellzeitpunkt behält seine Gültigkeit. Ist kein Bereitstellzeitpunkt gespeichert, wird beispielsweise die Bereitstellung des Fahrzeugs innerhalb einer definierten Zeit oder Bereitstellung auf fest hinterlegte Uhrzeiten (z.B. frühmorgens vor Betriebsbeginn und am Nachmittag vor der Hauptverkehrszeit) veranlasst. Die Betriebsart EoptA darf nicht aktiviert werden, da die Zentrale für einen Weckbefehl nicht erreichbar ist. Der Betrieb ohne Zentrale soll möglichst energieeffizient sein.

Die Abbildung 5-4 zeigt ein Sequenzdiagramm zur Überwachung des Kommunikationskanals mittels Lebenszeichen.



#### 5.4.10 Verhindern von Feuchtigkeitsschäden

Vor der Aktivierung des Schlummerbetriebs oder der EoptA soll die HLK-Anlage für eine Nachlaufzeit eingeschaltet bleiben. Je nach klimatischen Randbedingungen und Erfahrungswerten wird die Nachlaufzeit gewählt, um Feuchteintrag und damit Kondensation zu vermeiden.

#### 5.4.11 Einschalten nach Empfang eines Weckbefehls

Entweder wird ein Weckbefehl empfangen, oder der Empfänger für Weckbefehle kennt den Bereitstellzeitpunkt und weckt das Fahrzeug eine definierte Zeitspanne vor dem Bereitstellzeitpunkt aus der EoptA.

Auf dem Fahrzeug werden die folgenden Schritte ausgeführt:

- Der Empfänger für Weckbefehle prüft, ob der Weckbefehl die Sicherheitsanforderungen erfüllt, also gültig ist (siehe auch Abschnitt 5.3.2).
- Das Batterienetz wird eingeschaltet und die Fahrzeugleittechnik startet.
- Die Kommunikationsplattform meldet sich bei der Zentrale an, erhält einen Bereitstellzeitpunkt übermittelt und sendet periodisch Lebenszeichen an die Zentrale.
- Liegt der Bereitstellzeitpunkt weiter als die maximale Vorbereitungsdauer in der Zukunft, meldet sich die Kommunikationsplattform bei der Zentrale ab und das Fahrzeug bleibt in der EoptA.
- Wird das Fahrzeug fälschlicherweise (z.B. durch ungewollte Weckbefehle) geweckt und erhält keine FBB, so behält der zuletzt bekannte Bereitstellzeitpunkt seine Gültigkeit.
- Die Fahrzeugleittechnik löst das Heben des Stromabnehmers und das Einschalten des Hauptschalters aus und steuert den Wechsel der Betriebsarten entsprechend der Vorbereitungsdauer.

Wird ein Fahrzeug aus der EoptA eingeschaltet, muss das Fahrzeug dieselben Stromabnehmer verwenden, welche beim Aktivieren von EoptA gehoben waren.

Die nachstehende Abbildung 5-5 zeigt den beschriebenen Ablauf des Einschaltens nach Empfang eines Weckbefehls.

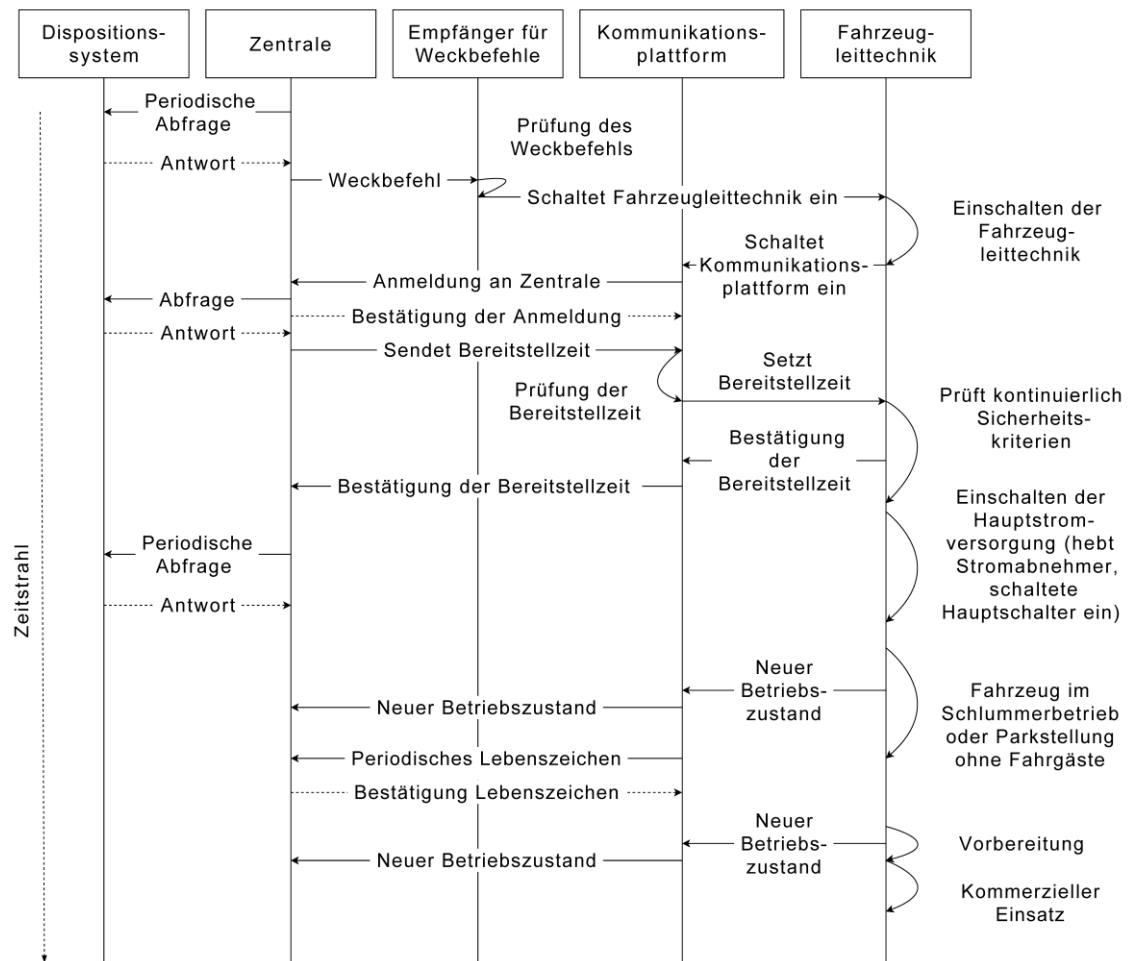


Abbildung 5-5: Ablauf des Einschaltens nach Empfang eines Weckbefehls.

#### 5.4.12 Störungen während EoptA

Ein energieoptimiert abgestelltes Fahrzeug darf seine Hauptstromversorgung aufgrund eines Weckbefehls oder durch Auslösung einer überwachten Grösse nur einschalten, wenn keine Störungen anstehen. Mindestens die folgenden Fälle müssen durch die Fahrzeugleittechnik vor dem Einschalten der Hauptstromversorgung überprüft werden:

- Eine Störung mit Hauptschalter-Aus steht an.
- Das Fahrzeug ist über eine Depoteinspeisung mit Energie versorgt (Energieversorgungskonzept der Cateringkühlung beachten).
- Das Fahrzeug ist im Wartungsmodus (Betriebsart für Servicezwecke). Dabei gilt zu beachten, dass eine Verriegelung gegen Fehlbedienung nur bei eingeschalteter Fahrzeugleittechnik wirksam ist (siehe auch Kapitel 6).
- Die Zwangsbremse mit Hauptschalter-Aus steht an.

Weitere Bedingungen sind durch den Fahrzeughersteller zu definieren. Eine anstehende Störung darf nicht zu Defekten von Komponenten führen. Wird beispielsweise die Batterieladung durch eine anstehende Störung verhindert, muss das Fahrzeug falls möglich eine Statusmeldung an die Zentrale senden und sich anschliessend selbst ausschalten.



#### 5.4.13 Gekuppelte Fahrzeuge

Gekuppelte Fahrzeuge müssen immer über denselben Betriebszustand verfügen. Sie müssen also gemeinsam nach EoptA wechseln, sobald alle gekuppelten Fahrzeuge einen Wechsel nach EoptA zulassen und müssen gemeinsam die EoptA verlassen, sobald mindestens eines der gekuppelten Fahrzeuge einen Weckbefehl empfängt.

Gekuppelte Fahrzeuge können je nach Einsatzplanung unterschiedliche Bereitstellzeiten erhalten.

Werden gekuppelte Fahrzeuge unter verschiedenen Versorgungsnetzen abgestellt, darf ein Einschalten nicht zu kritischen Zuständen wie Kurzschlüssen führen.

#### 5.4.14 Landesgrenzen- oder Fahrzeugbetreiber-überschreitende Nutzung

Verkehrt ein Fahrzeug ausserhalb der Reichweite der Zentrale, beispielsweise bei Landesgrenzen- oder Fahrzeugbetreiber-überschreitender Nutzung, ist der Einsatz von FBB und Weckbefehlen im Einzelfall zu prüfen. Eine mögliche technische Lösung ist, dass sich die Kommunikationsplattform nur innerhalb gewisser geografischer Bereiche bei der Zentrale für die FBB anmeldet und ausserhalb dieser Gebiete die Betriebszustände durch die Fahrzeugleittechnik unabhängig von der Zentrale geregelt werden.

### 5.5 RAMS-Anforderungen an einen energieeffizienten Abstellbetrieb

---

Die SN EN 50126-1 beschreibt RAMS, was als Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit und deren Wechselwirkung zu verstehen ist. Die Prozesse für die Spezifikation und den Nachweis der Erfüllung der RAMS-Anforderungen sind in der SN EN 50126-1 als generischer RAMS-Prozess beschrieben. Die Anleitung in der Normenreihe SN EN 50126 ist auch bei der Verwendung der vorliegenden D RTE 48610 anwendbar.

Bei der Verwendung der D RTE 48610 auf bestehenden oder neuen Fahrzeugkonzepten muss der Einfluss der Änderung mindestens auf die folgenden Aspekte gemäss SN EN 50126-1 bewertet werden:

- Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit
- Kundenkomfort
- Lastprofile der Subsysteme wie Bordnetzatterie, Druckluftkompressor, Hauptstromversorgung, Druckluftverbraucher.
- Raumlufttemperatur und Feuchtigkeit
- Objektschutz und Vandalismus
- Geräuscentwicklung des abgestellten Fahrzeugs.
- Finanzielle Einsparungen aufgrund reduzierter Energiekosten und reduzierter Laufzeit von Subsystemen.

Die Wirtschaftlichkeit der Änderung wird neben der Initialinvestition und den finanziellen Einsparungen auch durch die Qualität der technischen Ausführung über den Lebenszyklus bestimmt. In diesem Sinne muss ein robustes Gesamtsystem entwickelt werden. Die Anwendung der SN EN 50126-1 bietet die nötigen Werkzeuge, um eine optimale Kombination von RAMS und Kosten zu erreichen.

## 6 Sicherheitshinweise für Arbeiten an Fahrzeugen

---

Bei Arbeiten an Fahrzeugen, die mit EoptA ausgerüstet sind, ist sicherzustellen, dass Weckbefehle keine gefährlichen Zustände an Hochspannungs-, Hauptstrom- und Steuerstromkreisen sowie an Brems- und Druckluftanlage bewirken können. Deshalb sind mindestens die folgenden Massnahmen notwendig:

- Es muss bedacht werden, dass energieoptimiert abgestellte Fahrzeuge jederzeit durch einen Weckbefehl eingeschaltet werden können.
- Durch eine geeignete Aussen- und Innensignalisierung muss die Betriebsart EoptA erkennbar sein (Abschnitt 4.7.3).
- Die geltenden Vorgaben für Arbeiten an elektrischen und pneumatischen Anlagen sind einzuhalten.
- Die Absperrung von Hochspannungs- und Hauptstromkreisen ist durch Erdung von Stromabnehmern, Hauptschaltern und Stromrichtern mit einem Schlüsselkonzept sicherzustellen. Diese Arbeiten dürfen nur im Zustand «Fahrzeug ausgeschaltet» durchgeführt werden.

## **7 Nachweisführung bei Änderungen an Fahrzeugen**

---

Die Regelung D RTE 49100 unterstützt den Prozess der Sicherheitsnachweisführung bei Änderungen an Fahrzeugen, indem für bestimmte vom BAV beschriebene Prozessschritte Vorlagen zu deren konkreten Durchführung zur Verfügung gestellt werden.

Die Einführung von Schlummerbetrieben oder EoptA stellen in diesem Sinne eine Erweiterung der heute üblichen Parkstellung dar. Daher muss in der EoptA jederzeit davon ausgegangen werden, dass sich das Fahrzeug selbstständig wieder einschalten kann. Das Fahrzeug darf nur an Stellen energieoptimiert abgestellt werden, an denen auch in Parkstellung abgestellt werden darf. Es gelten die gleichen Regeln der FDV wie zum Thema Parkstellung.

Für international verkehrende und damit nebst der Schweiz in mindestens einem EU-Mitgliedstaat zuzulassende Eisenbahnfahrzeuge sind gemäss EBV seit dem 01.12.2019 die Richtlinie (EU) 2016/797 sowie die Durchführungsverordnung (EU) 2018/545 anzuwenden, sofern die betroffenen EU-Mitgliedstaaten die Richtlinie (EU) 2016/797 bereits umgesetzt haben. Für solche Fahrzeuge ist die Schweiz in Bezug auf die Zulassungsprozesse und die Anwendung der erforderlichen Datenbanken, Systeme und Werkzeuge, wie z.B. die zentrale Anlaufstelle (One Stop Shop, OSS) grundsätzlich wie ein EU-Mitgliedstaat zu betrachten. In den vorgenannten Fällen findet die Richtlinie Zulassung Eisenbahnfahrzeuge keine Anwendung.