

Branchenlösung ATO auf GoA2(+)

Bericht



17.197.00 – Branchenlösung ATO auf GoA2(+)

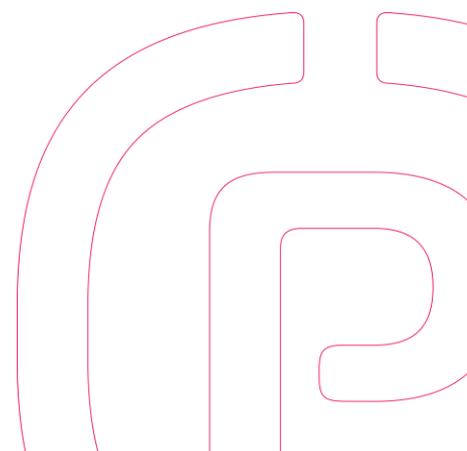
Erstellt	Geprüft	Freigegeben	
S. Napoli	A.K. Fuchs	R. Mühlemann	
Dokumentnummer	Ausgabedatum	Revision	Revisionsdatum
01.03.00079	07.05.18	1.02	07.05.18

PROSE AG

Monbijoustrasse 35
3011 Bern
Schweiz

www.prose.one

Tel +41 52 262 75 00
info.bern@prose.one



Verteiler

Firma/Abteilung/Name	Bemerkungen
PROSE AG / PU Switzerland / Projektteam	Andrea Katharina Fuchs, Sandro Napoli, Rolf Mühlemann, Jan Felger
zb Zentralbahn AG, Gerhard Züger	Auftraggeber, VöV AGr ATO
Railway Design & Innovation AG, Stefan Karch	Technischer Berater des Auftraggebers
Baselland Transport AG, Fredi Schödler	Vertreter der VöV AGr ATO
Forchbahn AG, Urs Stucki	Vertreter der VöV AGr ATO
Matterhorn-Gotthard-Bahn, Alfons Noti	Vertreter der VöV AGr ATO
Regionalverkehr Bern–Solothurn, MarkusENZler	Vertreter der VöV AGr ATO
Rhätische Bahn, Urs Deragisch	Vertreter der VöV AGr ATO
Rhätische Bahn, Christian Florin	Vertreter der VöV AGr ATO
zb Zentralbahn AG, Daniel Gavin	Vertreter der VöV AGr ATO
Jürg Lütcher	Bundesamt für Verkehr, Sektion Zulassungen und Regelwerke

Revisionsindex

	Ersteller	Prüfer	Freigebender	Datum
0.00	S. Napoli	A.K. Fuchs	R. Mühlemann	06.04.2018
1.00	S. Napoli	A.K. Fuchs	R. Mühlemann	17.04.2018
1.01	S. Napoli	A.K. Fuchs	R. Mühlemann	27.04.2018
1.02	S. Napoli	A.K. Fuchs	R. Mühlemann	07.05.2018

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einführung	5
1.1	Ziel dieses Dokuments	5
1.2	Generelles Vorgehen nach EN 50126.....	6
2	Grundlagen ATO.....	7
2.1	Einführung zu Automatisierungsstufen.....	7
2.2	Generische Übersicht über Nutzen und Wirkung	8
2.3	Exkurs Automatisierungsstufe GoA2.....	9
3	Branchenlösung ATO GoA2(+)	12
3.1	Definition.....	12
3.2	Ziele.....	12
3.3	Einbettung in nationale und europäische Standards	13
3.4	Basisarchitektur ATO.....	14
3.5	Funktionale Anforderungen und benötigte Informationen im Gesamtsystem	15
3.6	Funktioneller Anforderungskatalog	16
4	Umsetzung.....	18
4.1	Einleitung	18
4.2	Zulassung.....	18
4.3	Migrationsplanung	18
4.4	Integration von ATO in bestehende Systemlandschaften.....	19
4.5	Stakeholder Management.....	27
5	Referenzen.....	28
6	Abbildungsverzeichnis	28

ABKÜRZUNGEN

AB-EBV	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung
ATO	Automatic Train Operation
ATP	Automatic Train Protection, zu Deutsch Zugbeeinflussung
BAV	Bundesamt für Verkehr
CBTC	Communication-Based Train Control
DMI	Driver Machine Interface
DTO	Driverless Train Operation
EN	Europäische Norm
ETCS	European Train Control System
GoA	Grade of Automation
S2R	Shift 2 Rail
SRS	System Requirements Specification
STO	Semi-Automated Train Operation
UTO	Unattended Train Operation
UITP	Internationaler Verband für öffentliches Verkehrswesen
VöV	Verband öffentlicher Verkehr
ZBMS	Zugbeeinflussung Meterspurbahn

Zusammenfassung

Dieses Dokument definiert und erläutert die Branchenlösung ATO - Automatic Train Operation auf dem Automatisierungslevel GoA2(+) für die Meter- und Spezialeisenbahnen der Schweiz. Das Ziel der Initiative der «VöV AGr ATO» eine Branchenlösung zu definieren kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Investitionsschutz von bestehenden Systemen und Prozessen.
- Einheitliche Lösung, basierend auf dem Stand der Technik, welcher aktuell auf Europäischer Ebene definiert wird, sowie dem Nationalen Standard für die Zugbeeinflussung ZBMS.
- Zulassungsprozess auf Basis der bestehenden Regelwerke mittels Nachweis gleicher Sicherheit.

Das Dokument beinhaltet nachfolgende Inhalte geordnet nach Kapitel: 1. Einführung, 2. Grundlagen ATO, 3. Branchenlösung, 4. Umsetzung.

Zusammen mit dem funktionellen Anforderungskatalog dient die Branchenlösung ATO als Grundlage für projektspezifische ATO-Ausschreibungen bei den Meterspurbahnen in der Schweiz. Die Branchenlösung stellt damit die branchenweite Kompatibilität und Kostenoptimierung zum Thema ATO GoA2(+) sicher.

1 Einführung

1.1 Ziel dieses Dokuments

Ziel dieses Dokuments ist die Definition der Branchenlösung ATO - Automatic Train Operation auf dem Level GoA2(+)¹ für die Meterspurbahnen der Schweiz.

Diese Branchenlösung basiert auf dem eingeführten Nationalen Standard für die Zugbeeinflussung ZBMS² und damit implizit auch auf der bisher einzigen Umsetzung ZSI-127 von Siemens. Die Berücksichtigung der Levels GoA3 und GoA4 soll im Sinne einer späteren Migrationsfähigkeit berücksichtigt werden.

Die Branchenlösung ATO beinhaltet in diesem Dokument geordnet nach Kapitel: 1.Einführung, 2. Grundlagen ATO, 3.Branchenlösung, 4. Umsetzung. Separat besteht ein funktioneller Anforderungskatalog, welcher im Kapitel 3.Branchenlösung mit Struktur und Inhalten kurz vorgestellt.

Primäres Publikum sind die interessierten Bahnen der VöV AGr ATO, sowie das Bundesamt für Verkehr (BAV) hinsichtlich Zulassung, Systemführerschaft und Finanzierung. Sekundär dient das Dokument weiteren Interessensgruppen wie potentielle Lieferanten als Informationsquelle.

¹ GoA2 nach UITP, wobei das «+» für die zusätzlich zu berücksichtigen Meterspur spezifischen Funktionen steht

² Alternative Zugbeeinflussungen, wie ZSL-90 sollen mittels Adapter projektspezifisch berücksichtigt werden.

1.2 Generelles Vorgehen nach EN 50126

Das Vorgehen bei der Erarbeitung, Einführung und der Zulassung von ATO erfolgt in Anlehnung an das V-Modell gemäss EN 50126 CENELEC-Norm. Die nachfolgende Branchenlösung ATO ist generisch definiert auf der Stufe «Kunden-Anforderungen» der Design Phase. Das ATO-System wird funktionell abschliessend definiert. Diese Kunden-Anforderungen werden in einem separaten Anforderungskatalog mit Einbezug der Meterspurbahnen erarbeitet und festgehalten.



Abbildung 1 - V-Model nach EN 50126

Tieferliegende Design Phasen müssen zwingend auf den Anwendungsfall angepasst werden und damit im Realisierungsprojekt unter Einbezug der Voraussetzungen der jeweiligen Bahn erarbeitet werden.

Die Branchenlösung konzentriert sich ausschliesslich auf die Definition einer Basisarchitektur (inkl. Zulassung, Schnittstellen) und daraus abgeleitet den funktionellen Anforderungskatalog.

2 Grundlagen ATO

Das nachfolgende Kapitel beinhaltet die relevanten Grundlagen zu ATO.

2.1 Einführung zu Automatisierungsstufen

Die UITP (Internationaler Verband für öffentliches Verkehrswesen) definiert die ATO Funktion wie folgt: *«Automatische Train Operation (ATO) ist der automatisierte Fahrbetrieb, bei dem ganz oder teilweise die Zugsteuerung vom Fahrrechner übernommen wird. Die verschiedenen Grade der Automatisierung reichen von der Bremssteuerung und Fahrsteuerung zur Geschwindigkeitskontrolle, über die Fahrsteuerung und Türsteuerung am Haltepunkt, bis zur möglichen Fernsteuerung für den fahrerlosen Betrieb» [1]*

Automatisierungsgrad	Fahrbetriebsart	Betriebsmodus	Fahren	Bremsen	Türen	Störfall
GoA 0	Fahren auf Sicht	-	Fahrzeugführer	Fahrzeugführer	Fahrzeugführer	Fahrzeugführer
GoA 1	Nicht automatischer Fahrbetrieb	ATP mit Fahrer	Fahrzeugführer	Fahrzeugführer	Fahrzeugführer	Fahrzeugführer
GoA 2	Halbautomatischer Fahrbetrieb	STO (ATP und ATO)	Automatisch	Automatisch	Fahrzeugführer	Fahrzeugführer
GoA 3	Fahrerloser Fahrbetrieb	DTO	Automatisch	Automatisch	Zugbegleiter	Zugbegleiter
GoA 4	Inbegleiteter Fahrbetrieb	UTO	Automatisch	Automatisch	Automatisch	Automatisch

Abbildung 2 - Beschreibung der Automatisierungsstufen

Bei der Wahl der Automatisierungsstufe ist eine Wirtschaftlichkeitsprüfung wichtig. Insbesondere die Abstufung GoA2 zu GoA3 führt zu einem deutlich höheren Aufwand. Dagegen können bereits bei GoA2 viele Systemverbesserungen umgesetzt und genutzt werden.

Bei U-Bahnsystemen wird generell die automatische Zugbeeinflussung CBTC (Communication-Based Train Control) eingesetzt, da die Optimierung der Prozesse und Kosten sowie die Steigerung der Systemkapazität und somit die Attraktivität des Bahnsystems im Vordergrund stehen. Um eine hohe Sicherheit und Systemverfügbarkeit sicherzustellen, weisen CBTC Systeme zudem eine vollständig redundante Architektur auf. Die Bahnsteiggleissicherung ist in den meisten Fällen geschlossen (mittels Plattform Screen Doors, PSD) oder offen (mittels Radarüberwachung) ausgeführt.

2.2 Generische Übersicht über Nutzen und Wirkung

Mit dem Einsatz eines automatisierten Bahnbetriebs können nachfolgende Vorteile optimal ausgeschöpft werden. Der zusammenhängende Nutzen wird in der nachfolgenden Abbildung generisch dargestellt.

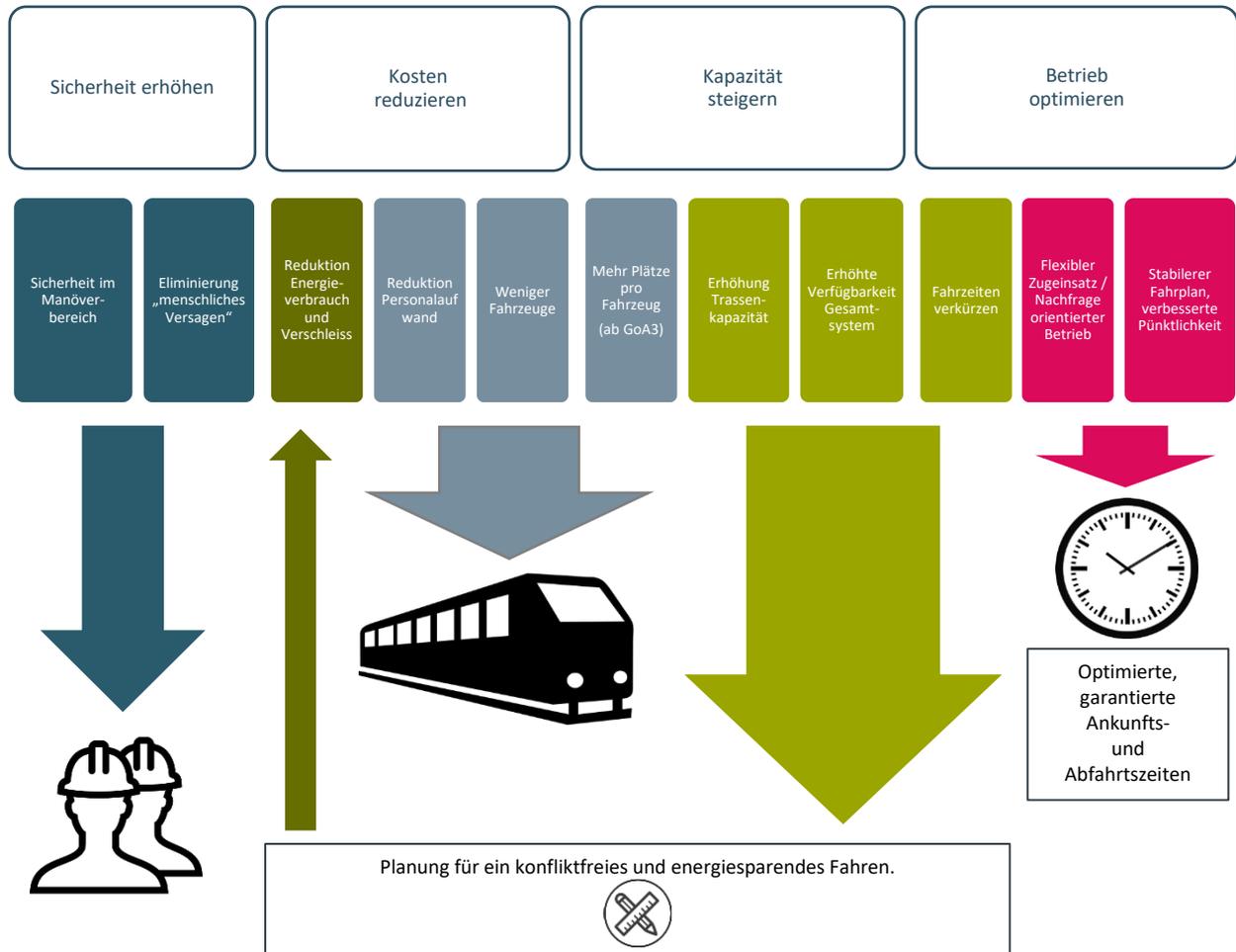


Abbildung 3 - Nutzen und Wirkung eines automatisierten Bahnbetriebs

Diese generische Betrachtung zeigt den generellen Nutzen einer automatisierten Bahn. Eine Bewertung erfolgt jedoch aufgrund der unterschiedlichen Lösungen und Ziele, und den damit verbundenen individuellen Nutzen und Kosten im jeweiligen Anwendungsfall.

Eine erste Bewertung potentieller Pilotprojekte in Bezug auf erwarteten Hauptnutzen wurde durchgeführt.

2.3 Exkurs Automatisierungsstufe GoA2

Aufgrund der aktuellen Fokussierung auf die Automatisierungsstufe Grade of Automation 2 (GoA2) befindet sich in diesem Kapitel ein Exkurs über Definition, Herkunft und Funktionalität.

2.3.1 Definition GoA2 nach EN 62290-1:2014

Die Automatisierungsstufe GoA2 wird nach der EN 62290-1:2014 [2] in wie folgt definiert:

4.2.1.4 Automatisierungsgrad 2 (GOA2): Halbautomatischer Fahrbetrieb

In diesem Automatisierungsgrad befindet sich der Fahrer, der den Fahrweg beobachtet und den Zug im Fall von gefährdenden Situationen anhält, im vorderen Fahrerstand des Zuges. Beschleunigen und Bremsen werden automatisiert, und die Geschwindigkeit wird kontinuierlich durch das System überwacht. Die sichere Abfahrt des Zuges aus der Haltestelle liegt in der Verantwortung des Betriebspersonals (Öffnen und Schließen der Türen kann automatisch erfolgen).

Die Automatisierungsstufe GoA2 beinhaltet den halbautomatischen Fahrbetrieb mit Fahrer (STO), bei welchem die Fahrt vom Start bis Stopp vollautomatisch durchgeführt wird, jedoch das Zugpersonal den Start auslöst und für die Türsteuerung zuständig ist. Im Bedarfsfall kann das Zugpersonal die Fahrsteuerung sofort übernehmen.

2.3.2 Funktionen GoA2

Die Basisfunktionen, welche bei einer Automatisierungsstufe GoA2 vom System übernommen bzw. sichergestellt werden, sind:

- Sicherstellen sicherer Zugbewegung
- Fahren

In der nachfolgenden **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind diese aufgelistet. Die spezifischen GoA2 Basisfunktionen sind farblich umrahmt.

Tabelle 1 – Automatisierungsgrade

Basisfunktionen des Fahrbetriebes		Fahren auf Sicht (Sichtfahrbetrieb)	Nicht automatischer Fahrbetrieb	Halbautomatischer Fahrbetrieb	Fahrerloser Fahrbetrieb	Unbegleiteter Fahrbetrieb
		GOA0	GOA1	GOA2	GOA3	GOA4
Sicherstellen sicherer Zugbewegungen	Sicherstellen einer sicheren Fahrstraße	x (Weichen stellen und überwachen im System)	System	System	System	System
	Sicherstellen der sicheren Abstandhaltung von Zügen	x	System	System	System	System
	Sicherstellen der sicheren Geschwindigkeit	x	x (teilweise überwacht durch System)	System	System	System
Fahren	Steuern und Überwachen von Beschleunigen und Bremsen	x	x	System	System	System
Überwachen des Fahrweges	Verhindern eines Zusammenstoßes mit Hindernissen	x	x	x	System	System
	Verhindern eines Zusammenstoßes mit Personen im Gleis	x	x	x	System	System
Überwachen des Fahrgastwechsels	Steuern und Überwachen der Fahrgastraumtüren	x	x	x	x	System
	Verhindern der Verletzung von Personen zwischen Wagen oder Bahnsteig und Zug	x	x	x	x	System
	Sicherstellen der sicheren Anfahrbedingungen	x	x	x	x	System
Betreiben eines Zuges	Einsetzen/Aussetzen	x	x	x	x	System
	Überwachung des Zugstatus	x	x	x	x	System
Sicherstellen des Erkennens und der Bewältigung von Notfallsituationen	Ausführen der Zugdiagnose, Erkennen von Feuer/Rauch und Entgleisung, Bemerken des Verlustes der ZuginTEGRITÄT, Behandeln von Notfallsituationen (Ruf/Evakuierung/Überwachung)	x	x	x	x	System und/oder Personal in OCC
ANMERKUNG		x = Verantwortlichkeit von Betriebspersonal (kann durch UGTMS-System realisiert werden)		System = muss durch UGTMS-System realisiert werden		

Abbildung 4 - Basisfunktionen pro Automatisierungsstufe

2.3.3 Vergleich GoA0 – GoA1 – GoA2

Aus einer GoA0 Betrachtung (Fahren auf Sicht) heraus, setzt sich die GoA2 Stufe demnach aus folgenden Funktionen zusammen:

Definition GoA2 nach EN 62290-1:2014

Aus einer GoA0 Betrachtung heraus, setzt sich die GoA2 Stufe wie folgt zusammen:

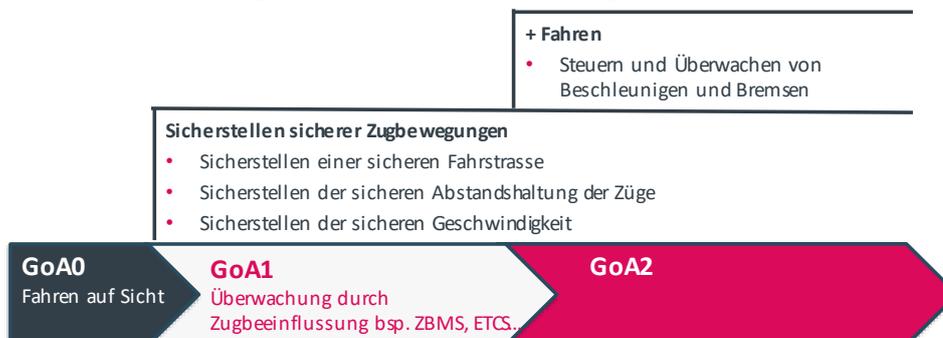


Abbildung 5 - GoA2 im Vergleich zu GoA0

Im Vergleich zu GoA1 (entspricht einer Bahn mit Zugbeeinflussung wie beispielsweise ZBMS, ETCS...) muss zusätzlich die Basisfunktion «Fahren» erfüllt werden.

2.3.4 GoA2 Basisfunktion Fahren

In der EN 62290-2:2014-01 [3] werden alle Funktionen und Anforderungen beschrieben, die notwendig sind, um einen Zug automatisch in der GoA2 Stufe fahren zu können. Die «Basisfunktion Fahren» berücksichtigt Themen wie Energieeinsparung, Zugsicherungsprofil und Anhaltpositionen. Die dabei zwingend einzuhaltenden beschriebenen Anforderungen sind:

- Bestimmung des Betriebsgeschwindigkeitsprofils
«Determine operating speed profile»
- Steuern der Zugfahrt in Übereinstimmung mit dem Betriebsgeschwindigkeitsprofil
«Control train movement in accordance with train operating speed profile»
- Anhalten des Zuges an/bei der nächsten Haltestelle
«Stop the train at the next station «
- Halten des Zuges an/bei der Haltestelle
«Hold train at the next station»
- Überspringen einer Haltestelle
«Skip station stop»

2.3.5 Zusammenfassung Automatisierung GoA2

Auf Stufe GoA2 bleibt der Fahrzeugführer für die Sicherheit auf dem Fahrzeug, der Strecke und am Bahnsteig verantwortlich, während die Beschleunigung und Verzögerung des Fahrzeuges automatisiert und vom System kontinuierlich überwacht wird. Dadurch obliegt die Verantwortlichkeit der sicheren Abfahrt weiterhin dem Fahrzeugpersonal (Türöffnung und -schliessung kann automatisch erfolgen).

Die Stufe GoA2 inkludiert fünf Basis-Anforderungen, welche zwingend umzusetzen sind:

1. Bestimmung des Energie- und Fahrplaneinhaltung optimierten Betriebsgeschwindigkeitsprofils
2. Steuern der Zugfahrt in Übereinstimmung mit dem Betriebsgeschwindigkeitsprofil
3. Anhalten des Zuges an/bei der nächsten Haltestelle
4. Halten des Zuges an/bei der Haltestelle
5. Überspringen einer Haltestelle

Eine Umstellung auf GoA2 legt auch die Basis für eine künftige Automatisierung der Stufen GoA3 und GoA4. Aber schon mit GoA2 können Optimierungsaspekte wie Sicherheitserhöhung, Kostenreduktion, Kapazitätssteigerung und Betriebsoptimierung erreicht werden.

3 Branchenlösung ATO GoA2(+)

Der Schwerpunkt der Branchenlösung der Meter- und Spezialspurbahnen der Schweiz liegt bei der Definition der Basisarchitektur mit Standardschnittstellen und gemäss der Definition der Automatisierungsstufen in Abbildung 4 - Basisfunktionen pro Automatisierungsstufe. Das + bei GoA2(+) deutet auf zusätzliche Funktionen gegenüber GoA2 hin. Dies können zusätzliche Funktionen von GoA3 sein oder meter-spurspezifische Anforderungen, wie die Betriebsartumschaltung beim Wechsel von Adhäsions- auf Zahnstangenstrecken.

3.1 Definition

Bei möglichen Ansätzen wird zwischen Individual-, Branchen- und Standardlösung unterschieden. Unter einer **Individuallösung** wird eine projektspezifische Lösung, welche auf dem jeweiligen, bestehenden System einer bestimmten Bahn basiert und darauf aufgebaut wird. Unter **Standardlösung** wird ein bereits auf dem Markt bestehendes System (Einkauf bestehende Lösung, z. B. eines CBTC-Systems), welches für alle Bahnen gleich angewendet wird, d. h. ohne Verwendung deren bestehender Systeme, verstanden. Demgegenüber soll die **Branchenlösung** eine optimale Balance zwischen Individual- und Standardlösungen verfolgen und gleichzeitig ein Lieferantenmonopol verhindern. Die Anforderungen der verschiedenen Lösungen werden in der nachfolgenden Tabelle zusammenfassend aufgelistet.

	Individuallösungen	Branchenlösung	Standardlösung
Optimierungsziel	Betriebsoptimiert auf einzelne Bahnen	Kosten- und Standard optimiert für alle Bahnen	Einheitliches neues System
Investitionsschutz bestehende Systeme	Auf bestehende Systeme aufgebaut	Auf bestehendem System basierend	Bestehende Systeme müssen ersetzt werden
Kosten	Hohe einzelne Entwicklungskosten	Kostenoptimiert über alle Bahnen	Sehr hohe Abschreibungskosten da vorzeitiger Ersatz von bestehenden Systemen
Schnittstellen	Unterschiedliche Schnittstellen	Sinnvolle Anzahl von einheitlichen Schnittstellen	Standard-Schnittstellen
Zulassung	Individuelle Zulassungen	Eine Zulassung mit Abweichungen	Eine Zulassung
Lösungsart	Heterogen	Homogen	Homogen

Abbildung 6 - Anforderung Branchenlösung

3.2 Ziele

Aus den Anforderungen an die Branchenlösung werden folgende Ziele abgeleitet:

- Bestmögliche Harmonisierung der Meter- und Spezialspurbahnen der Schweiz
- Investitionsschutz durch weitest gehenden Einbezug bestehender Systeme und Prozesse
- Optimierung der Kostentreiber -> Wirtschaftlichkeit
- Flexibilität in der Umsetzung
- Bestmögliche Herstellerunabhängigkeit mit offenen Schnittstellen
- Einheitliche Zulassung

3.3 Einbettung in nationale und europäische Standards

Die Einbettung der Branchenlösung basiert auf den nachfolgenden Säulen:

- Nationaler Standard Zugbeeinflussung ZBMS.
- Standardschnittstellen, welcher für ATO aktuell auf Europäischer Ebene definiert wird.
- Abgleich mit dem nationalen Projekt SmartRail 4.0.

Diese werden nachfolgend erläutert.

3.3.1 Nationaler Standard Zugbeeinflussung ZBMS

ZBMS ist ein nationaler Standard für Bahnen in der Schweiz, welche nicht zu ETCS migrieren [4]. Gemäss dem ZBMS Standard sollen die Harmonisierung der Ausrüstung, die Austauschbarkeit von Rollmaterial, die Unabhängigkeit von einem einzelnen Lieferanten sowie die langfristige Verfügbarkeit von Komponenten mehrerer Lieferanten gefördert werden (ZBMS basiert auf ETCS Komponenten). Dadurch soll die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems erhöht werden. Zum aktuellen Zeitpunkt gibt es eine eingeführte Zugbeeinflussung nach Standard ZBMS, nämlich ZSI-127 von SIEMENS.

Es wird davon ausgegangen, dass die Schnittstelle zwischen ZSI-127 Fahrzeug und ATO-Fahrzeug offen und zum Realisierungszeitpunkt gemäss SUBSET-130 definiert (die Erklärung dazu folgt im nächsten Kapitel) verfügbar sein wird.

Alternative Zugbeeinflussungen, wie ZSL-90 sollen mittels Adapter projektspezifisch berücksichtigt werden.

3.3.2 Standardschnittstellen und aktuelle Entwicklungen ATO

Im Bereich Vollbahn und ETCS wird die ATO-Funktion bereits eingesetzt. Da ZBMS auch auf ETCS-Komponenten basiert, wird für die Branchenlösung die «ATO over ETCS» Systematik herangezogen.

In England wird 2018 die weltweit erste Vollbahn mit «ATO über ETCS L2» auf GoA Stufe 2 eingesetzt. Diese Lösung sieht ein ETCS Level 2 vor und stellt einen Automatisierungsgrad von maximal GoA2 sicher. Dank der ATO-Funktion muss der Fahrer lediglich noch den Abfahrtsbefehl tätigen. Der Zug fährt daraufhin bis zum nächsten Halt mit einer Genauigkeit von ± 50 cm.

Das unter der europäischen Shift2Rail Initiative laufende «Innovation Programme 2» mit Untertitel «Advanced Traffic Management and Control Systems» entwickelt und validiert aktuell den ATO-Standard (Details unter <https://shift2rail.org>).

Publiziert wurde bisher das Dokument ERTMS Users Group, EUG Reference: 13E137, Version 1.7, ATO OVER ETCS OPERATIONAL REQUIREMENTS [5], welches als Basis für den Anforderungskatalog verwendet wurde. Des Weiteren wurde die Terminologie für die Schnittstellen aus diesem Dokument übernommen. Inhaltlich sind die ersten dieser Definitionen per 2. Halbjahr 2018 angekündigt.

3.3.3 Abgleich mit dem Innovationsprogramm der Schweizer Bahnbranche «SmartRail 4.0»

Über die Gruppe ATO innerhalb des Innovationsprogramms der Schweizer Bahnbranche «SmartRail 4.0» findet ein regelmässiger Austausch zwischen Normal- und Meterspur statt. Die Branchenlösung der Meterspur wird in SmartRail 4.0 diskutiert und freigegeben. Damit ist der Austausch zum nationalen Innovationsprogramm gewährleistet.

3.4 Basisarchitektur ATO

Die Basisarchitektur ATO umfasst unmittelbar verschiedene Schnittstellen, welche in der Abbildung 7 schematisch abgebildet sind.

Die im Bild dargestellten Schnittstellen, genannt Subsets³ 125, 126, 130, 131, 132, 139 und 140 (SRS – System Requirements Specification), werden von der S2R (Shift2Rail) derzeit definiert und beschreiben die Schnittstellen der unterschiedlichen Komponenten im ATO over ETCS Szenario. Die Verwendung der Schnittstellen für die Meter- und Spezialspurbahnen der Schweiz werden nach deren Veröffentlichung abschliessend geprüft.

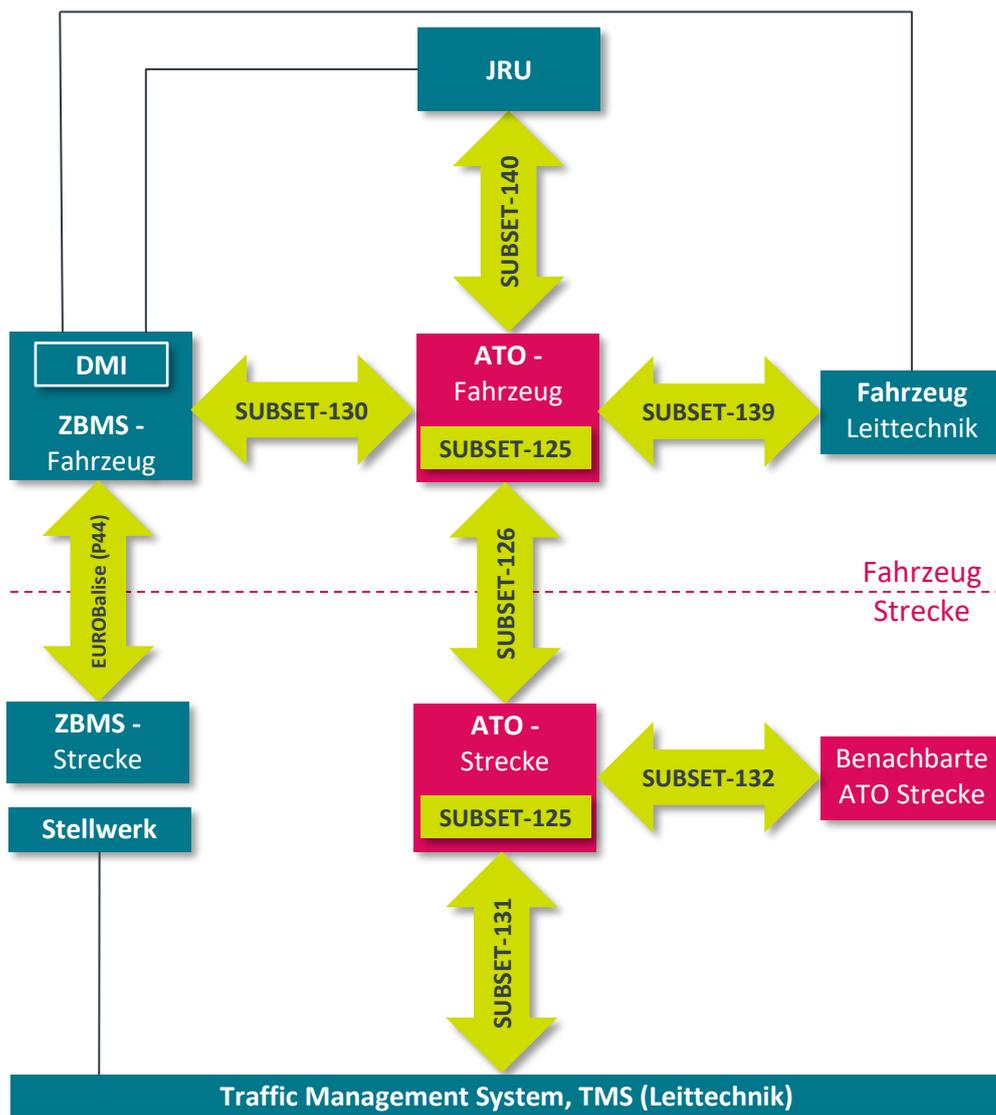


Abbildung 7 - Basisarchitektur ATO GoA2(+)

Aktuell wird davon ausgegangen, dass die Schnittstelle Subset-139 immer individuell auf die Fahrzeuge angepasst werden muss, solange ATO nicht in Neufahrzeuge, welche hierzu künftig bereits einen Standard in der Leittechnik bieten. Die grosse Herausforderung wird, insbesondere unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Umsystem Landschaften der Bahnen gemäss Kapitel 0 bei der Schnittstelle Subset-131 erwartet.

³ Subsets entspricht SRS – System Requirements Specification Definition in Arbeit gemäss Shift2Rail

3.5 Funktionale Anforderungen und benötigte Informationen im Gesamtsystem

Die funktionalen Anforderungen an ATO-Systeme werden in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. ATO - Fahrzeug erhält von der Zugbeeinflussung die Überwachungsinformationen, welche dann mithilfe der Fahrordnung und der Infrastrukturdaten zu einem betrieblichen Geschwindigkeitsprofil verarbeitet werden. Dieses Profil berücksichtigt betriebliche Aspekte, wie energiesparendes Fahren, sodass die vorgegebene Fahrordnung mit minimalem Energieverbrauch eingehalten werden kann. Diese Informationen über das betriebliche Geschwindigkeitsprofil werden in Beschleunigungs- und Bremsbefehle übersetzt und an den Zug gesendet.

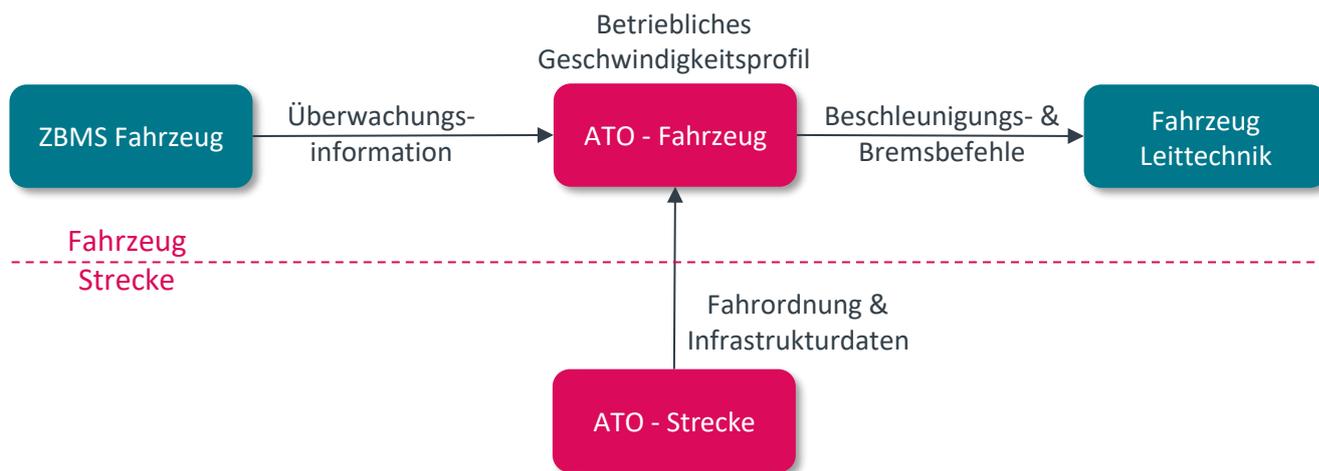


Abbildung 8 - Funktionale Anforderungen ATO

Benötigte Informationen aus und zu Umsystemen entsprechend sind:

Titel	Beschreibung	Referenzierte Anforderung
Überwachungs-information	ATO – Fahrzeug braucht von ZBMS Fahrzeug die Überwachungsinformationen. Diese beinhaltet die erlaubten Höchstgeschwindigkeiten in Funktion des Wegs / Strecke.	ATO-1.2-R1
Fahrordnung	ATO – Fahrzeug braucht von ATO-Strecke aus den Umsystemen die Fahrordnung, also die zeitliche Abfolge der Fahrt. Diese beinhaltet die Durchfahrts- oder Ankunft- und Abfahrtszeiten an Streckenpunkten der Haltestellen oder auf der Strecke in Funktion des Wegs / Strecke.	ATO-2.2-R2 ATO-2.2-R4
Infrastrukturdaten	ATO – Fahrzeug braucht von ATO-Strecke aus den Umsystemen die Infrastrukturdaten. Diese beinhaltet die Längsneigung, die Abfolge der Streckenpunkte sowie zusätzliche Informationen wie Tunnel etc. in Funktion des Wegs / Strecke.	GP-R8 ATO-1.1-R2
Beschleunigungs- & Bremsbefehle	ATO – Fahrzeug steuert die Traktion und die Betriebsbremse des Fahrzeugs an.	ATO-1.1-R12 ATO-6-R1 ATO-6-R2 ATO-6-R5 ATO-6-R6 ATO-6-R7

3.6 Funktioneller Anforderungskatalog

Die Struktur und ein Entwurf eines funktionellen Anforderungskatalogs auf Basis der Funktion nach GoA2(+) wurde gemeinsam mit den Bahnbetreibern definiert. Durch die Konsolidierung wurden die gesammelten Anforderungen bereinigt. Als Resultat wird ein strukturierter, funktioneller Anforderungskatalog zusammengestellt.

3.6.1 Struktur

Die Basis für die Struktur der Anforderungen wurden angelehnt an [5] ERTMS Users Group, EUG Reference: 13E137, Version 1.7, ATO OVER ETCS OPERATIONAL REQUIREMENTS. In der nachfolgenden Abbildung wird die Struktur und die daraus abgeleiteten Unterkapitel aufgezeigt.



Abbildung 9 - Struktur Anforderungskatalog

3.6.2 Anforderungen im Überblick

Die aus an [5] ERTMS Users Group, EUG Reference: 13E137, Version 1.7, ATO OVER ETCS OPERATIONAL REQUIREMENTS abgeleiteten Anforderungen für die Branchenlösung werden nachfolgend aufgelistet und erklärt.

- 2.1 Allgemeine Grundsätze: Beinhaltet Grundsätze zu Interoperabilität, Austauschbarkeit, Kompatibilität, Anpassungsfähigkeit und Sicherheit des ATO-Systems
- 2.2 Leistung & Energieeffizienz: Beinhaltet Anforderungen zur Gesamtleistung und Energieeffizienz des ATO-Systems
- 2.3 Verkehrsmanagement: Beinhaltet Anforderungen um den Betrieb einer ganzen Linie oder eines kompletten Netzwerks zu verwalten und zu überwachen
- 2.4 Rangier-, Service- & Abstellanlagen: Beinhaltet den Transfer zwischen kommerziellem Betrieb und Fahrzeugabstellung
- 2.5 Sicherheit: Beinhaltet Anforderungen betreffend den Sicherheitsfunktionen, die für den Betrieb von ATO erforderlich sind. ATO ist kein sicherheitskritisches System, daher müssen Sicherheitsfunktionen von anderen Systemen verwaltet werden, z.B. ZBMS, ETCS

- 2.6 Betrieb: Beinhaltet Anforderungen betreffend Zugvorbereitung, Erstellen und Auflösen von Mehrfachtraktionen, Information, Bedienung mittels DMI
- 2.7 Traktionssteuerung: Beinhaltet Anforderungen betreffend Steuerung der Traktion (Beschleunigen & Bremsen)
- 2.8 Überwachung Fahrt: Beinhaltet Anforderungen zu Überwachung und damit die Schnittstelle zu externen Systemen
- 2.9 Überwachung Fahrgastwechsel und Be-/Entladen: Beinhaltet Anforderungen zu Überwachung Fahrgastwechsel im Passagierbetrieb, Anhalten eines ATO-betriebenen Zuges an einer genauen Stelle, sowie Anbindung von externen Systemen zum Be- und Entladen für Güterzüge
- 2.10 ATO-Status & -Fehler: Beinhaltet Anforderungen zu ATO-Status & -Fehler Überwachung

Das Kapitel 3.0 ATO over ZBMS Zusätze (+) des Anforderungskatalogs beinhaltet spezifische oder zusätzlich gewünschte Funktionen, welche die jeweiligen Bahnen modular dazu bestellen. Mögliche Beispiel dazu die Betriebsartumschaltung Adhäsion/Zahnrad oder Funktionen aus höheren GoA-Levels.

Um die funktionalen Anforderungen in eine Abhängigkeit zu bringen wird ein Anwendungsfall untenstehend illustriert.

3.6.3 Funktionsbeschreibung Anwendungsfall⁴ «Sicheres Anhalten an Haltestelle»

In der nachfolgenden Abbildung wird ein Beispiel für die Funktionsbeschreibung des Anwendungsfalles «Sicheres Anhalten an Haltestelle» veranschaulicht. Die einzelnen Anforderungen aus dem Anforderungskatalog werden dabei in Abhängigkeit dargestellt. Auf eine generische Entwicklung aller Anwendungsfälle wird vorerst verzichtet, viel mehr werden die projektrelevanten Anwendungsfälle während der Realisierungsprojekte zusammen mit dem Systemlieferanten erarbeitet.

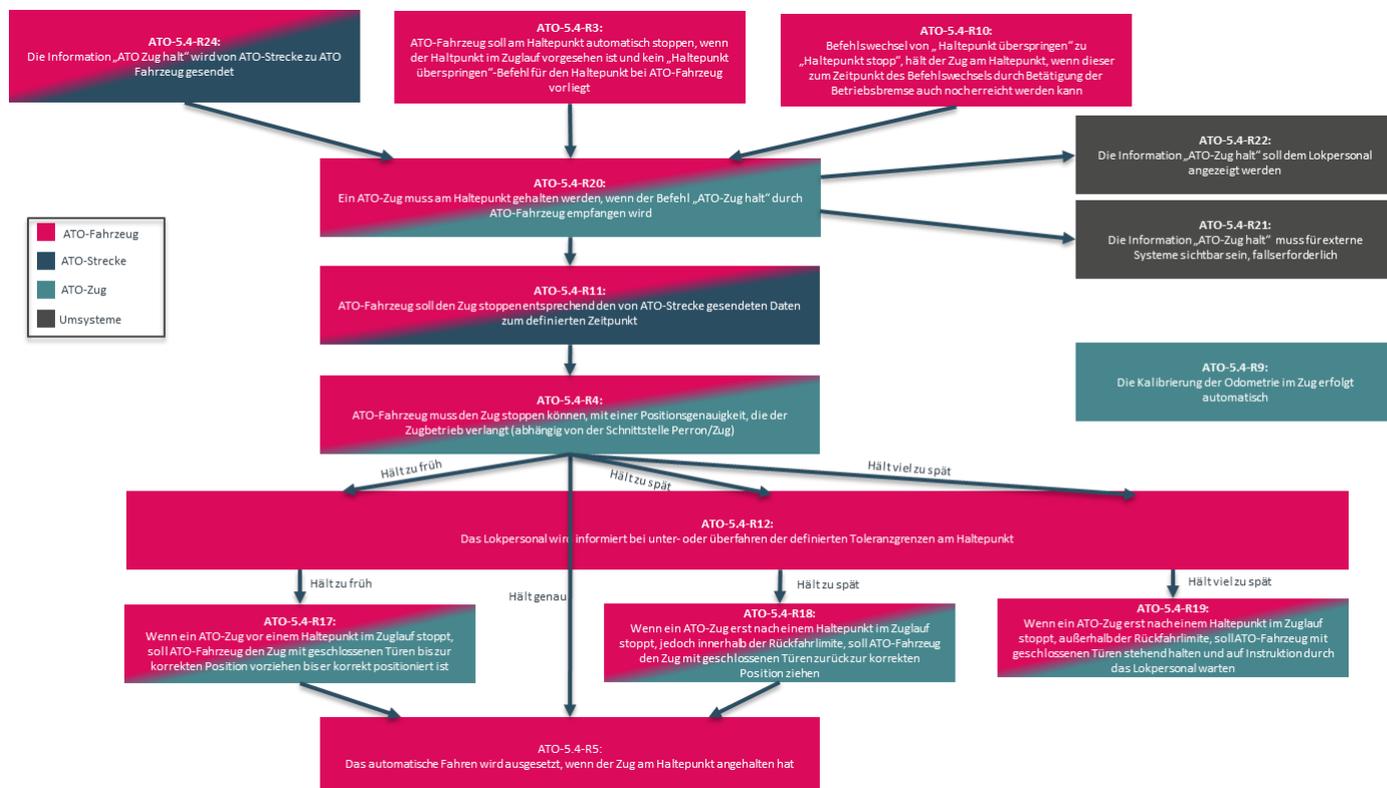


Abbildung 10 - Funktionsbeschreibung Anwendungsfall «Sicheres Anhalten an Haltestelle»

⁴ Anwendungsfall wird umgangssprachlich auch Use Case genannt und in der Verifikation und Validierungs-Phase für den systemweiten Feldtest nach V-Modell, EN50126 verwendet.

4 Umsetzung

Nachfolgendes Kapitel behandelt die Rahmenbedingungen für die Umsetzung einzelner ATO GoA2(+) Anwendungen.

4.1 Einleitung

Am 20. April 2018 stellte die VöV AGr ATO ihr Vorhaben und dessen momentaner Stand dem BAV (Sektion Zulassung und Sektion Betrieb) bei einem informellen Treffen vor. Dieses Treffen basierte auf dem sechs Monate davor stattgefundenen Treffen zwischen der BLT und dem BAV bezüglich der schrittweisen Einführung innovativer Technologien bei der Waldenburgerbahn. Im Ergebnis unterstützt das BAV den gewählten Ansatz mit ZBMS als Basis und bestätigt ein schrittweises Vorgehen als den richtigen Weg. Es soll eine Branchenlösung angestrebt werden, welche durch die VöV AGr ATO mit diesem Dokument erarbeitet wird.

Bei einem ersten Schritt auf GoA2 sieht das BAV keine grossen Änderungen auf das Gesamtsystem zukommen. Fokus hierbei sollte beim veränderten Rollenbild des Triebfahrzeugführers liegen, der weiterhin in voller Verantwortung ist, jedoch selber weniger aktiv wird und mehr eine Überwachungsfunktion übernimmt. Diese Auswirkungen werden insbesondere im Kapitel 4.4 - Integration von ATO in bestehende Systemlandschaften betrachtet.

Der angestrebte Prozess für die Zulassung wird in Kapitel 4.2 - Zulassung beschrieben, welcher die Inputs des BAVs einbezieht.

4.2 Zulassung

Für die Zulassung von ATO Lösungen wird das BAV vorerst keine Anpassung der AB-EBV vornehmen, sondern ein Antrag auf Abweichung zur EBV gemäss Artikel 5 soll vorgelegt werden.

In einem ersten Schritt braucht es eine generische Risikoanalyse für das Gesamtsystem.

Für die konkreten einzelnen Umsetzungen braucht es die Erstellung eines Ausnahmeantrags für die AB-EBV mit entsprechender Risikobeurteilung mit den Inhalten Fahrzeug, Infrastruktur und Betriebsprozesse.

4.3 Migrationsplanung

Die in der VöV AGr ATO vertretenen Bahnen gehen mittelfristig von einem flächendeckenden Rollout von GoA2 entsprechend der Branchenlösung aus. Darauf aufbauend dürften sich langfristig auch die höheren GoA Levels 3 und 4 etablieren.

4.4 Integration von ATO in bestehende Systemlandschaften

Die Integration der ATO-Lösung in die bestehenden Systemlandschaften der jeweiligen Bahnen erfolgt zwischen dem Traffic-Management-Tool auf der Infrastrukturseite und der Fahrzeug Leittechnik.

Konkret wird mit einer ATO GoA2 Lösung der Fahrshalter (Beschleunigungs- & Bremsbefehle) automatisch angesteuert auf Basis der Fahrordnung aus dem Traffic-Management-Tool, der Überwachungsinformation der Zugbeeinflussung und der Infrastrukturdaten.

4.4.1 Generische Integration von ATO

Nachfolgende Darstellung visualisiert generisch die Integration von ATO in die bestehende Systemlandschaft der Meterspur- und Spezialbahnen der Schweiz. Farblich in Rot sind die Systeme gekennzeichnet, welche mit der ATO Funktion dazukommen, jene in Blau welche mit Schnittstellen erweitert werden und in Schwarz eine Auswahl jener Systeme, welche nicht direkt, jedoch indirekt von einer Integration von ATO betroffen sind. Diese Systeme sind indirekte Datenquellen von Informationen, die ATO benötigt oder sind betroffen von Daten die ATO generiert. Gemäss Kapitel 1.2, Generelles Vorgehen nach EN 50126 werden die entsprechende Anforderungen an Subsysteme zwischen den Experten der Systemlieferanten und jenen der Bahnen in einem späteren Schritt erarbeitet.

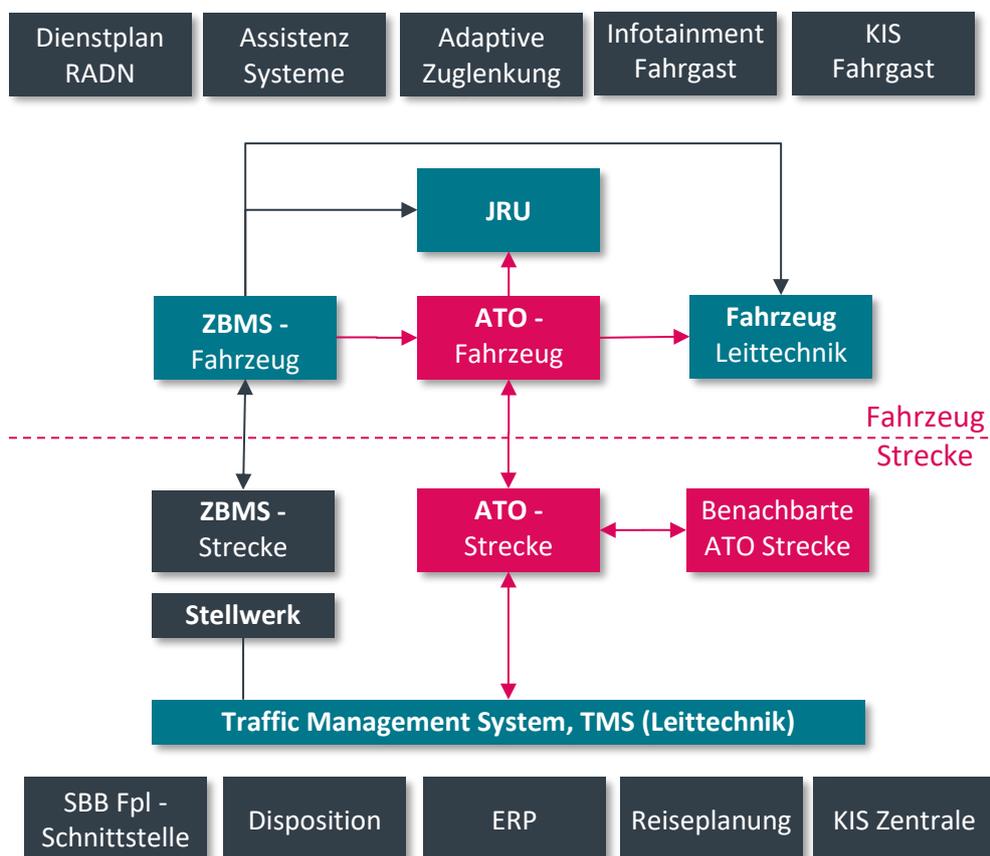


Abbildung 11 - Generische Integration von ATO

4.4.2 Spezifische Integration von ATO zu berücksichtigende Systemlandschaften

Zur Aufnahme und Vergleich des Ist-Zustands der Systemlandschaft werden die in Betrieb stehenden Systeme von zb, BLT, RBS, Forchbahn, RhB und MGB innerhalb dieses Kapitels zusammengefasst und dargestellt (Liste der Systemlandschaft siehe Excel 01-03-00090-0). Darin wurde auch eine erste Bewertung potentieller Pilotprojekte in Bezug auf erwarteten Hauptnutzen wurde inertial durchgeführt.

Die Abbildung ist so aufgebaut, dass die fahrzeugseitigen Systeme im oberen Teil und die streckenseitigen Systeme im unteren Teil dargestellt sind. Die Schnittstelle, Kopplung und Kommunikation der Systeme wird durch grüne Pfeile symbolisiert.

Die erfassten Systemlandschaften dienen als Basis für die spätere Analyse der Integrationsaufwendungen und des Migrationsbedarfs der einzelnen Systemlandschaft.

Nach dem Industriedialog wird es möglich sein, einerseits individuell pro Projekt Kosten und Nutzen gegenüber zu stellen und andererseits die These der Branchenlösung im Sinn von Kosten für die generische ATO-Lösung versus Kosten für die spezifische Integration (individuelle Anpassungen der ATO-Lösungen und Investition in Umsysteme) zu bestätigen oder zu dementieren.

4.4.2.1 Systemlandschaft zb

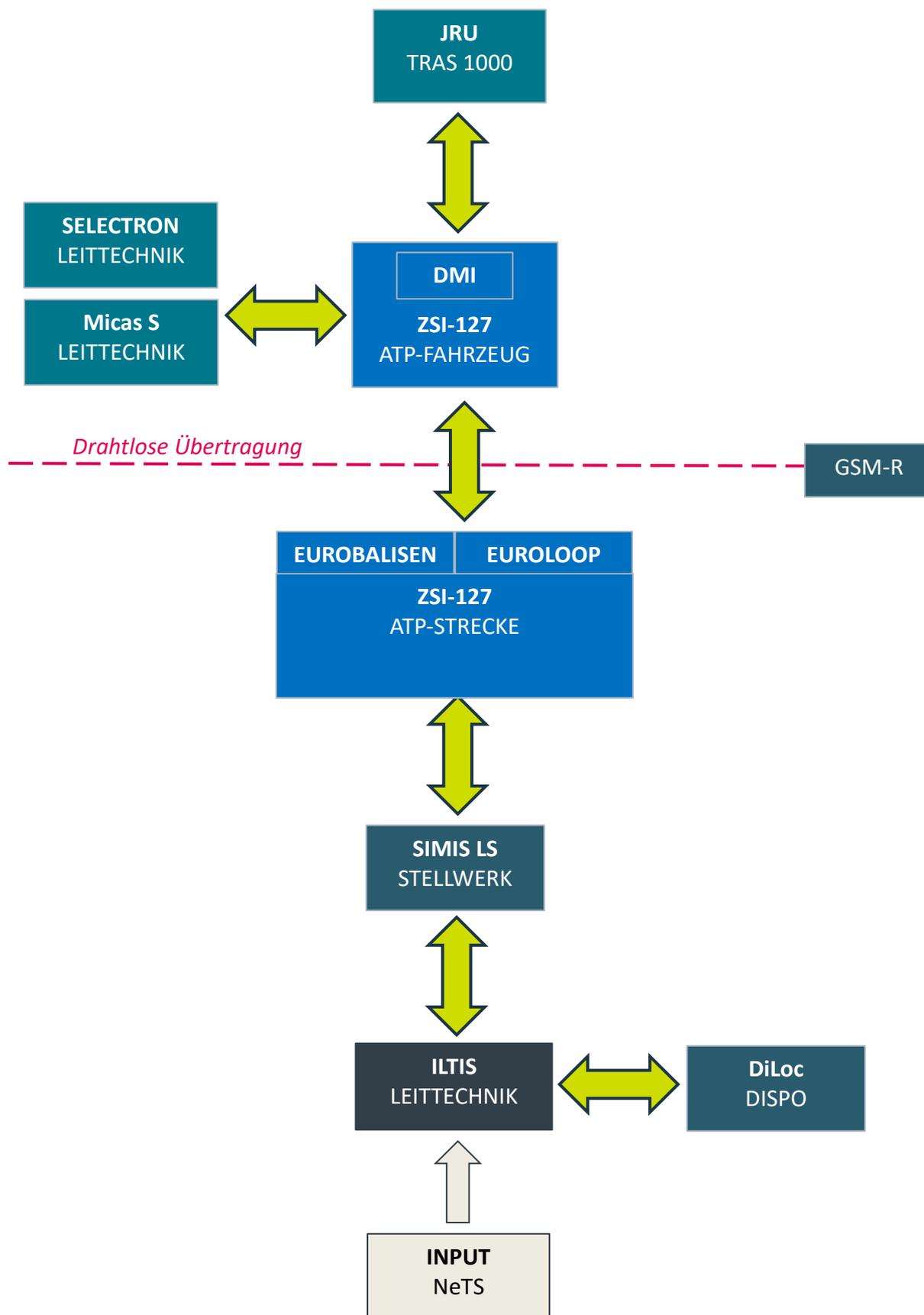


Abbildung 12 - Systemlandschaft zb

4.4.2.2 Systemlandschaft BLT

Die BLT setzt bei der Strecke Liestal – Waldenburg künftig die Zugsicherung ZSI-127 gemäss ZBMS ein.

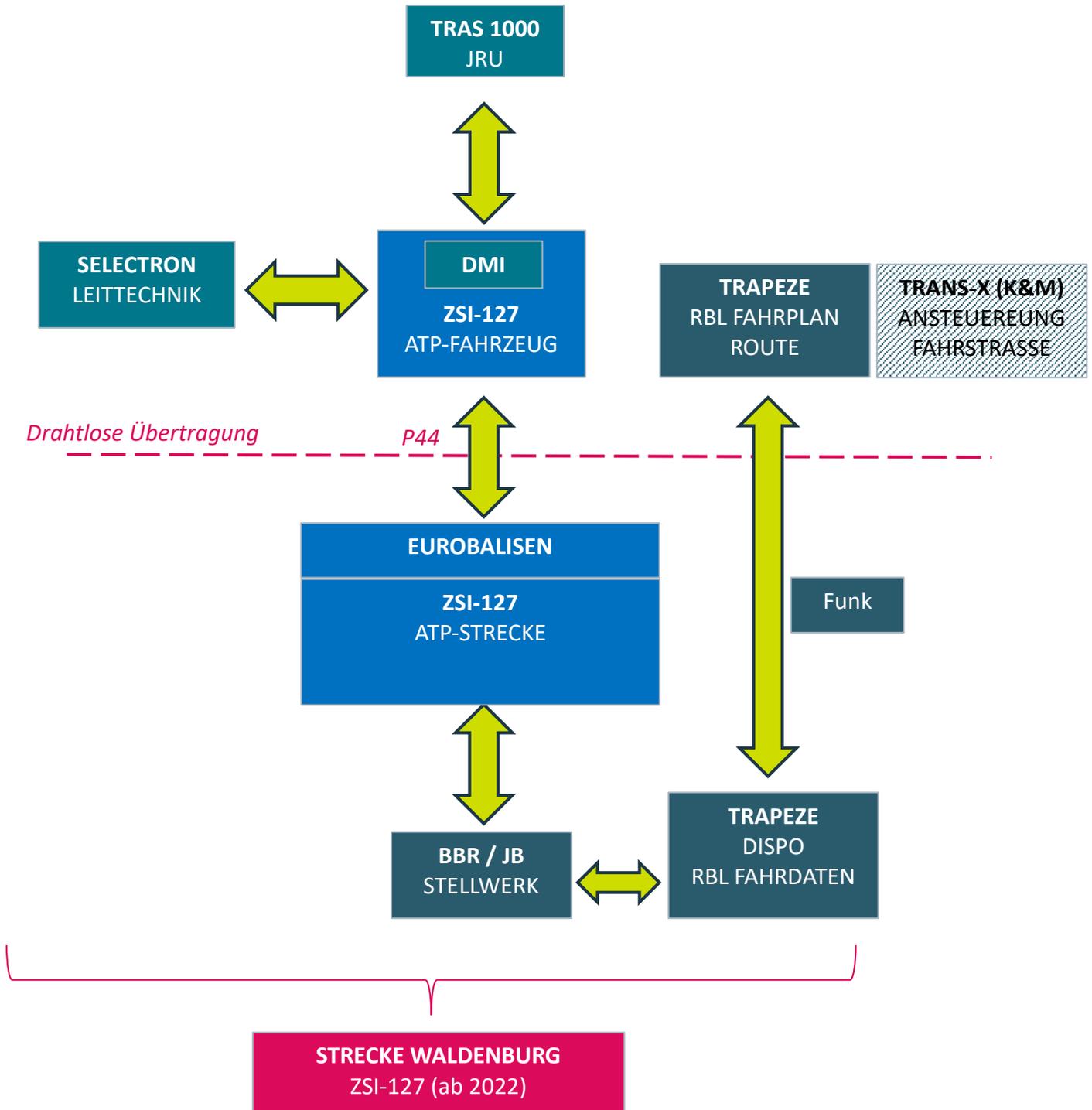


Abbildung 13 - Systemlandschaft BLT

4.4.2.3 Systemlandschaft RhB

In dieser Systemlandschaft wird nur die ZSI-127 von Siemens dargestellt, da die vorhandene ZSI90 abgelöst wird.

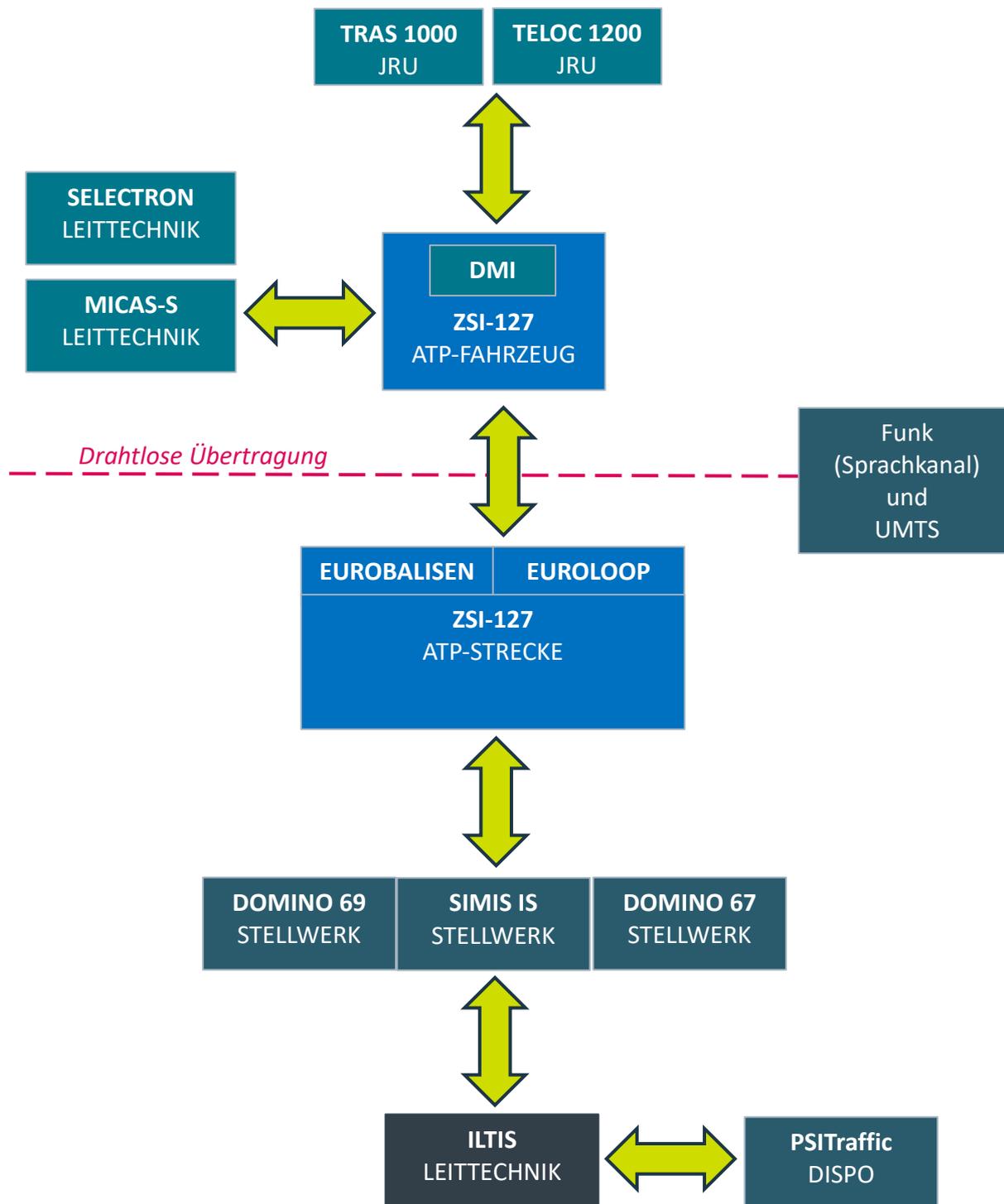


Abbildung 14 - Systemlandschaft RhB

4.4.2.4 Systemlandschaft MGB

Die MGB setzt die Zugsicherung ZSI-127 gemäss ZBMS ein.

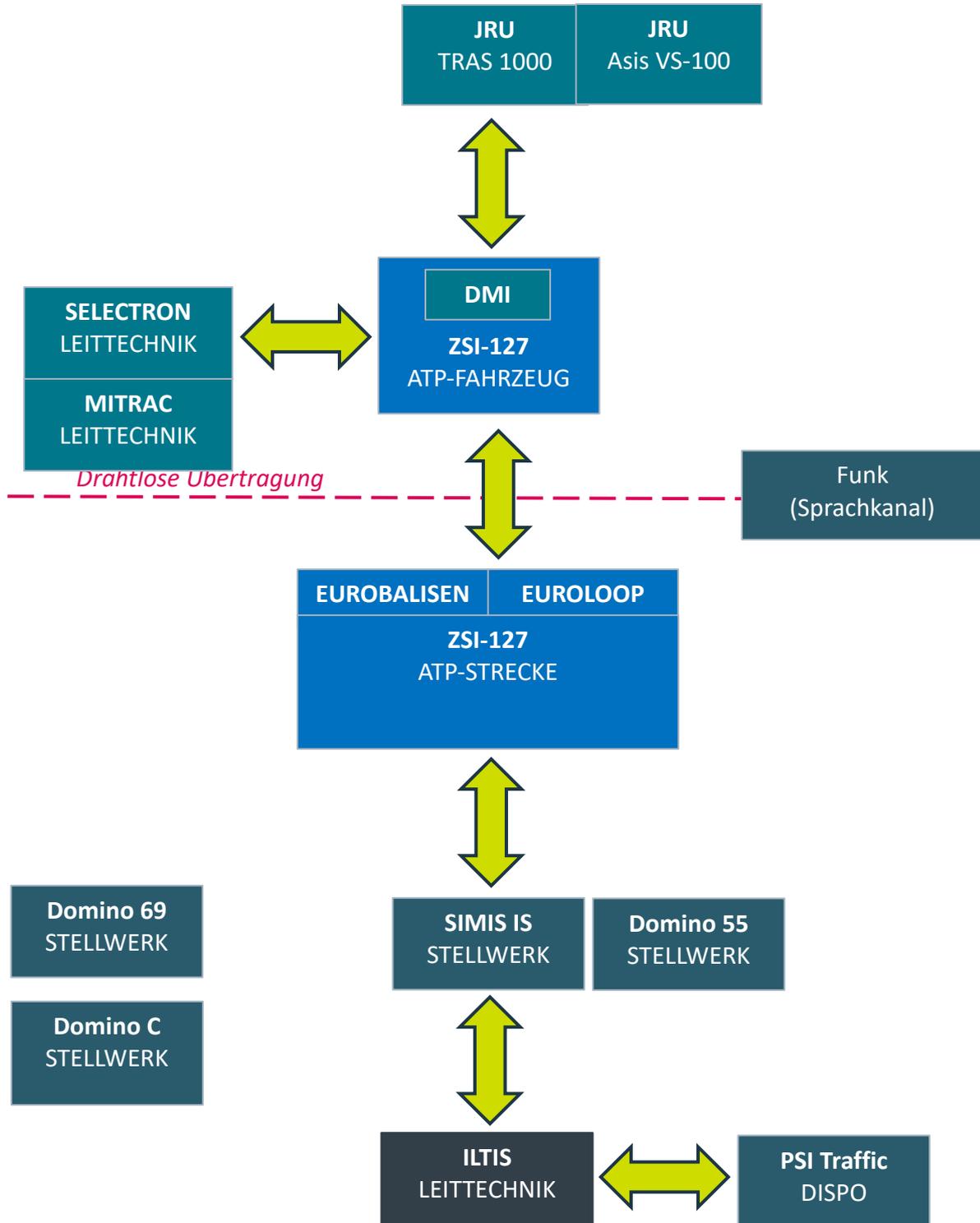


Abbildung 15 - Systemlandschaft MGB

4.4.2.5 Systemlandschaft Forchbahn

Die Forchbahn setzt die Zugsicherung ZSL-90 ein. Die ZSL-90, ist ein Zugsicherungssystem, welche die Zugfahrt kontinuierlich hinsichtlich Geschwindigkeit und Beachtung von Signalaufträgen überwacht. Im Teil VBZ Netz, wird auf Sicht gefahren.

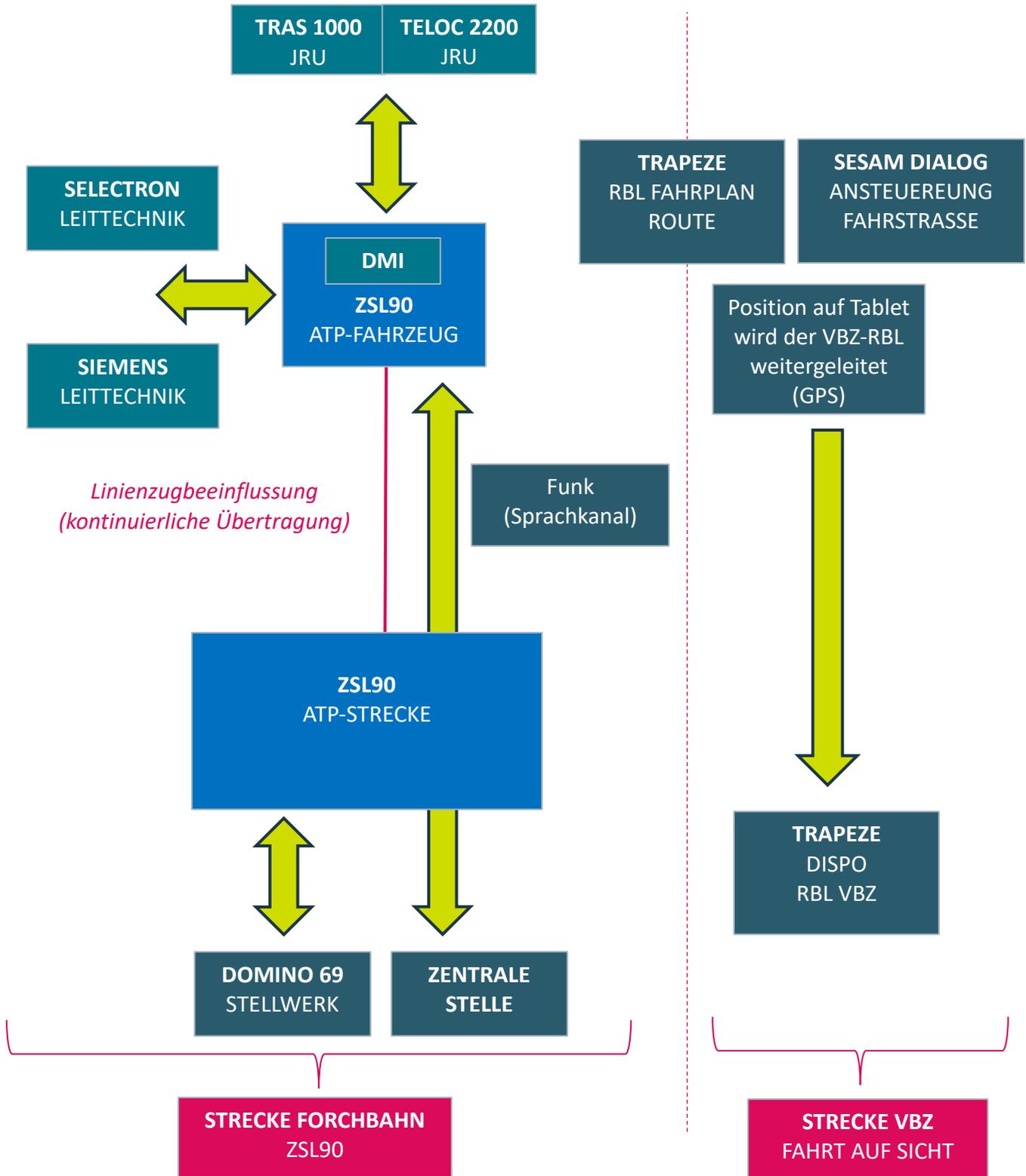


Abbildung 16 - Systemlandschaft Forchbahn

4.4.2.6 Systemlandschaft RBS

RBS setzt die Zugsicherung ZSL-90 ein. Die ZSL-90, ist ein Zugsicherungssystem, welche die Zugfahrt kontinuierlich hinsichtlich Geschwindigkeit und Beachtung von Signalaufträgen überwacht.

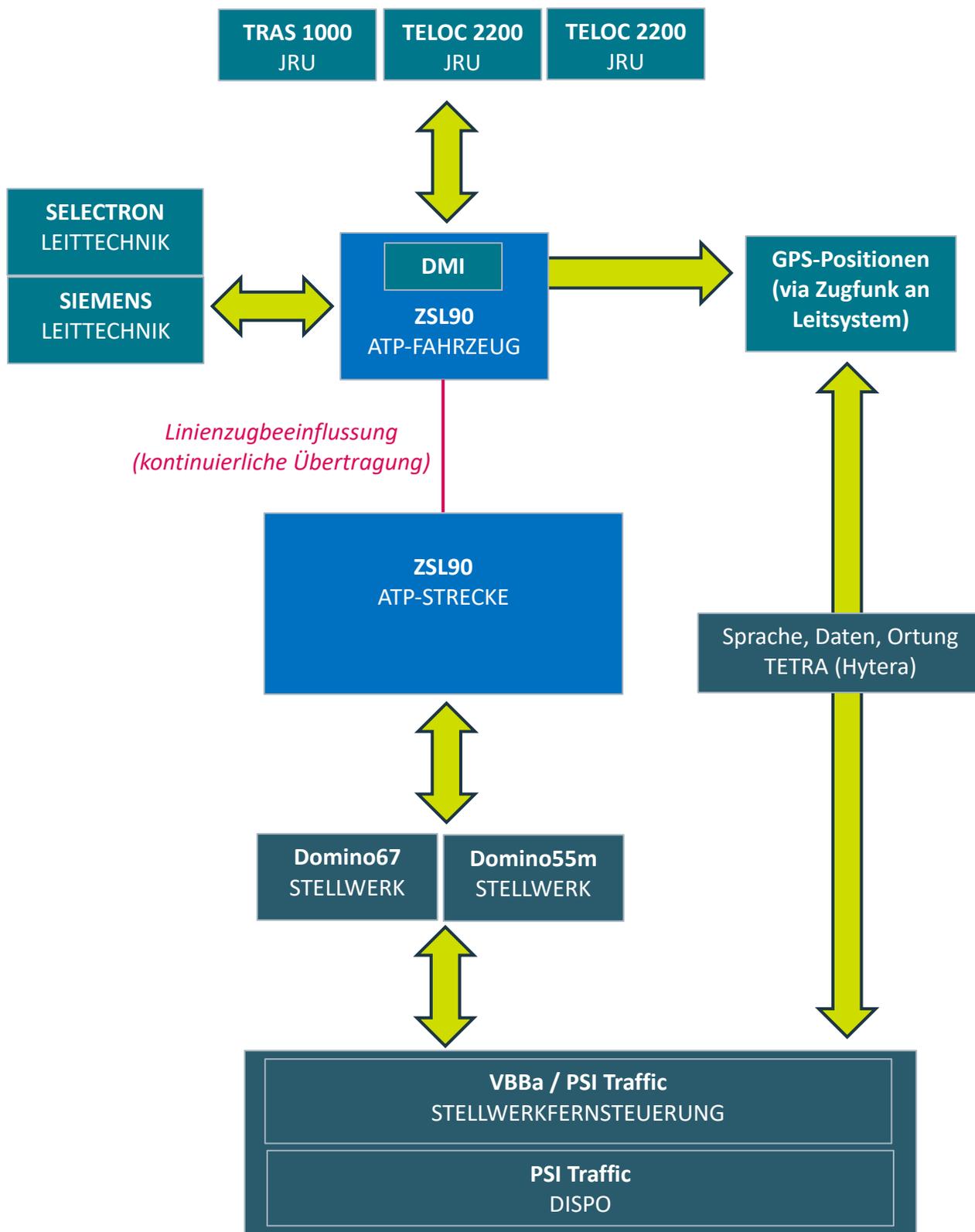


Abbildung 17 - Systemlandschaft RBS

4.5 Stakeholder Management

Dieses Kapitel beinhaltet die berücksichtigten Interessensgruppen ausserhalb der unmittelbar betroffenen Parteien.

4.5.1 Mitarbeiter

Bei der Implementierung von ATO müssen die Auswirkungen und allfällige Risiken beurteilt werden. Bis zur Stufe GoA2 liegt die Verantwortung beim Lokpersonal, ist eine Fehleroffenbarung gewährleistet, damit der Lokführer Fehler des ATO frühzeitig erkennen kann?

Ist im ATO Betrieb gewährleistet, dass der LF die volle Aufmerksamkeit dem System widmen kann? Wie lange ist die Strecke mit ATO, welche Abwechslungen sind vorgesehen?

In der Projektphase sind die Gewerkschaften und das Lokpersonal von Anfang an in das Projekt einzubeziehen, um so die Akzeptanz des Systems zu gewährleisten.

4.5.2 Politik

Vor dem Start des Projektes sind die Besteller über das Projekt zu informieren. Ist das Projekt Abgeltungsrelevant muss der Prozess der ARPV eingehalten werden.

4.5.3 Fahrgäste

In einem Kundenforum kann das Projekt mit Fahrgäste diskutiert werden. Dies bietet die Chance die Bedürfnisse der Kunden aufzunehmen und von Anfang an im Projekt zu berücksichtigen.

5 Referenzen

- [1] *Metro automation facts, figures and trends*, UITP <http://www.uitp.org/sites/default/files/Metro%20automation%20-%20facts%20and%20figures.pdf>
- [2] EN 62290-1:2015-06 Bahnanwendungen - Betriebsleit- und Zugsicherungssysteme für den städtischen schienengebundenen Personennahverkehr - Teil 1: Systemgrundsätze und grundlegende Konzepte (IEC 62290-1:2014); Deutsche Fassung EN 62290-1:2014
- [3] EN 62290 -2:2014 Railway applications – Urban guided transport management and command/control systems – Part 2: Functional requirements specification
- [4] Nationaler Standard ZBMS PDF, 621 kB, 02.07.2013; https://www.bav.admin.ch/dam/bav/de/dokumente/themen/zugbeeinflussung/nationaler_standardzbms.pdf.download.pdf/nationaler_standardzbms.pdf
- [5] ERTMS Users Group, EUG Reference: 13E137, Version 1.7, ATO OVER ETCS OPERATIONAL REQUIREMENTS

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - V-Model nach EN 50126	6
Abbildung 2 - Beschreibung der Automatisierungsstufen	7
Abbildung 3 - Nutzen und Wirkung eines automatisierten Bahnbetriebs	8
Abbildung 4 - Basisfunktionen pro Automatisierungsstufe	9
Abbildung 5 - GoA2 im Vergleich zu GoA0	10
Abbildung 6 - Anforderung Branchenlösung	12
Abbildung 7 - Basisarchitektur ATO GoA2(+)	14
Abbildung 8 - Funktionale Anforderungen ATO	15
Abbildung 9 - Struktur Anforderungskatalog	16
Abbildung 10 - Funktionsbeschreibung Anwendungsfall «Sicheres Anhalten an Haltestelle»	17
Abbildung 11 - Generische Integration von ATO	19
Abbildung 12 - Systemlandschaft zb	21
Abbildung 13 - Systemlandschaft BLT	22
Abbildung 14 - Systemlandschaft RhB	23
Abbildung 15 - Systemlandschaft MGB	24
Abbildung 16 - Systemlandschaft Forchbahn	25
Abbildung 17 - Systemlandschaft RBS	26