
Bericht DB Cargo – Vorbereitung der Testfahrten Sion-Sierre

Autor(en)	Jens Nolte (I-NAT-SR40-PMO-PLP) SR40 ATO Team
Vertraulichkeit	Öffentlich
Status	Freigegeben
Version	V1.0
Letzte Änderung	16. Dezember 2020
Letzte Änderung durch	
Urheberrecht	Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt. Jegliche kommerzielle Nutzung bedarf einer vorgängigen, ausdrücklichen Genehmigung.
Ablage	Veröffentlichung dieses Dokuments sowie zugehörige Referenzdokumente: https://www.smartrail40.ch . Deutsch
Originalsprache	Bei Widersprüchen zwischen den Sprachversionen gilt die Version in der Originalsprache

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	3
Änderungsnachweise	3
Glossar	4
1. Management Summary	5
1.1. Übersicht Resultate der Validierungstestfahrten	6
1.2. Erweiterte Erkenntnisse	6
2. Einleitung	6
2.1. Ziele der Pilotvorbereitung Sion-Sierre	7
2.2. Generische Systemarchitektur ATO GoA2	7
2.3. Testumgebung	8
2.4. Testorganisation	9
2.5. Aufgezeichnete Rohdaten	11
2.6. Testfälle	11
3. Inbetriebsetzung	12
4. Beobachtungen	13
4.1. Vorbereitung der Strecke für die Versuchsfahrten der DB Cargo	13
4.2. Grundlegendes Fahrverhalten	14
4.3. Erweitertes Fahrverhalten / Weitere Parameter	16
4.4. Ausblick	18
5. Fazit	19
6. Verzeichnis Referenzdokumente	19
Anhang 1 – Beschleunigungsmessungen	20

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Generische Systemarchitektur	7
Abbildung 2 Teststrecke	8
Abbildung 3 Testorganisation und Systemübersicht	9
Abbildung 4 Gesammelte Daten	11
Abbildung 5 Zeitliche Abweichung zur Soll-Ankunftszeit.....	14
Abbildung 6 Auswertung der Genauigkeit der Haltevorgänge.....	15
Abbildung 7 Fahren nahe der Bremskurve	16
Abbildung 8 Vergleich Energieverbrauch, Fahrprofil und Anhaltegenauigkeit.....	17
Abbildung 9 Beispiel geglättete Messkurve	20
Abbildung 12 Querrichtung.....	21
Abbildung 13 Längsrichtung.....	21
Abbildung 14 Vergleich der Ruckänderung in Quer- und Längsrichtung.....	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Bahnhöfe und Abfahrtszeiten.....	8
Tabelle 2 Details der Testumgebung.....	9
Tabelle 3 Rollen im Testteam.....	10

Änderungsnachweise

Version	Datum	Autor	Fachstelle / Freigebende Stelle	Bemerkungen / Art der Änderung	Status
X.3	08.12.2020	Jens Nolte	I-NAT-SR40-ATO Siemens	Entwurf zum externen Review und Freigabe	freigegeben
1.0	16-12.2020	Jens Nolte	I-NAT-SR40-ATO	Einarbeitung Reviewkommentare zur Veröffentlichung	freigegeben

Glossar

ARCC	Automated Rail Cargo Consortium (Shift2Rail Programm)
ATO-OBU	Automatic Train Operation – On Board Unit (in RCA: ATO-AV)
ATO-TS	Automatic Train Operation – Trackside (in RCA: ATO-AT)
ATO Disengaging (DE)	Betriebsmodus der ATO-OBU, gleichbedeutend mit «Übergang vom aktiven zum inaktiven Zustand. Von ATO
ATO Engaged (EG)	Betriebsmodus der ATO-OBU, gleichbedeutend mit «ATO aktiv»
ATO Ready (RE)	Betriebsmodus der ATO-OBU, gleichbedeutend mit «ATO nicht aktiv, kann aber aktiviert werden»
DCS	Data Collection System (Zentrales System der SBB, aus welchem die Energiedaten bezogen wurden)
DDS	Data Distribution Service (Datenspeicher der Fahrzeugleittechnik)
DMI	Driver Machine Interface
EMS	Energy Meter System, zeichnet den Gesamtenergieverbrauch des Fahrzeugs auf.
EoA	End of Movement Authority – Ende der ETCS Fahrerlaubnis
ETCS L2 FS	European Train Control System Level 2 Full Supervision
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
Journey Profile	Ein Satz von Fahrplan-, Strecken- und anderen Betriebsdaten, der eine Fahrt beschreibt, welche von einem automatisch betriebenen Zug ausgeführt werden soll.
Passing Point	Ein Punkt auf der Strecke, der mit ATO zu einem definierten Zeitpunkt durchfahren wird.
RBC	Radio Block Centre
RCS	Rail Control System (Dispositionssystem der SBB)
Segment Profile	Ein Satz von Infrastrukturdaten, die für die Durchführung von automatischen Fahrten benötigt werden.
Shift2Rail	Bahninnovationsinitiative der EU
SS125	Funktionale Systemanforderungen an ein interoperables "ATO over ETCS" System, beschränkt auf GoA1 (C-DAS) und GoA2 (excl. GoA3 and GoA4).
SS126	ATO-OB / ATO-TS Interface (FFFIS)
SS130	ETCS-OB / ATO-OB Interface (FFFIS)
SS139	ATO-OB / Train Interface (FFFIS)
Stopping Point	Ein Haltepunkt auf der Strecke, an dem ATO zu einem definierten Zeitpunkt hält.
TCMS	Train Control and Management System, Fahrzeugleittechnik
TMS	Traffic Management System (Dispositionssystem, bei der SBB das RCS)
TSI	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität

1. Management Summary

Im Rahmen des EU-Bahninnovationsprogramms Shift2Rail führt das «Automated Rail Cargo Consortium» (ARCC) unter Federführung der DB Cargo den Piloten ARCC ATO GoA2 Freight Demonstrator» durch. Zwischen smartrail 4.0 und der DB Cargo wurde ein Memorandum of Understanding abgeschlossen. Dieses ermöglicht der DB Cargo, Versuchsfahrten auf der ETCS L2 Strecke Lausanne-Villeneuve mit dem von smartrail 4.0 entwickelten ATO-Trackside durchzuführen. Im Gegenzug partizipiert die SBB an den Erkenntnissen über ATO im Güterverkehr.

Aufgrund von Verschiebungen im Zeitplan und dadurch entstandener Kollision mit geplanten Bauaktivitäten zwischen Lausanne und Villeneuve musste eine Alternative gesucht werden. Die ETCS L2 Strecke Sion-Sierre wurde als am besten geeignet identifiziert. Da für diese Strecke keine ATO Projektierung vorhanden war, mussten die entsprechenden Segmentdaten für die ATO-Trackside erstellt werden. Des Weiteren waren noch keine Erfahrungswerte aus den SBB Testfahrten für diesen Streckenabschnitt vorhanden, daher wurden Validierungstestfahrten mit dem für ATO2Basic verwendeten FLIRT und der eingesetzten ATO-OBU durchgeführt. Dies mit dem Ziel, die neu erstellten Segmentprofile zu validieren sowie sicherzustellen, dass die Strecke für das Testprogramm der DB Cargo eingesetzt werden kann.

Durch die Validierungsfahrten konnte gleichzeitig eine Streckenunabhängigkeit bei der eingesetzten ATO-OBU untersucht und sichergestellt werden. Während diesen Validierungstestfahrten der SBB wurde zusätzlich umfangreiches Datenmaterial gesammelt. Dieses konnte mit den Daten der ATO2Basic Testfahrten abgeglichen, und Resultate miteinander verglichen werden.

Folgende Ziele der Testfahrten wurden vollumfänglich erreicht.

- Die Strecke Sion-Sierre ist für die DB Cargo Versuchsfahrten geeignet, die ATO Projektierung (Segmentprofile) ist validiert
- Die Streckenunabhängigkeit vom ATO GoA2 Betrieb mit einer ATO-OBU und der ATO-TS gemäss der Normenentwürfe TSI 2022 wurde bestätigt
- Wesentliche Erkenntnisse der smartrail 4.0 Livetests im Rahmen von ATO2Basic konnten bestätigt werden (siehe Referenz 2) und zusätzliches Datenmaterial konnte für allfällige spätere Auswertungen gesammelt werden.

Die DB Cargo führt vom 01.09.2020 bis 10.12.2020 Versuchsfahrten auf der Strecke durch. Die wesentlichen Erkenntnisse von ATO2Basic wurden erhärtet. Zusätzlich wurde umfangreiches Datenmaterial gesammelt, welches für allfällige spätere Auswertungen zur Verfügung steht.

1.1. Übersicht Resultate der Validierungstestfahrten

Ziel		Bemerkung
Strecke und die ATO Projektierung (Segmentprofile) sind für die Versuche der DB Cargo geeignet	✓	
ATO Betrieb nach TSI 2022 Normenentwürfen ist streckenunabhängig möglich	✓	Die ATO Fahrten konnten mit den neu erstellten Segmentprofilen durchgeführt werden, ohne dass eine erneute Kalibrierung der ATO-OBU notwendig war.
Bestätigung der Erkenntnisse der Fahrten auf der Strecke Lausanne-Villeneuve	✓	Die wesentlichen Erkenntnisse aus ATO2Basic wurden erhärtet.

Tabelle 1 Zielerreichung der Phasenziele

1.2. Erweiterte Erkenntnisse

Ein Vergleich der aufgezeichneten Daten der Testfahrten auf den Strecken Lausanne-Villeneuve und Sion-Sierre zeigt auf, dass die wesentlichen Fahreigenschaften auf beiden Strecken sehr ähnlich sind, und somit die Streckenunabhängigkeit von ATO gemäss zukünftiger TSI-Norm bestätigt werden kann:

- Präzise Ankunft im Sekundenbereich
- Präzises Anhalten
- Präzises Fahren an den Systemlimiten / entlang der Bremskurve
- Energiesparendes Fahrverhalten

2. Einleitung

Der «ATO GoA2 Freight Demonstrator» ist ein Projekt im Rahmen von Shift2Rail, welches vom «Automated Rail Cargo Consortium (ARCC)» unter Federführung der DB Cargo durchgeführt wird (Siehe Referenz 3). Die Mitglieder des Konsortiums sind neben der DB Cargo der Fahrzeughersteller Bombardier Transportation, der ETCS-OBU sowie ATO-OBU Lieferant Siemens, sowie die ATO-OBU Lieferanten Alstom, Hitachi und AZD Praha. Im Rahmen dieses Projekts führt die DB Cargo in Kooperation mit smartrail 4.0 Versuchsfahrten mit ATO GoA2 im Güterverkehr durch.

Dabei wurden von SR40 die dafür notwendigen Journey- und Segmentprofile und ein Mobilfunkrouter bereitgestellt. Unterstützungsleistungen wurden beim Zulassungsverfahren und bei der Begleitung der Testfahrten erbracht.

In diesem Dokument sind die Massnahmen beschrieben, mit welchen die Eignung der Strecke für die Versuchsfahrten der DB Cargo sichergestellt wurden.

2.1. Ziele der Pilotvorbereitung Sion-Sierre

2.1.1. Hauptziele

- Verifikation der Segmentprofile des ATO-TS für den Streckenabschnitt Sion-Sierre
- Bestätigung der Eignung der Strecke Sion-Sierre für die Testfahrten der DB Cargo

2.1.2. Nebenziele (Zusätzliche Erkenntnisse zu ATO2Basic)

- Bestätigung der Streckenunabhängigkeit der TSI 2022 Normenentwürfe
- Erhärtung der Erkenntnisse über das Fahrverhalten von ATO aus ATO2Basic mit weiteren aufgezeichneten Daten

2.2. Generische Systemarchitektur ATO GoA2

Die nachfolgende Abbildung enthält die Darstellung der generische Systemarchitektur auf Stufe GoA2, sowie die Beschreibung der wichtigsten Funktionsblöcke mitsamt der Einbettung der ATO-OBU in die Umsysteme.

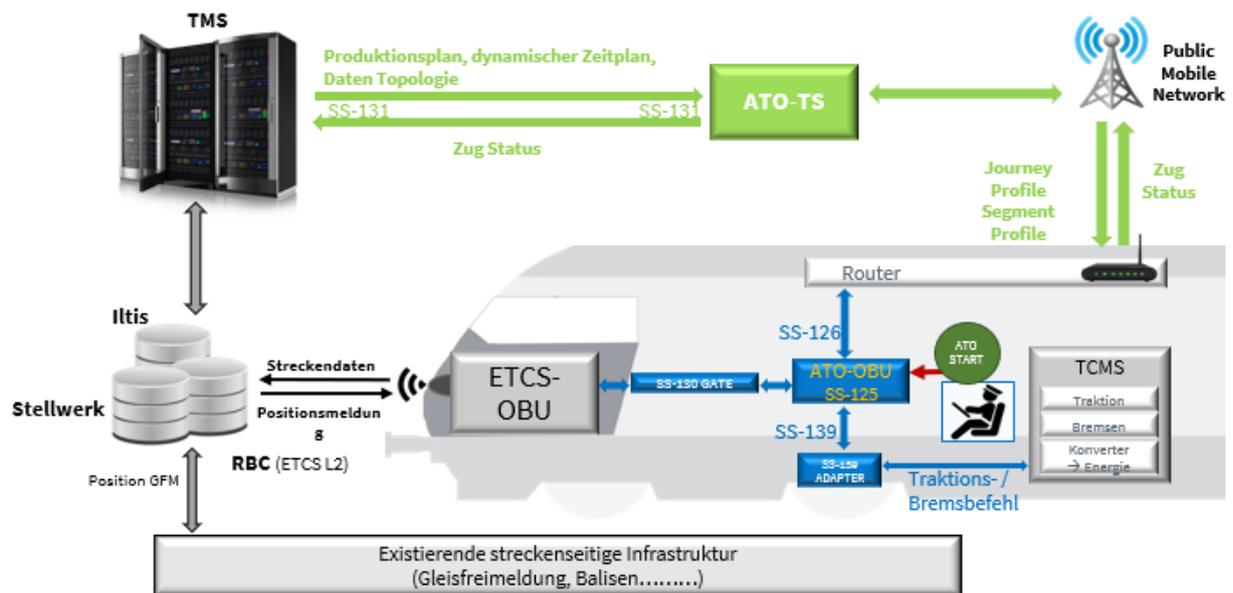


Abbildung 1 Generische Systemarchitektur

2.3. Testumgebung

Die Versuche, beziehungsweise die Durchführung aller Testfälle, fanden auf der zwanzig Kilometer langen Strecke Ardon-Châteauneuf-Sion-Sierre (ETCS L2 FS) statt. Der Wendepunkt Ardon liegt nicht im ETCS L2 Bereich. Der erste Bahnhof, der mit ATO angefahren werden konnte, ist Châteauneuf-Conthey.



Abbildung 2 Teststrecke

Im Regelbetrieb sind die Fahrzeiten gemäss SBB Fahrplan, gemessen ab Abfahrtsbahnhof, die folgenden:

Bhf Nr.	Haltestelle	Ankunft Minute Hinfahrt	Abfahrt Minute Hinfahrt	Ankunft Minute Rückfahrt	Abfahrt Minute Rückfahrt
1	(Châteauneuf-Conthey)		00	16	
2	Sion	06	07	12	13
3	St-Léonard	10	10	05	06
4	(Granges-Lens)	Kein fahrplanmässiger Halt im Personenverkehr			
5	(Pramont)	Kein fahrplanmässiger Halt im Personenverkehr			
6	Sierre	17			00

Tabelle 2 Bahnhöfe und Abfahrtszeiten

Die Einzelheiten zur Infrastruktur, zum Fahrzeug inklusive Ausrüstung sowie zum Normenstand sind in der folgenden Tabelle aufgelistet:

Titel	Beschreibung
Versuchsstrecke	Châteauneuf-Sion-Sierre (20 km)
Haltestellen	6 (4 davon regulärer Personenverkehrshalt)
Versuchsfahrzeug	Stadler FLIRT (4 teiliger S-Bahn Triebzug) 523 028
ATO-OBU	Funktionsmuster auf Basis "S2R Pilot Line" vom Lieferanten (Siemens) gemäss Normenentwürfen TSI 2022
ETCS-OBU	Baseline 2.3.0.d vom Lieferanten Siemens, mit SS130-Adapter
Infrastruktur	ETCS L2 FS vom Lieferanten Siemens(ohne Anpassungen für ATO Tests) Baseline 2.3.0.d
Normenentwürfe	SS125 Version 0.1.0 / Stand 04.05.2018 SS126 Version 0.0.16 / Stand 07.05.2018 SS130 Version 0.1.0 / Stand 04.05.2018 SS139 Version 0.0.9 / Stand 01.02.2019

Tabelle 3 Details der Testumgebung

2.4. Testorganisation

Eine definierte Testorganisation stellt die geplanten Versuche und Messresultate sicher. Dafür wurde ein Team von mehreren Personen involviert.

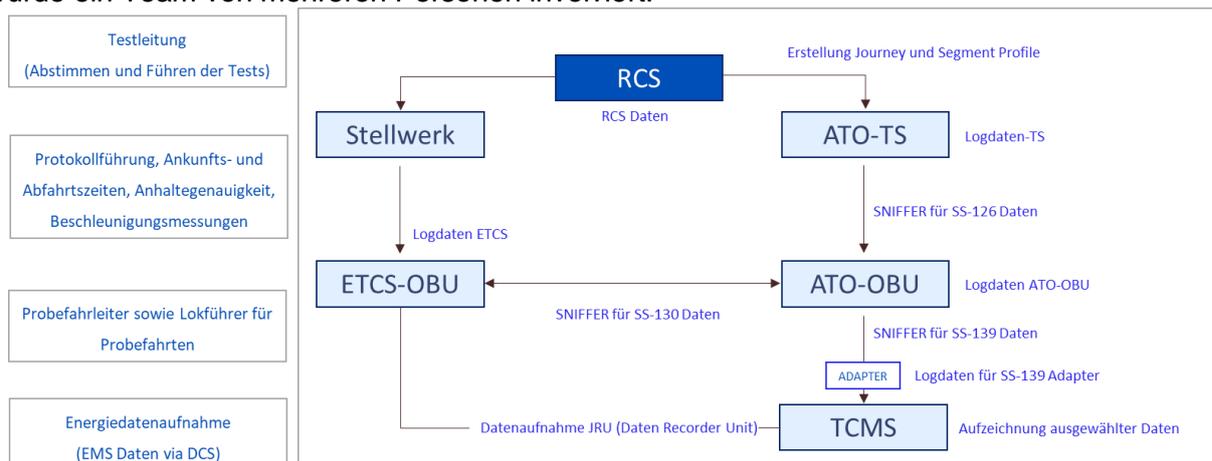


Abbildung 3 Testorganisation und Systemübersicht

Diese Abbildung stellt die Verantwortlichkeiten in Bezug auf das Testsystem dar. An den entsprechenden Interfaces sind die jeweiligen Daten gekennzeichnet. Beispielsweise ist der Sniffer

an den Subsets durch jeweils ein definiertes Teammitglied betreutes Aufzeichnungsgerät für die jeweils übertragenen Daten.

Jede Verantwortlichkeit ist klar einem einzelnen Teammitglied zugewiesen. Einzelne Aufgaben wurden von nicht permanenten Teammitgliedern ausgeführt, die nicht ständig an den Fahrten beteiligt waren. Diese sind bei den Zuständigkeiten als „Verschiedene“ beschrieben.

Verantwortlichkeit	Zuständig	Organisation	Bemerkung
Protokollierung	Jens Nolte	SR40	Durchgeführte Testfälle, spezielle Vorkommnisse (Wetter etc.)
Ankunfts-/Abfahrtszeit notieren	Jens Nolte	SR40	Mit GPS-Uhr
Logdaten ATO-OBU	Jens Nolte	SR40	Auswertung nur durch den Lieferanten (Siemens) möglich
Erstellen der Journey und Segment Profile	Daniel Minder	SBB IT ATO-TS	Daten von TMS zu ATO-TS
Logdaten ATO-TS	Daniel Minder	SBB IT ATO-TS	
SS-139 Daten	Michael Matthias	SBB-P	Sniffer zwischen ATO-OBU und TCMS
SS-126 Daten	Michael Matthias	SBB-P	Sniffer zwischen ATO-OBU und ATO-TS
SS-130 Daten	Michael Matthias	SBB-P	Sniffer zwischen ATO-OBU und ETCS
Logdaten SS139-Adapter	Michael Matthias	SBB-P	Logfiles des Adapters
JRU Daten	Franziska Wanner	SBB-P	Datenrecorder TELOC®
Leittechnik Parameter	Franziska Wanner	SBB-P	TOP1131® Aufzeichnung ausgewählter Leittechnik Daten
Energiedaten	Verschiedene	SBB-I-EN	EMS Daten via DCS
RCS Daten	Verschiedene	SBB IT, SR40	
Lokpersonal für Probefahrten (LfP)	Verschiedene	SBB-P	
Probefahrleiter (PFL)	Verschiedene	SBB-P	Kontakt zum Fahrdienstleiter in der Betriebszentrale
Fahrzeugumbau	Michael Matthias Franziska Wanner	SBB-P	
Testleiterin	Franziska Wanner	SBB-P	Abstimmen und leiten der Tests mit allen Beteiligten
Logdaten ETCS	Franziska Wanner	SBB-P	(teilweise)
DDS	Franziska Wanner	SBB-P	Ereignisdaten Leittechnik (teilweise)
Videoaufnahmen	Franziska Wanner	SBB-P	Mit GoPro (teilweise)
Halteposition	Verschiedene	SBB-P, SR40	Distanzmessungen am Bahnhof
Energiedaten	Verschiedene	SBB-I-EN	
Datenauswertung, Analyse	Xiaolu Rao	SR40	

Tabelle 4 Rollen im Testteam

2.5. Aufgezeichnete Rohdaten

In der nachfolgenden Abbildung ist eine Übersicht über die aufgezeichneten Rohdaten abgebildet. Es wird dargestellt, an welchem Ort Rohdaten für die Auswertungen in diesem Bericht gesammelt wurden.

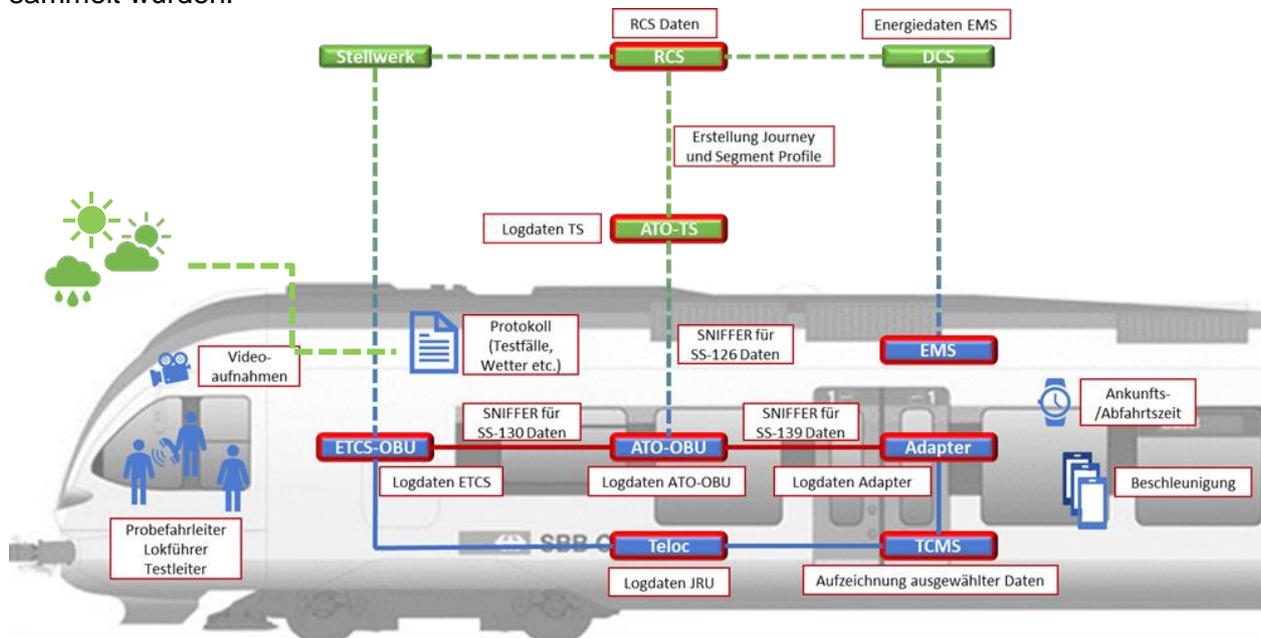


Abbildung 4 Gesammelte Daten

Einige Daten, wie z.B. Ankunftszeiten und Haltegenauigkeit, wurden per Hand protokolliert. Ebenso wurden Logdaten der beteiligten Systeme gespeichert. Aktivitäten auf den Interfaces wurden mittels eines Sniffers, der in die Ethernetverbindung eingeschleift war, laufend protokolliert. Die Videoaufzeichnungen wurden mittels einer Kamera auf dem Führerpult angefertigt. Sie dienen dazu, im Bedarfsfall Vorgänge auf der Strecke und im Führerstand nachvollziehen zu können und wurden mittlerweile gelöscht.

2.6. Testfälle

Um die Durchführbarkeit des DB Cargo Piloten auf der Strecke sicher zu stellen, wurde das Testprogramm der DB Cargo -soweit mit einem Personenverkehrstriebzug möglich- abgearbeitet. Da die Testdokumentation des ARCC Konsortiums nicht zur Veröffentlichung freigegeben ist, wird auf eine detaillierte Darstellung in diesem Dokument verzichtet.

Um für smartrail 4.0 einen möglichst hohen Zusatznutzen zu generieren, wurden während der Validierungsfahrten umfangreiche Datenaufzeichnungen durchgeführt und diese für zukünftige Verwendung archiviert.

Für die Testfälle zur Vorbereitung der Strecke für den DB Cargo Piloten wurden 2 Testwochenenden à 2 Tage eingeplant. Diese Vorbereitung wurde bereits im Laufe des zweiten Testwochenendes erfolgreich abgeschlossen. Um die wenigen verbleibenden wenigen Trassen noch zu nutzen, wurden diese für Vergleichsfahrten zwischen manuellem und automatisierten (ATO) Fahren verwendet.

3. Inbetriebsetzung

Die Inbetriebsetzungsphase der ATO-OBU erfolgte im Rahmen von ATO2Basic (Siehe Referenz 2) und wurde für die Fahrten auf dieser Strecke nicht erneut durchgeführt.

Die Inbetriebsetzung im Sinne der Vorbereitung der Strecke für die DB Cargo Versuchsfahrten wurde durch mehrmaliges Durchfahren der gesamten Strecke in beiden Richtungen durchgeführt. An der ATO-OBU waren hierbei keine Anpassungen oder Kalibrierungen notwendig.

Das Ergebnis war, dass mit den gemäss Normenentwürfen der TSI 2022 übertragenen Segment- und Journeyprofilen die gesamte Strecke in beiden Richtungen im ATO-Modus durchfahren werden konnte, ohne dass es zu einem ATO-Dis-Engaging kam. Hierdurch wurde die Korrektheit der Segmentprofile bestätigt, so dass die «ATO GoA2 Freight Demonstrator» Testfahrten starten konnten.

Als zusätzliche Erkenntnis aus diesen Fahrten kann festgehalten werden, dass das Funktionsmuster der ATO-OBU insoweit interoperabel ist, dass ATO GoA2 mit Segmentprofilen gemäss Normenentwurf auf verschiedenen Strecken ohne entsprechende Neukalibrierung funktioniert.

4. Beobachtungen

Alle Beobachtungen fanden während der Validierungstestfahrten vom 18./19. Juli, und 25./26. Juli 2020 statt.

Zudem wurden bei den Testfahrten möglichst viele Vergleichsdaten, teilweise auch zu den bereits vorgenommenen Testfahrten auf der Strecke Lausanne – Villeneuve, gesammelt, um die Vollständigkeit der Verifikation zu bestätigen.

Bei den Fahrten am ersten Testwochenende trat ein unerwartetes Verhalten auf. Bei der Analyse gemeinsam mit dem Lieferanten wurde zunächst ein Bedienfehler identifiziert, sowie ausserdem ein Programmierfehler im SS139-Adapter von SBB-P entdeckt. Letzteres wurde umgehend korrigiert.

Um sicher zu stellen, dass die Testergebnisse des ersten Wochenendes auch nach der Bereinigung dieser beiden Punkte gültig sind, musste ein zweites Testwochenende angesetzt werden.

4.1. Vorbereitung der Strecke für die Versuchsfahrten der DB Cargo

4.1.1. Verifikation der ATO Projektierung (Segmentprofile)

Die Strecke wurde mehrmals in beiden Richtungen vollständig im GoA2 Betrieb durchfahren.

- Die ATO-OBU geriet nie in einem Zustand, in welchem das Lokpersonal übernehmen musste.
- Die Haltepositionen wurden pünktlich, sowie örtlich präzise, erreicht.

Somit wurde nachgewiesen, dass die von der SBB gemäss SS125/126 Normenentwürfen bereitgestellten Segment- und Journeyprofile korrekt sind. Dies im Rahmen der mit dem Lieferanten Siemens vereinbarten Versionen der Subsets.

Auf der Strecke Châteauneuf-Conthey-Sion-Sierre kann ATO GoA2 gemäss TSI-Normenentwürfen einwandfrei und mit den bereits auf der Strecke Lausanne-Villeneuve verwendeten Leistungsmerkmalen gefahren werden.

4.1.2. Testvorbereitung für DB Cargo

Im Anschluss wurden die Testfälle, welche an die Fahrten mit dem FLIRT minimal angepasst wurden, durchfahren. Ausgenommen sind güterverkehrsspezifische Testfälle, die nicht umgesetzt werden konnten.

Da die Testfälle durch das ARCC Konsortium noch nicht veröffentlicht wurden, können sie an dieser Stelle nicht im Detail aufgeführt werden. Es wird dazu auf die für 2021 geplanten Veröffentlichungen des ARCC Projektes verwiesen. In den anschliessenden Kapiteln wird jedoch das beobachtete Fahrverhalten beschrieben.

- Sämtliche angepassten Testfälle konnten erfolgreich gefahren werden.
- Die Tauglichkeit der Strecke Châteauneuf-Conthey-Sion-Sierre für die geplanten Versuchsfahrten der DB Cargo ist somit erwiesen.

4.2. Grundlegendes Fahrverhalten

4.2.1. Pünktlichkeit / Ankunftszeit

Bei den Verifikationsfahrten wurde beobachtet, dass die zeitliche Abweichung zur Soll-Ankunftszeit auch auf der Strecke Sion-Sierre im Sekundenbereich liegt. Dies deckt sich mit den Beobachtungen auf der Strecke Lausanne-Villeneuve (siehe Referenz 2: ATO2Basic-Phase 2-Phasenabschlussbericht)

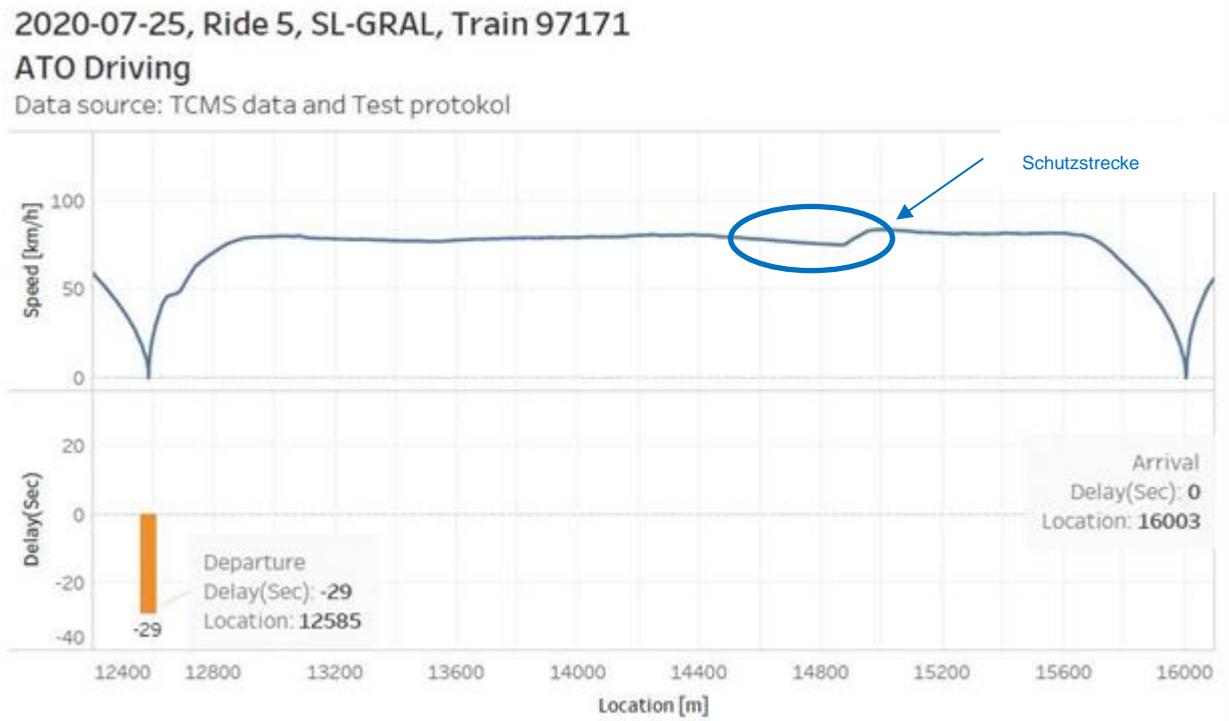


Abbildung 5 Zeitliche Abweichung zur Soll-Ankunftszeit

In diesem Beispiel wurde die Halteposition auf die Sekunde genau erreicht. Bei der Abfahrt wurde die «ATO-Start» Taste 29 Sekunden vor fahrplanmässiger Abfahrt betätigt. Es ist ersichtlich, dass die ATO-OBU hier eine im Fahrplan vorgegebene Zeitreserve ausnutzen konnte, und nicht mit der Streckenhöchstgeschwindigkeit von 160 km/h auf diesem Abschnitt fährt.

Der Streckenabschnitt enthält eine Schutzstrecke, die in der Abbildung entsprechend markiert ist. Hier ist zu erkennen, dass sich die Geschwindigkeit durch das traktionslose Rollen leicht reduziert. Am Ende der Schutzstrecke beschleunigt die ATO-OBU wieder, um die sekundengenaue Ankunft zu gewährleisten.

4.2.2. Halteposition

Um die Genauigkeit der Halteposition zu verifizieren, wurde die Streuung der Haltepositionen erfasst. Dazu wurde bei der ersten ATO-Fahrt die Position der Vorderkante des Schiebetritts der ersten Tür am Perron markiert und bei den Folgefahrten die Abweichung zur Markierung gemessen.

4.2.2.1. Auswertung der Halteposition

Die Auswertung erfolgte analog zu den Auswertungen der Anhaltvorgänge auf der Strecke Lausanne-Villeneuve (siehe Referenz 2: ATO2Basic-Phase 2-Phasenabschlussbericht). Die nachfolgende Abbildung 6 beschreibt auf der Y-Achse die Häufigkeit in % der Anhalte-Vorgänge, die innerhalb des auf der X-Achse dargestellten Toleranzbereichs in Meter liegen.

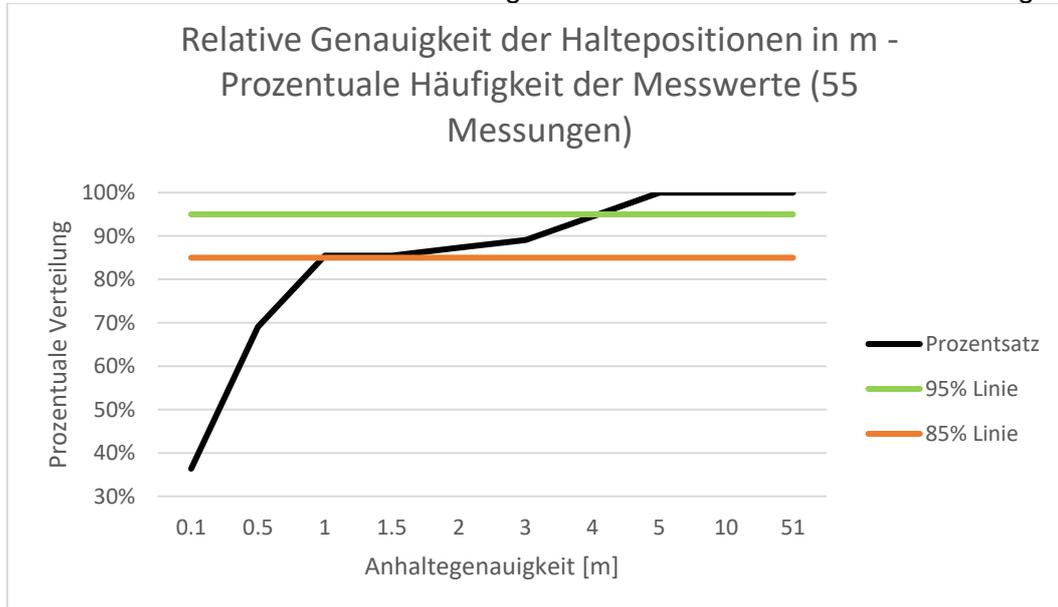


Abbildung 6 Auswertung der Genauigkeit der Haltevorgänge

Wie auf der Strecke Lausanne-Villeneuve werden auch bei den Messungen auf der Strecke Sion-Sierre die Vorgaben der Schulungsunterlagen für den Regionalverkehr zu **100%** erfüllt, die Vorgaben von smartrail 4.0 ($< \pm 1.5\text{m}$) zu **85%**. Eine Auswertung der Entfernung der Balisenpositionen zu den Haltepositionen wurde nicht vorgenommen.

4.2.2.2. Abhängigkeit Halteposition von der Balisendistanz

Eine detaillierte Analyse der Genauigkeit der Halteposition in Abhängigkeit der Balisendistanz wurde nicht durchgeführt. Jedoch konnte bei den Validierungstestfahrten mittels Beobachtungen festgestellt werden, dass mit zunehmender Distanz der Halteposition zur letzten Balise die Genauigkeit teilweise abnimmt.

Sowohl auf der Strecke Sion-Sierre als auch auf der Strecke Lausanne-Villeneuve ist der Prozentsatz der Messungen die die Vorgaben von smartrail 4.0 von $\pm 1.5\text{m}$ einhalten derselbe, wenn man als Vergleichsbasis alle Messungen der Strecke Lausanne-Villeneuve verwendet. (Siehe Referenz 2),

Mit der Prämisse, dass bei beiden Strecken dieselben Projektierungsregeln für das Positionieren der ETCS-Balisen angewendet wurde, ist der Wert von 85% Einhaltung der SR40 Vorgaben plausibel.

4.3. Erweitertes Fahrverhalten / Weitere Parameter

Auf dem Streckenabschnitt Châteauneuf-Conthey-Sion-Sierre entspricht das Fahrverhalten der ATO-OBU im Wesentlichen demjenigen der Strecke Lausanne-Villeneuve.

Die Distanz zwischen den Haltepositionen ist jedoch grösser, die Höchstgeschwindigkeit höher. Dies bedeutet, dass die ATO-OBU auf einigen Streckenabschnitten mit der am ETCS-DMI eingestellten Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h gefahren ist, was auf der Strecke Lausanne-Villeneuve nicht vorkam. Dies hat Auswirkungen, die in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben sind.

Das Lokpersonal hat angemerkt, dass die ATO-OBU (Funktionsmuster) in einigen Fällen bei negativen Gradienten die Geschwindigkeit durch Abbremsen reduziert, anstatt auszurollen (coasten). Dennoch wurde die nachfolgende Halteposition sekundengenau angefahren.

Es ist in der Phase 3 des ATO2Basic Projekts zu untersuchen, inwieweit bei der Regelung der ATO-OBU in dieser Hinsicht noch Optimierungspotenzial besteht.

4.3.1. Reduzierung von Verspätung

Die grundsätzliche Eigenschaft von ATO GoA2 Verspätungen zu reduzieren, wurde bereits in Kapitel 4.2.1 dargestellt.

Die Fahrplanvorgabe bzw. die Prognose des RCS basiert auf der für längere Streckenabschnitte gültigen Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h. Aufgrund der Eigenschaften der Versuchsanstallation wird dem ETCS für die Versuchsfahrten jedoch eine fahrzeugspezifische Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h vorgegeben.

4.3.2. Fahren an der Bremskurve

Wie auf der Strecke Lausanne-Villeneuve, fährt ATO auch hier (bei kritischen Zeiten) gegen das Ende der MA hin sehr nahe an der Bremskurve. Die bereits im ATO2Basic in Erfahrung gebrachten Erkenntnisse wurden vollumfänglich bestätigt. Die nachfolgende Abbildung 7 enthält eine Gegenüberstellung des Unterschieds der Fahrprofile von ATO und Lokpersonal auf der Strecke Ardon-Sion-Sierre.



Abbildung 7 Fahren nahe der Bremskurve

Red:	Most Restrictive Speed Profile (MRSP)
Green:	ETCS permitted Speed
Blue:	Train Speed (ATO oder Manuell)

4.3.3. Energieverbrauch

Die Industrie weist ein Energiesparpotenzial von bis zu **42%** im Regionalverkehr aus (Siehe Referenz 1). Mit nicht repräsentativen, einfachen Vergleichsfahrten zwischen ATO und Lokpersonal wurde ermittelt, ob die Aussage bezüglich Energiesparen bereits mit der jetzt zur Verfügung stehenden ATO-OBU tendenziell zutreffen könnte. Das beobachtete Energiesparpotenzial von ATO beträgt im unten (Abbildung 8) dargestellten Beispiel **37%**.

Die Energieverbrauchsdaten wurden über das «Data Collection System» DCS aus dem Energiemesssystem EMS bezogen. Sie weisen den Verbrauch der elektrischen Energie des gesamten Fahrzeugs aus. Rekuperationen sind als negative Werte enthalten (Energieproduktion). Der Durchschnittliche Verbrauch der Hilfsbetriebe, wie z.B. die Klimatisierung, wurde bei der Auswertung herausgerechnet, so dass die nachfolgenden Werte in guter Näherung den Energieverbrauch der Traktion bzw. Rekuperation darstellen.

Die nachstehende Abbildung 8 zeigt einen direkten Vergleich zwischen demselben manuell gefahrenen und mit ATO gefahrenen Streckenabschnitt Granges-Lens - Sierre. Die Grafik zeigt den Energieverbrauch bzw. die Rekuperation der elektrischen Bremse. Der Einsatz der pneumatischen Bremse ist in dieser Abbildung nicht grafisch ersichtlich, aber im Energieverbrauch eingerechnet.

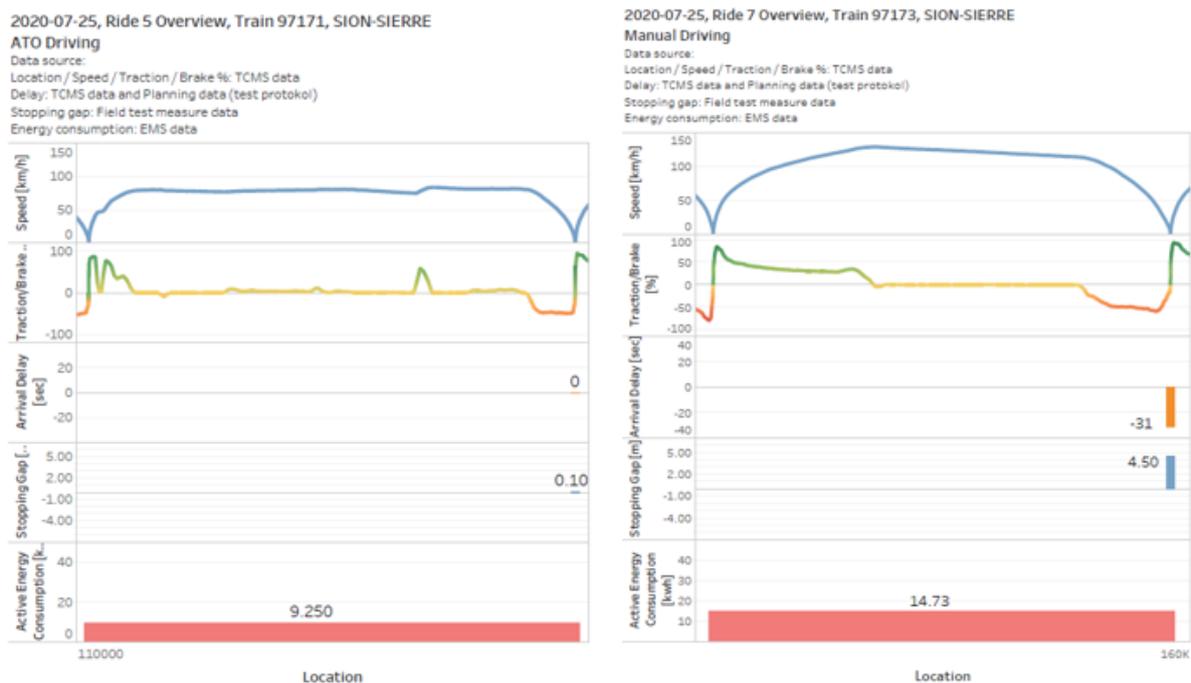


Abbildung 8 Vergleich Energieverbrauch, Fahrprofil und Anhaltegenauigkeit

Auf dem 3,4 km langen Streckenabschnitt (SL-GRAL) sind die Unterschiede im Fahrprofil und Pünktlichkeit sehr gut erkennbar.

4.3.4. Dynamisches Fahr-/Bremsverhalten während der Fahrt

Es wurde versucht, anhand des dynamischen Fahr-/Bremsverhaltens von ATO und der manuellen Fahrt den Komfort für Fahrgäste mittels Beschleunigungsmessungen zu analysieren.

Es gibt weder eine klare Definition noch eine festgelegte Messmethode für den tatsächlichen Komfort für Fahrgäste. Vorgaben z.B. aus Beschaffungsunterlagen sind hierfür nicht anwendbar.

Es wurde davon ausgegangen, dass der Komfort für Fahrgäste mit auftretenden Beschleunigungen in 3 Dimensionen im Zusammenhang steht, daher sollte versucht werden, eine Interpretation aus Messwerten abzuleiten.

Hierzu wurden die Rohdaten (Beschleunigungssensoren in X-Y- und Z-Richtung) mit mehreren Mobiltelefonen mit der Applikation (App) «phyphox» aufgezeichnet. Eine eindeutige Interpretation war jedoch nicht möglich.

Aus diesem Grund wird auf diese Auswertung anhand der aufgezeichneten Beschleunigung verzichtet. Die Details der Messungen und Interpretationsversuche der Daten sind rein informativ im Anhang 1 aufgeführt.

Die Wahrnehmung bei den Testfahrten war, dass das Anfahren, der Anhalte-Vorgang sowie das Überfahren von Weichen bei manueller Fahrt sanfter als bei ATO-Fahrt empfunden wurde. Letzteres ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass das Lokpersonal im Gegensatz zur ATO OBU die streckenseitige Höchstgeschwindigkeit beim Überfahren der Weichen nicht ausnutzt.

4.3.5. Fahrverhalten auf Schutzstrecken

Auf der Strecke Sion-Sierre wurde beim Durchfahren von Schutzstrecken ein korrektes Verhalten der ATO-OBU beobachtet. Bei der Einfahrt in die Schutzstrecke setzt ATO die Zugkraft auf 0. Erst nach der Durchfahrt wird wieder ein Wert ungleich 0 appliziert.

Das manuelle Ein- und Ausschalten des Hauptschalters durch das Lokpersonal erfolgt in der Regel kurz vorher, damit der Hauptschalter bei Einfahrt in die Schutzstrecke bereits offen ist. Die ATO-OBU reduziert die Zugkraft jedoch erst bei der Einfahrt in die Schutzstrecke, was in der Praxis zu spät ist. Hier besteht ein Bedarf diese Funktionalität von ATO in Bezug auf die Schutzstreckenfunktion unter BL 2.3.0d und vor allem unter BL3 detailliert zu untersuchen. Allenfalls besteht hier noch Optimierungspotenzial

Zusätzlich wurde der folgende Versuch durchgeführt: In einer im Segmentprofil fiktiv definierten Schutzstrecke wird ein Stopping Point gelegt. Die ATO-OBU interpretiert sowohl den Stopping Point als auch die Schutzstrecke richtig. Sie hält innerhalb der Schutzstrecke an. Die Weiterfahrt ist danach aber nicht mehr möglich. Dies weil auf der Schutzstrecke die Zugkraft «Null» vorgegeben ist. Dieses Verhalten birgt Fehlerpotenzial bei der Projektierung einer ATO-Strecke. Das Phänomen wurde bereits an die Shift2Rail Normierungsgremien zurückgemeldet.

4.4. Ausblick

Seitens SBB sind im Rahmen des Shift2Rail/DB Cargo ATO GoA2 Freight Demonstrators keine weiteren Validierungs- oder sonstige Testfahrten notwendig.

5. Fazit

- Die ATO Projektierung, Erstellung der Segmentprofile für die ATO Testfahrten auf der Strecke Sion-Sierre sind validiert und können für den ATO GoA2 Cargo Demonstrator verwendet werden.
- DB-Cargo hat mittlerweile die Testfahrten mit einem Güterzug durchgeführt und es sind keine Probleme mit der ATO Projektierung (Segmentprofile) aufgetaucht.
- Eine ATO-OBU kann streckenunabhängig betrieben werden,
- Eine Beobachtung im Zusammenhang mit Schutzstrecken (Siehe Kapitel 4.3.5) wurde an die Normierungsgremien zurückgemeldet.
- Alle Beobachtungen der Testfahrten auf der Strecke Lausanne-Villeneuve im Rahmen von ATO2Basic konnten erhärtet werden:
 - Die Beobachtungen bezüglich des Fahrens an der Bremskurve
 - Die Pünktlichkeit sowie das präzise Anhalten am Haltepunkt
 - Das von der Industrie ausgewiesene Energiesparpotenzial (Siehe Referenz 1) erscheint plausibel. Eine Einzelmessung weist im Vergleich eine Energieeinsparung von **37%** aus.
- Beobachtungen, die allenfalls noch weiter zu analysieren sind und mögliches Optimierungspotenzial der ATO-OBU beinhalten, wurden mit dem Lieferanten Siemens besprochen. Diese sind nicht Gegenstand des vorliegenden Dokuments.

6. Verzeichnis Referenzdokumente

1. Presentation ATO/DAS over ETCS-The way towards unattended operation for Main Lines - Alstom, Feb. 2017
2. ATO2Basic-Phase 2-Phasenabschlussbericht V1.0
3. [Projektseite des ARCC auf der Website von Shift2Rail](#)

Anhang 1 – Beschleunigungsmessungen

Dieser Anhang ist rein informativ, und wurde aus den in Kapitel 4.3.4 beschriebenen Gründen nicht in die zu berichtenden Auswertungen mit einbezogen.

Zur Messung der Beschleunigungswerte wurden die Rohdaten (Beschleunigungssensoren in X-Y- und Z-Richtung) mit mehreren Mobiltelefonen mit der Applikation (App) «phyphox» aufgezeichnet.

Nach den Ableitungen der Datenaufnahme wurde analysiert, ob die Aufzeichnungen zufällig erscheinen oder ob Muster erkennbar sind. Eine eindeutige Interpretation war jedoch nicht möglich. Aus diesem Grund wird auf eine Auswertung des Komforts anhand der aufgezeichneten Beschleunigung verzichtet.

Es kam die folgende Vorgehensweise zur Anwendung: Aus den Messwerten der aufgezeichneten Beschleunigung, wurde nach einer Glättung anschliessend die Beschleunigungsänderung, genannt Ruck, abgeleitet.

Definition Ruck (Beschleunigungsänderung) und Ruckänderung:

„Ruck ist ein Begriff aus der Kinematik. Er ist die momentane zeitliche Änderungsrate der Beschleunigung eines Körpers. Formal ist der Ruck die Ableitung der Beschleunigung nach der Zeit. (...)

Die Ruckänderung s (jounce, snap) ist ein Begriff aus der analytischen Modellierung der Fahrdynamik von Schienenfahrzeugen und die erste Ableitung des Rucks nach der Zeit.“¹

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen Einzelmessungen der Beschleunigungswerte und deren Ableitungen.

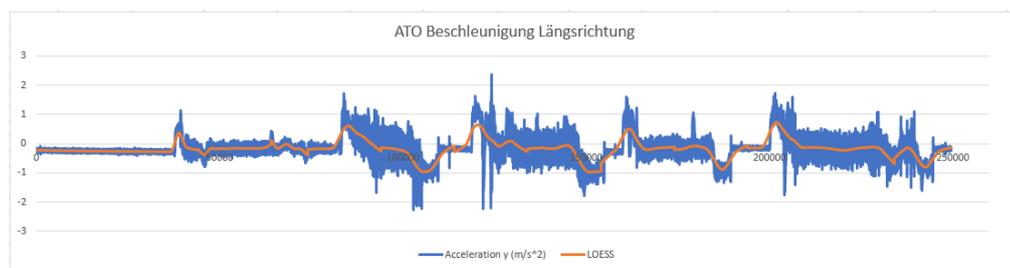


Abbildung 9 Beispiel geglättete Messkurve

¹ <https://de.wikipedia.org/wiki/Ruck> abgerufen am 25.08.2020

Vergleich der Fahrt 5 und 7 im ersten Abschnitt CHF-SIO in Querrichtung

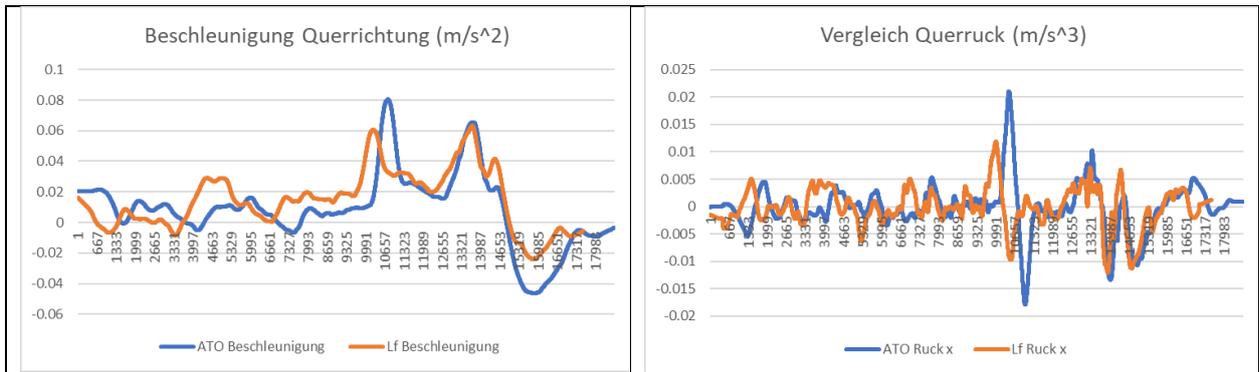


Abbildung 10 Querrichtung

Vergleiche der Fahrt 5 und 7 im Abschnitt SL-GRAL in Längsrichtung

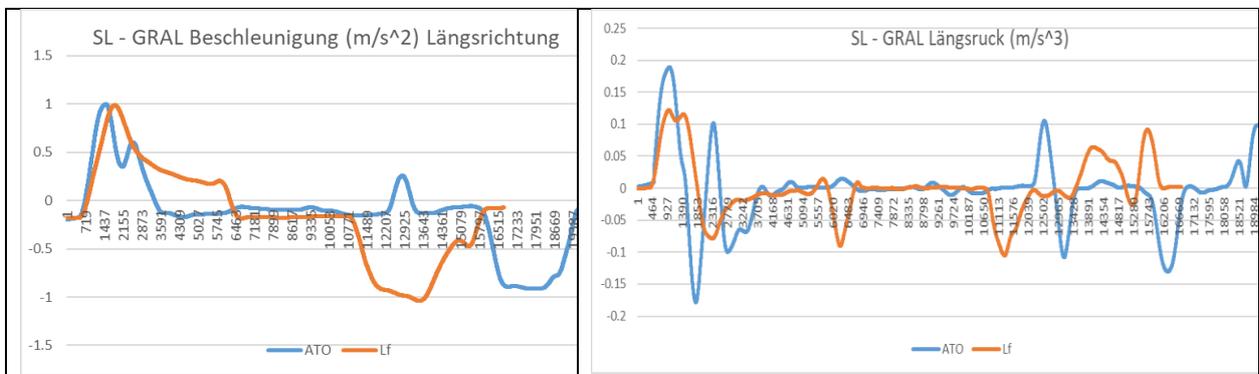


Abbildung 11 Längsrichtung

Vergleiche der Ruckänderung

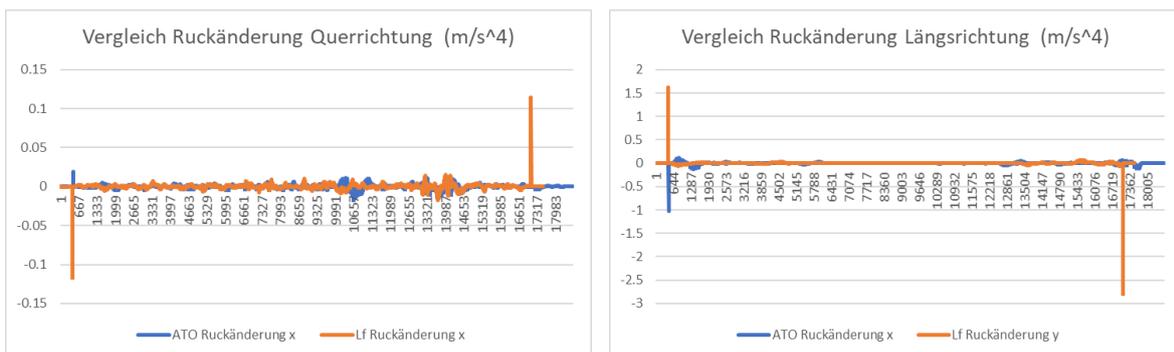


Abbildung 12 Vergleich der Ruckänderung in Quer- und Längsrichtung

Die Ruckänderung ist die zweite Ableitung der Beschleunigung nach der Zeit.