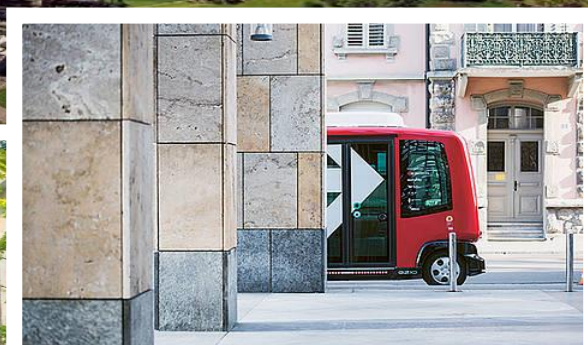




ASTRA Bericht

Autor(en)

Status

Letzte Änderung / durch

Zoltan Laszlo

Zwischenbericht

01.10.2019 / Zoltan Laszlo

Inhaltverzeichnis

1. Ausgangslage	3
1.1. Einleitung	3
2. Technische Probleme im Laufe des ersten Halbjahrs 2019	4
2.1. Detaillierte Erklärung der aufgetretenen Probleme	4
2.2. Beschreibung ausgewählter Herausforderungen	6
3. Betriebliche Analyse	11
3.1. Verzögerte Betriebstart und Anzahl der Fahrzeuge	11
3.2. Betriebliche Kennzahlen	11
3.3. Prozesse	13
3.4. Schichtplanung	14
Verfügbarkeit des Fahrzeugs gemäss Schichtplanung	15
3.5. Gefahrene Kilometer	15
3.6. Wiederkehrende Ereignisse im Verkehrskontext	16
3.6.1. Eingriffe in der Fahrbetrieb	17
3.7. Linienführung inkl. Herausforderungen	18
4. Allgemeines Fazit und Ausblick	19

1. Ausgangslage

Verschiedene Studien und Pilotprojekte zeigen, dass die intelligente Mobilität die Zukunft der Mobilität in der Schweiz darstellt. Dies geht Hand in Hand mit dem Versprechen eines Verkehrssystems, das benutzerfreundlich, effizient, umweltfreundlich und langfristig für alle Beteiligten profitabler ist. Das Potenzial eines selbstfahrenden Fahrzeugs kann voll ausgeschöpft werden, wenn es im öffentlichen Verkehr richtig eingesetzt wird.

Die ersten Erfahrungen mit dem Fahrzeug EasyMile EZ10 im öffentlichen Verkehr werden anhand konkreter Anwendungsfälle dokumentiert und ausgewertet. Die Tests sind auf bestimmte Kundengruppen beschränkt. Das Pilotprojekt fokussiert sich auf die Bedürfnisse potenzieller Nutzer, die technologische Maturität und die intermodale Integration. Während andere Pilotprojekte, die mehr oder weniger ähnlich sind, an mehreren Fahrzeugen durchgeführt werden, fokussiert sich MyShuttle Zug auf ein einziges Fahrzeug, dafür aber verschiedene Routen mit zunehmender Komplexität.

1.1. Einleitung

Seit Januar 2019 fährt das selbstfahrende Fahrzeug MyShuttle (Konsortialprojekt SBB, Mobility Car-sharing, Zugerland Verkehrsbetriebe ZVB, Technologiecluster Zug, Stadt Zug) im Mischverkehr im Zentrum von Zug. Die Ergebnisse für das erste Halbjahr 2019 liegen in Bezug auf die Betriebsleistung im Vergleich zu den vor der Inbetriebnahme des Fahrzeugs festgelegten Zielen unter den Erwartungen. Das Pilotprojekt MyShuttle Zug wurde gestartet, um eine innovative Lösung für unterschiedliche Kundengruppen auf verschiedenen Routen zu testen. Die Bewertung berücksichtigt den Kilometerstand, die Maximalgeschwindigkeiten, die Reisezeiten und betriebliche sowie technische Herausforderungen. Der Pilotbetrieb wird auf Cases aufgebaut, in welchen die Fahrfähigkeiten, befahrende Streckenabschnitte, Kundengruppen sowie zusätzliche Features variiert werden.

Im April wurde mit dem Abschluss des ersten Cases ein wichtiger Meilenstein erreicht. Ausgewählte V-Zug-Mitarbeiter wurden in diesem Case mit dem MyShuttle zur Mittagspause zu einem Restaurant im Metalli Einkaufszentrum und nach dem Mittagessen zurück zum Betriebsgelände V-Zug gefahren. Die ersten Feedbacks wurden gesammelt und die Bedienung des Fahrzeugs verbessert. Die bisherigen Erfahrungen mit Kunden zeigen ein grosses Interesse an der Technologie und ein hohes Mass an Vertrauen in die Sicherheitsfahrer. Bei anderen Verkehrsteilnehmern kam es zu gemischten Gefühlen. Während sich die Einwohner bereits an den Anblick des selbstfahrenden Shuttles im Stadtverkehr gewöhnt hatten, führte die Verzögerung der Lieferung des Shuttles weiterhin zu Irritationen bei Ortsfremden. Sowohl Kunden als auch andere Verkehrsteilnehmer waren sich einig, dass die niedrige Maximalgeschwindigkeit des MyShuttle (13 km/h) aus Sicherheitsgründen sowie im Verkehrsfluss eine Herausforderung darstellt.

2. Technische Probleme im Laufe des ersten Halbjahrs 2019

2.1. Detaillierte Erklärung der aufgetretenen Probleme

Die wichtigsten, unten genannten Hindernisse für das Projekt MyShuttle Zug wurden vom Januar bis Juni 2019 identifiziert und grösstenteils beseitigt. Die verbleibenden offenen Fragen werden aktuell analysiert bzw. befinden sich bereits in der Lösungsphase (Status Lösung). Die übrigen Herausforderungen sind nach wie vor zufällig und abhängig von externen Einflüssen (Wetter, Fahrzeuge, usw.).

Kategorie	Ursache	Status Lösung	Frequenz
Umwelteinflüsse	Vegetation	Laufende Kontrolle	Jahreszeitenabhängig
	Wetterverhältnisse (Temperatur, starker Regen, Nebel, Schnee, -matsch, Eis)	Laufende Kontrolle Wind unter 50 km/h Luftfeuchtigkeit unter 95%, Regen unter 5mm/h, kein Schnee auf und neben der Fahrbahn	Je nach Wetterlage
	Bauarbeiten / Baustellen (Strasse gefräst inkl. Nebel)	Laufende Kontrolle Temporäre Baustellen, Signalisationen und Verkehrsführungen, Verkehrsregelung durch Polizei.	Je nach aktiver Strecke (gemäss Planung der Baustellen)
Software	Absturz Software	Abstürze werden laufend analysiert.	Nicht reproduzierbar, gelegentlich
	Unerwartetes Hindernis	Wenn sich Baustellenelemente (z. B. Container) in Strassennähe befinden, stören sie die Wahrnehmung der Sensoren, die nicht mehr dem Mapping entsprechen.	Gelegentlich
	Türen	Türen gingen an Haltestellen entgegen der Programmierung auf. Dieses Problem wird im nächsten Release im September 2019 vollständig behoben.	Permanent
Hardware	Steuerung	Wechsel in den manuellen Modus nach Notfall	Permanent
	Lokalisierung	Der Abschnitt bei Metalli verursacht einen Verlust des GPS-	Seltenes Vorkommen (etwa zweimal im Monat)

		Signals. Gleiches gilt in der Nähe von Citygarden wegen der Bäume.	
	Diverse Ausfälle von Standardkomponenten	Bildschirmausfall, Batterieausfall, Routerausfall und Switchausfall – Die Sicherheitsfahrer wurden auf die Prozesse und Tätigkeiten (wie z.B. das Laden der Batterie oder die Kommunikation durch die neuen Tools – Microsoft) aufmerksam gemacht und nachgeschult.	Einmalige Ausfälle
	Beschriftung bzw. Signalisation ggü. Verkehrsteilnehmer	Das Fahrzeug verfügt über keine über die Haltestellen bzw. dass es ein Testfahrzeug ist, was zu groben Reaktionen ggü. Der Sicherheitsfahrern führte. Es wurden Hinweise (QR-Code) am Fahrzeug angebracht, damit die Verkehrsteilnehmer ggf. Feedback zum Pilotversuch geben können.	Bei erhöhter Verkehrsbelastung (Nahe zu Hauptverkehrszeiten)
	Geschwindigkeit	Reduktion der Geschwindigkeit auf 3Km/h im manuellen / automatischen Modus – wahrscheinlich ein Hardwarefehler. Die Ursache ist noch nicht geklärt. Jedoch werden Geschwindigkeitsabfälle voraussichtlich im Release September 2019 korrigiert.	Gelegentlich, nicht reproduzierbar
Verhalten von anderen Verkehrsteilnehmern	Falschparker in der Fahrspur des MyShuttle	Der Sicherheitsfahrer schaltet in den manuellen Modus, zum Schutz der Personen an Bord oder/und Verkehrsteilnehmern	Bei erhöhter Verkehrsbelastung (z.B. Hauptverkehrszeiten)
	Missachtung der Straßenverkehrsregeln / rücksichtslose	Ab September 2019 können die Verkehrsteilnehmer und die Verkehrsteilnehmerinnen	Bei erhöhter Verkehrsbelastung (z.B. Hauptverkehrszeiten)

	Verkehrsteilnehmer und Verkehrsteilnehmerinnen	ihr Feedback online abgeben.	
--	---	------------------------------	--

2.2. Beschreibung ausgewählter Herausforderungen

- Bauarbeiten / Baustellen
 - **Herausforderung:** Starke und schnelle bauliche Veränderungen der Umgebung mit grossen Auswirkungen im Verkehr. Die verschiedenen Baustellen auf der Strecke stören den Verkehr, der MyShuttle Zug nahm diese als Hindernisse wahr.
 - **Lösungsvorgehen:** Mapping gemäss Planung der Baustellen.



Eigene Aufnahme

– Vegetation

- **Herausforderung:** In die Strasse hängende Büsche und Gräser störten den MyShuttle Zug Betrieb.

Vegetation, die beim Mapping der Strecke nicht vorhanden war, stört nun nach dessen Wachstum die Sensorik. Das Fahrzeug kann Hindernisse nicht unterscheiden und behindert den Fahrbetrieb (auch wenn es sich in diesen Fällen um einzelne Blätter oder Grashalme handelt, die in die Fahrbahn reinragen).

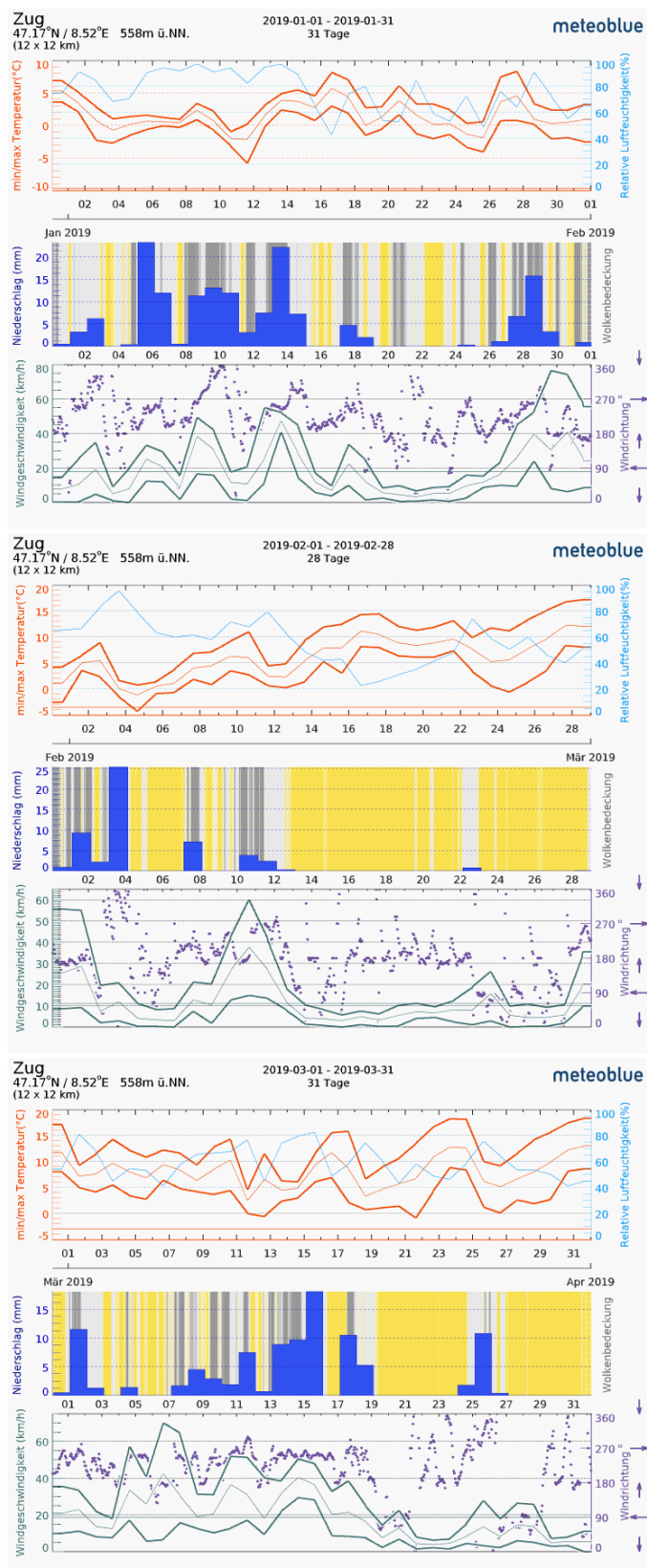
Lösungsvorgehen: Die Sicherheitsfahrer dokumentieren die behindernde Vegetation und veranlassen beim städtischen Werkhof und der Abteilung Verkehr, die Vegetation (soweit möglich) zu beseitigen.



Eigene Aufnahme

– Wetterbedingungen

- **Herausforderung:** Bei schlechtem Wetter wie Schnee ist die Leistung des MyShuttle Zug stark beeinträchtigt. Schnee verändert und beeinträchtigt die Wahrnehmung der Sensoren des Fahrzeugs. Der Winter 2018/2019 war besonders niederschlagsreich und die anhaltende Kälte hat grossenteils einen durchgehenden Betrieb verhindert. Zwischen Februar und März wurde der Betrieb aufgrund von Schnee und seinen Folgen mehrere Wochen unterbrochen.
- **Lösungsvorgehen:** Mit den bestehenden Sensoren ist keine Fahrt möglich. Eine technisch mögliche, aber in diesem Projekt nicht umsetzbare, Lösung wären zusätzliche Sensoren wie Radar und Kameras.



– Klimaanlage

- **Herausforderung:** Die Auslässe der Klimaanlage waren falsch positioniert und haben die Sicherheitsfahrer direkt in Kopfhöhe angeblasen, was während der Fahrt nicht erträglich war.
- **Lösungsvorgehen:** Eine Umlenkbende wurde vor die Auslässe montiert, um den Luftstrom über die Sicherheitsfahrer hinweg zu lenken. Die Blende wurde im 3D-Druck-Verfahren in der Werkstatt der SBB konstruiert und erzeugt.



Eigene Aufnahmen

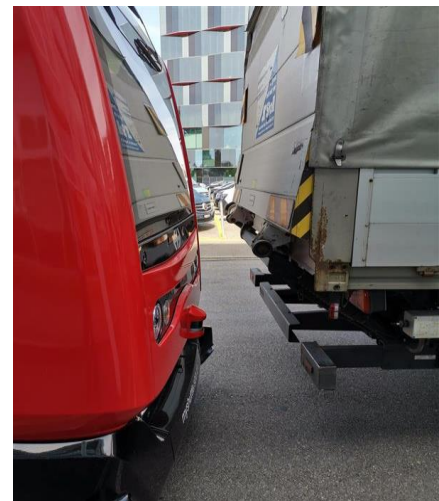
– Türen

- **Herausforderung:** Sobald das Fahrzeug steht, werden die Türen zur Öffnung frei gegeben. Diese könnte im Publikumsverkehr zu gefährlichen Situationen an den Kreuzungen führen.
- **Lösungsvorgehen:** Es befindet sich zusätzlich zum Sicherheitsfahrer eine Begleitperson im Fahrzeug. Diese Person stellt sicher, dass die Türsteuerung nur unter sicheren Umständen betätigt wird.



Eigene Aufnahmen

- Geschwindigkeit
 - **Herausforderung:** Relativ hohe Geschwindigkeiten der anderen Verkehrsteilnehmenden im Gegensatz zu den derzeit technischen Möglichkeiten des MyShuttle Zug.
 - **Lösungsvorgehen:** Die aktuelle maximale Reisegeschwindigkeit – 13.5 Km – wird auf 16 Km/h erhöht. Das Projektziel ist die Erhöhung der maximalen Reisegeschwindigkeit auf 20 km/h.
- Falsch parkierte Fahrzeuge und/oder Blockieren durch Fahrzeuge in der MyShuttle Zug Fahrspur
 - **Herausforderung:** Es gab Fahrzeuge (Autos und Velos) und Fussgänger, die die Verkehrsregeln nicht einhalten und somit die Fahrspur des Shuttles behindern.
 - **Lösungsvorgehen:** Der Sicherheitsfahrer schaltet in den manuellen Modus, um das Objekt zu umfahren und somit den Verkehrsfluss nicht zu blockieren.



Eigene Aufnahmen

3. Betriebliche Analyse

3.1. Verzögerte Betriebstart und Anzahl der Fahrzeuge

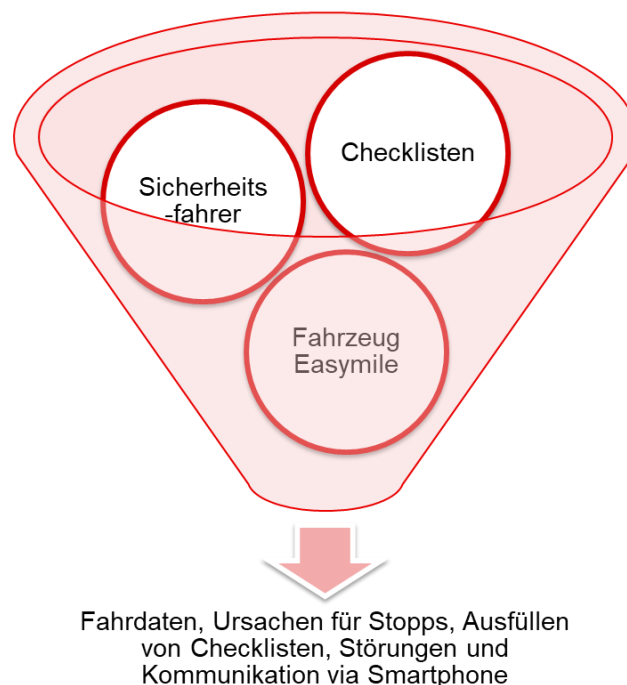
Das Projekt MyShuttle Zug wurde Anfang 2017 mit dem von Local Motors entwickelten Fahrzeug «Olli» gestartet. Die Zusammenarbeit endete jedoch auf Grund organisatorischer Probleme innerhalb Local Motors rasch im Frühjahr 2017. Das Projekt wandte sich dann an einen neuen Hersteller, der den Spezifikationen und Anforderungen von Bundesamt für Strassen (ASTRA) sowie des Projekts besser entsprach. Nach technischen Tests wurde das Fahrzeug EasyMile EZ10 im Mai 2018 offiziell zugelassen. Auf Grund der niedrigen technischen Reife des Fahrzeuges entschied sich das Projekt aus Effizienzgründen statt der geplanten zwei nur ein Fahrzeug anzuschaffen.

3.2. Betriebliche Kennzahlen

Für den Betrieb wurden drei Hauptrollen definiert: Sicherheitsfahrer (SiFa), Betriebszentrale (BZ) und Betriebsleitung. Angaben zu den einzelnen Rollen und Aufgaben sind dem Betriebskonzept zu entnehmen. Der tägliche Betrieb beinhaltet jeweils das Prüfen des Fahrzeugs anhand definierter Checklisten (In/Out und bei Ereignis Vorfalldreport). Die Daten werden digital erfasst.

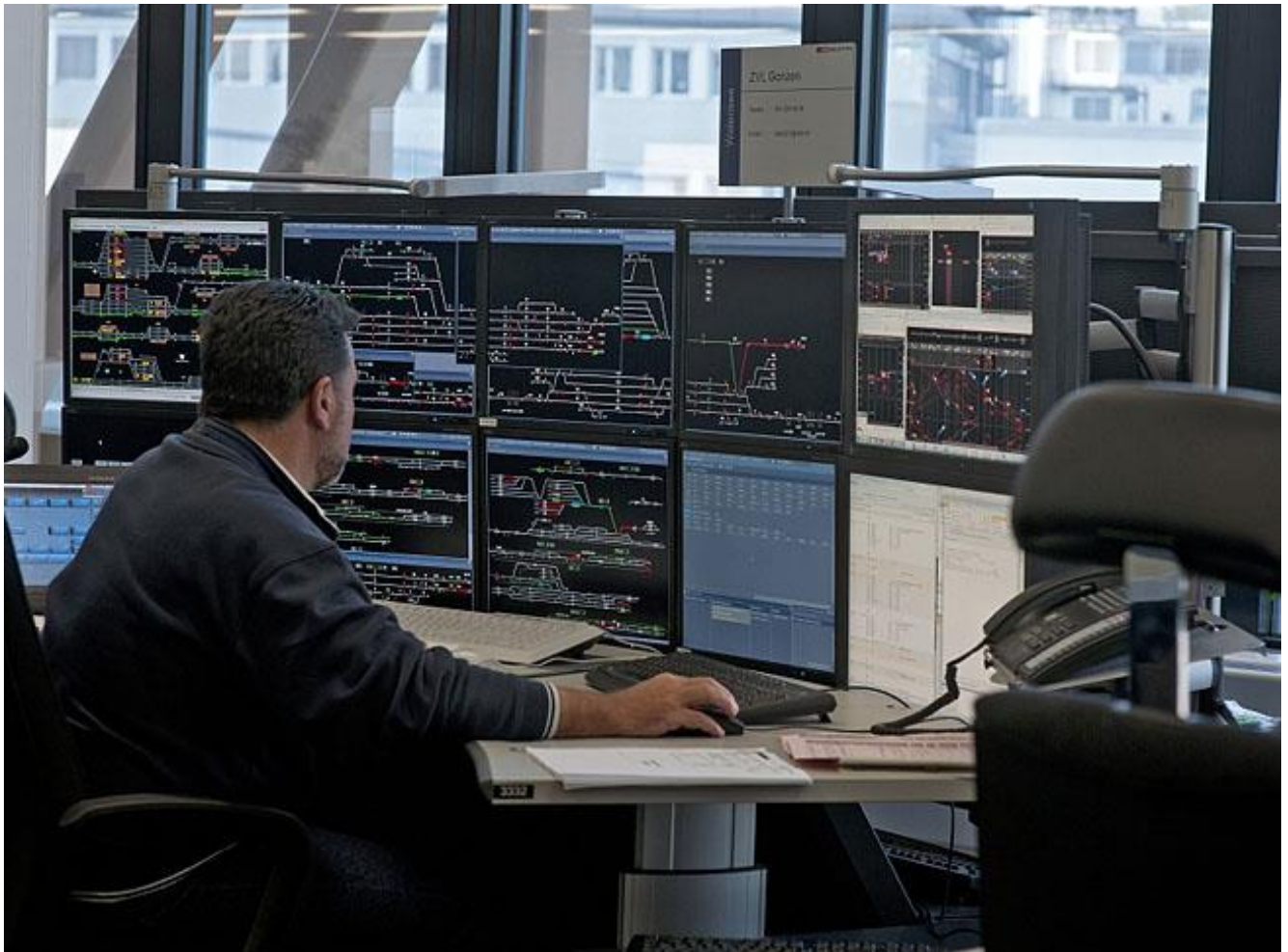
Als Grundlage für die betrieblichen Kennzahlen dienen die EasyMile Datenlogs und die Checklisten, welche von den Sicherheitsfahrern ausgefüllt werden. Die Checklisten dienen als Betriebssicherung, aber auch als Informationsbericht für die Betriebsleitung und Betriebszentrale.

Alle betrieblichen Kennzahlen wurden aus den Checklisten und den EasyMile Datenlogs abgeleitet. Dabei wurde der Zeitraum von 1. Januar 2019 bis zum 30. Juni 2019 berücksichtigt.



MyShuttle Zug wurde so weit wie möglich in die normalen Abläufe der Betriebszentrale der SBB integriert. Die Betriebszentrale übernimmt die Fernüberwachung des sich im Einsatz befindenden Fahrzeuges und unterstützt den operativen Einsatz durch ein 4-Augenprinzip. In der Betriebsleitzentrale wird der Betriebskoordinator durch eine Steuerungssoftware von EasyMile unterstützt.

Bei betrieblichen Abweichungen wird die Betriebszentrale über die Steuerungssoftware benachrichtigt (z.B. Batteriestände, Not-Stopps etc.). Die BLZ hat die Möglichkeit in direkten Kontakt mit dem Sicherheitsfahrer zu treten, sei es per Telefon, sei es per Microsoft Teams (App) – auch ausserhalb der geregelten Prozesse. Die Betriebszentrale überprüft zu Tagesbeginn jeweils die Betriebsfreigabe und am Abend das Betriebsende.



SBB Betriebszentrale (SBB)

3.3. Prozesse

Die Prozesse von MyShuttle Zug sind in die Prozesslandkarte der SBB Infrastruktur integriert. Sie gewährleisten die Dienstleistungen im Zusammenhang mit Sicherheitsfahrern und tragen zur Erreichung langfristiger Ziele bei.

Automatisierten Ablauf: Befüllung der CL (In/Out/BLZ) generiert automatisiertes E-Mail an Projektbeteiligte

Betriebsaufnahme

CheckIn Liste SiFa
CheckIn BLZ (Zürich)

Störungsmanagement

Vorfallreport pro SiFa
Mitteilung durch MS Teams
Chat falls etwas schief läuft

Betriebsende

CheckOut Liste SiFa
CheckOut BLZ

EasyMile Datenlogs: Alle Betriebsindikatoren werden durch das Fahrzeugsystem gesichert. Als Indikatoren gelten zurückgelegte Distanz, Fahrzeug-Daten und Kilometerstand.

Neben einer abgeschlossenen Schulung für die Sicherheitsfahrer, müssen stets auch betriebliche Rahmenbedingungen erfüllt werden. Um diese Bedingungen besser nachvollziehen zu können, muss man zunächst verstehen, dass MyShuttle Zug auf einer programmierten, virtuellen Schiene fährt. Im täglichen Betrieb werden durch die Sicherheitsfahrer wesentliche Daten durch Smartphones erfasst. Sie zählen beispielsweise die Fahrgäste und notieren wichtige Ereignisse während des Betriebs. Für die Auswertung der Daten stehen folgenden Quellen zur Verfügung:

- EasyMile Datenlogs: diese Daten werden von der Software des Fahrzeugs erfasst.
- Checklisten (In/Out/Vorfallreport) welche durch Sicherheitsfahrer und Betriebskoordinatoren ausgefüllt werden
 - Die Checklisten wurden zuerst in Papierform aufgelegt und dann April 2019 über Microsoft Forms-Anwendung digitalisiert.

Check-out Liste Betriebsende

Dieser Report ist jedes Mal durch den Sicherheitsfahrer auszufüllen, wenn der Betrieb beendet wurde. Bei reinen Testfahrten können die ersten 3 Fragen ignoriert werden.

- Welcher Sicherheitsfahrer war im Fahrzeug?
 - ☐ Behim Rüstemi
 - ☐ Pascal Brochen
 - ☐ Abraham Fägler
 - ☒ Martin Pirovaci
 - ☐ _____
- Anzahl transportierte Fahrgäste total: 0
- Fahrzeugdaten
 - ☒ Akku Fahrzeug 33.5
 - ☐ Kilometerstand Fahrzeug 559 km
- Vorfälle
 - ☐ Schäden und Mängel sowie Probleme mit Vorfalformular protokollieren
- Fahrzeug ausser Betrieb nehmen
 - ☒ Fahrt in der EasyMile-App beenden
 - ☒ Notstopplaste im Fahrzeug und auf der Bedienkonsole drücken
 - ☒ Fahrtrichtungswechsel auf "Manu" stellen
 - ☒ Abmelden beim smartVLU
 - ☒ Abmelden bei Betriebsassistent
 - ☒ Reinigung innen und aussen, inkl. Sensoren nach Bedarf
 - ☒ Tür schliessen
 - ☒ Hauptschalter auf "Aus" stellen
 - ☒ Ladegerät anschliessen, Hauptschalter auf "Charge" stellen
 - ☒ Ladegerät prüfen (Blicklicht orange)
- Bestätigung
 - ☒ Ich bestätige hiermit, alle aufgeführten Punkte gewissenhaft durchgeführt zu haben.

Vorfälle:
 Auto Notstop II überholendes Auto
 Hupende Autos III
 Stinkefinger III
 Keine Fahrt am Nachmittag

Swisscom 4G+ 45% 2.2 K/s 12:10

https://forms.office.com

3. Was ist genau passiert
Bitte auf die Ursache klicken und direkt zur entsprechenden Fragen gehen

- ☐ Kollision
- ☒ Automatischer Emergency-Stopp
- ☐ Manueller Emergency-Stopp (durch Sicherheitsfahrer in Gefahrensituation)
- ☐ Manuelle Umfahrung
- ☐ Lokalisierungsprobleme
- ☐ Technisches Problem
- ☐ Andere Ursache

4. Kollision

Während in Checklisten betriebliche Daten wie Start- und Endzeit des täglichen Betriebs, signifikante Störungen und zurückgelegte Kilometer und Anzahl der transportierten Personen durch die Sicherheitsfahrer gemeldet werden, enthalten die EasyMile Datenlogs Angaben zu Fahrdaten sowie jeglichen Eingriffen des Sicherheitsfahrers während des Betriebs des MyShuttle Zug.

3.4. Schichtplanung

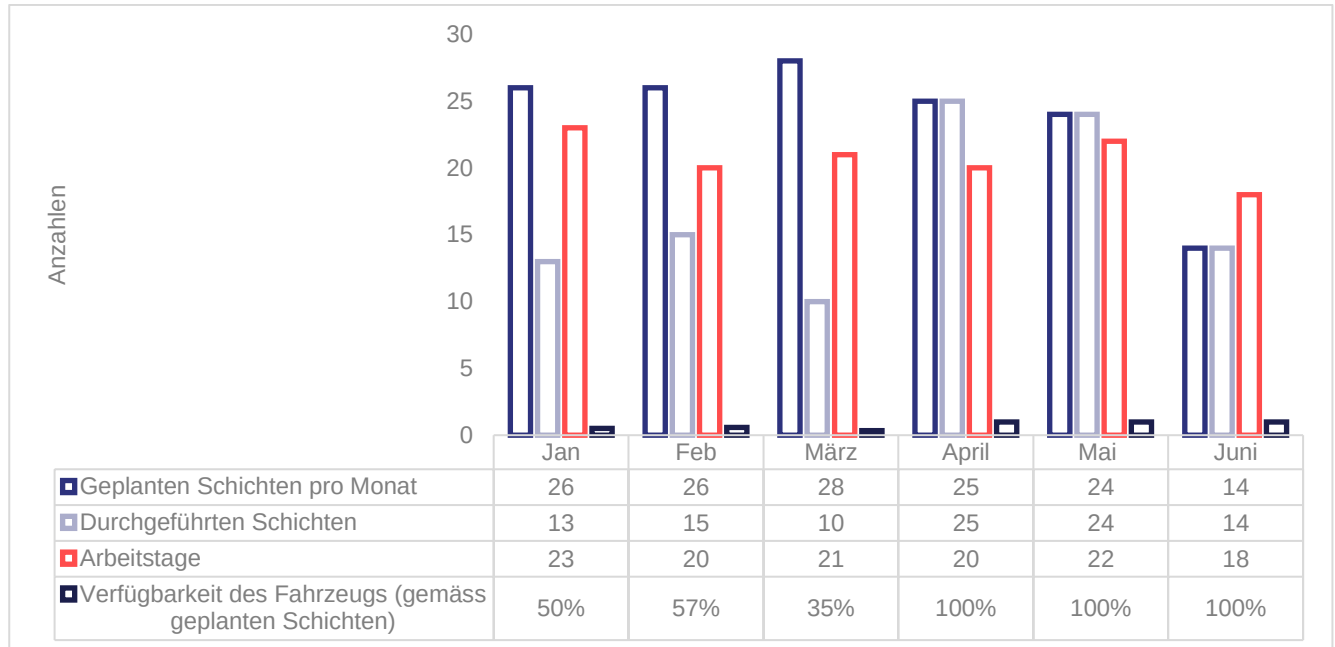
Die Einsatzplanung für die Sicherheitsfahrer sieht eine wöchentliche Rotation:

Einsatzplanung	Semester 1
Monate	Januar – Juni
Betriebszeiten	08.00h – 16.00h
Rotation	Die Schichten MYS1(Vormittag) und MYS2 (Nachmittag) sind wie folgt in der Disposition der ZVB erfasst: – MYS1 jeweils Montag bis Freitag – MYS2 jeweils Dienstag und Donnerstag
Bemerkung	Die Schichten beinhalten nicht nur das eigentliche Fahren, sondern auch die Fahrzeugvorbereitung (Inbetriebnahme), die Koordination mit der BZ SBB und mit dem anderen Sicherheitsfahrer, die Ausserbetriebnahme sowie alle Rapporte und falls nötig Wegzeiten.
Use Case	Während der Use Cases fährt der MyShuttle Zug zu einem festen Zeitpunkt für geplante Kundengruppen von 10.00h bis 16.00h

Der Reportingzeitraum betrug 6 Monate, d.h. 181 Tage, davon 124 mögliche Arbeitstage für den Einsatz des Fahrzeugs. Das Fahrzeug wurde im Februar und März 2019, wie in der folgenden Tabelle

dargestellt, eingeschränkt betrieben. Insgesamt lag die Verfügbarkeit des Fahrzeugs gemäss Einsatzplanung für das erste Halbjahr bei 73%.

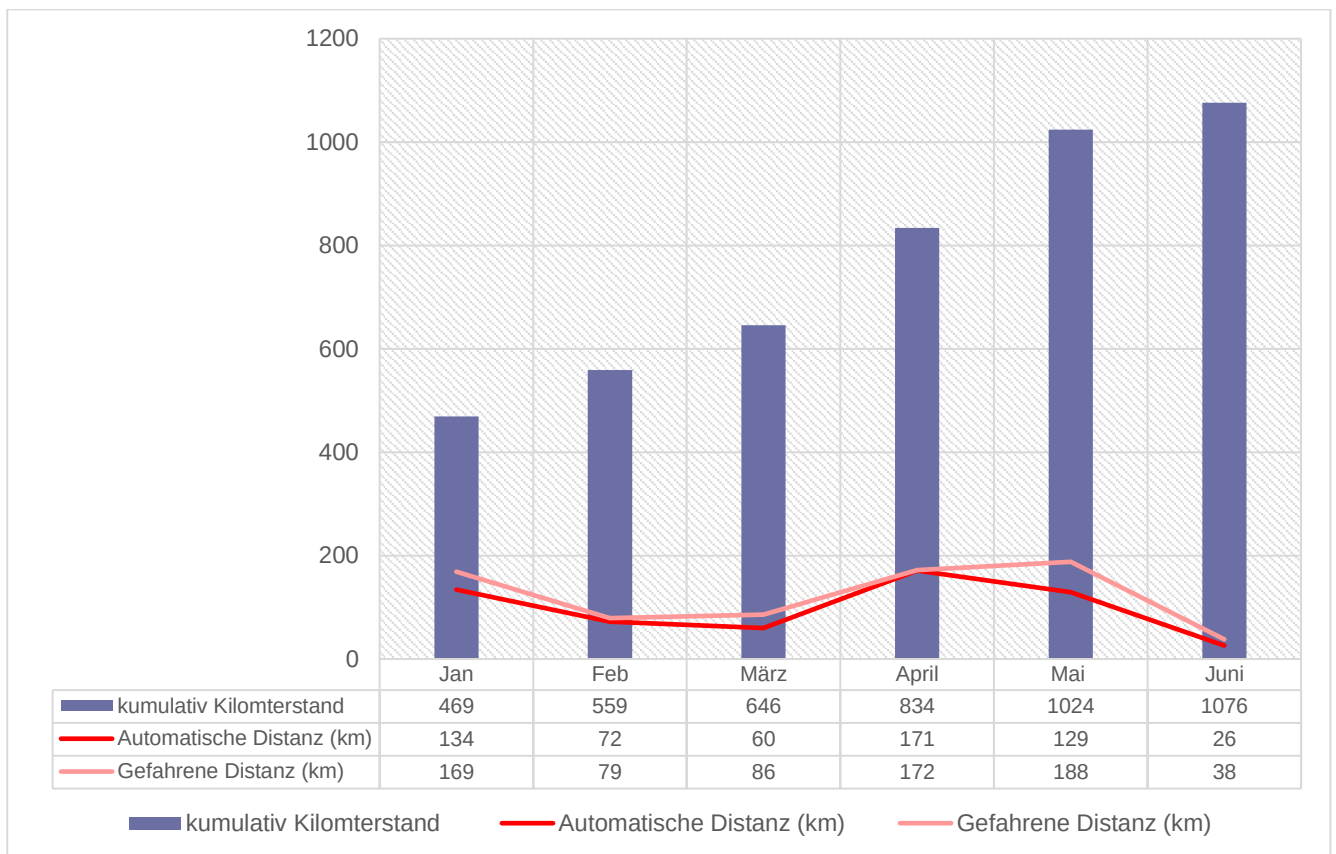
Verfügbarkeit des Fahrzeugs gemäss Schichtplanung



3.5. Gefahrene Kilometer

Die Fahrzeugtechnik bzw. deren Konfiguration wird permanent weiterentwickelt. Die aktuelle Maximalgeschwindigkeit von ca. 13km/h, mehrere technische Ausfälle sowie die hohe Komplexität der Strecke haben dazu geführt, dass die bis dato geleisteten Fahrkilometer geringer als bei anderen Pilotprojekten in der Schweiz sind. In Anbetracht des ambitionierten Projektsettings sind die Ergebnisse durchaus als positiv einzustufen, insbesondere dass 73% aller Kilometer automatisiert zurückgelegt werden konnten.

Dieser beachtliche Anteil ist darauf zurückzuführen, dass auf Grund der komplexen Strecke der Betrieb akribisch vorbereitet wurde und strenge Kriterien für die Fahrerlaubnis definiert und gelebt wurden.



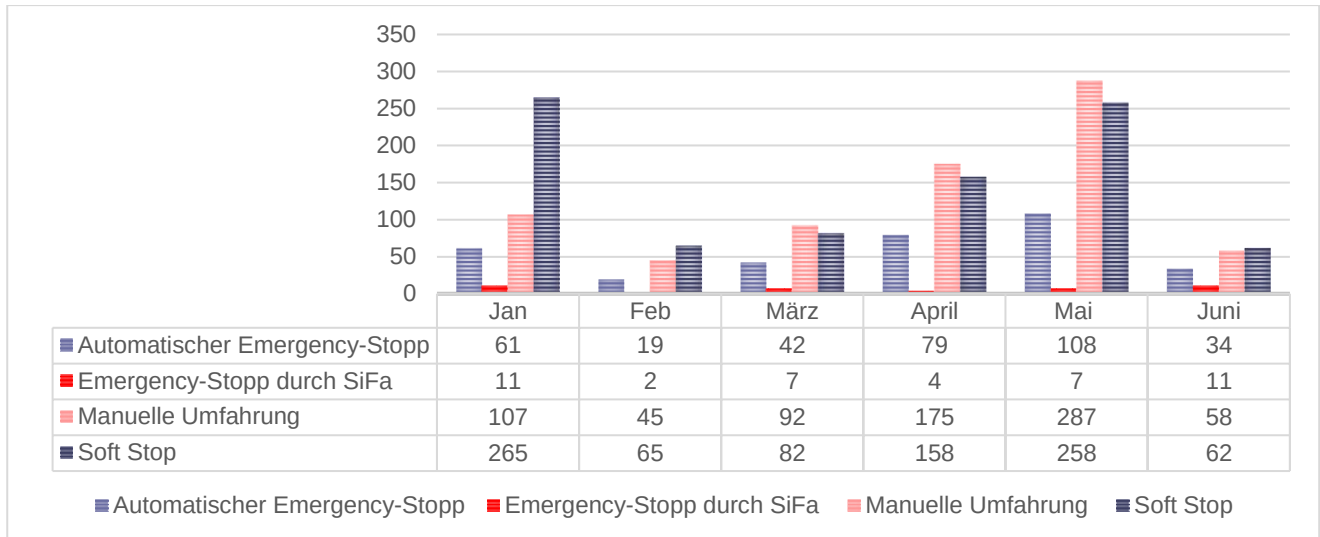
3.6. Wiederkehrende Ereignisse im Verkehrskontext

Die Sicherheitsfahrer sind verpflichtet, verschiedenen Eingriffe (manueller Modus) durchzuführen, wenn das Fahrzeug EZ10 auf Hindernisse stösst. Darüber hinaus müssen diese Eingriffe durch einen Vorfallreport dokumentiert werden. Bei einer maximalen Geschwindigkeit des EZ10-Fahrzeugs von 13,5 km/h ergeben sich etwa drei Eingriffe pro Kilometer. Die Anzahl der Eingriffe wird vor allem durch die Komplexität der Strecke und durch Hindernisse wie beispielsweise Baustellen oder falsch parkierte Autos beeinflusst.

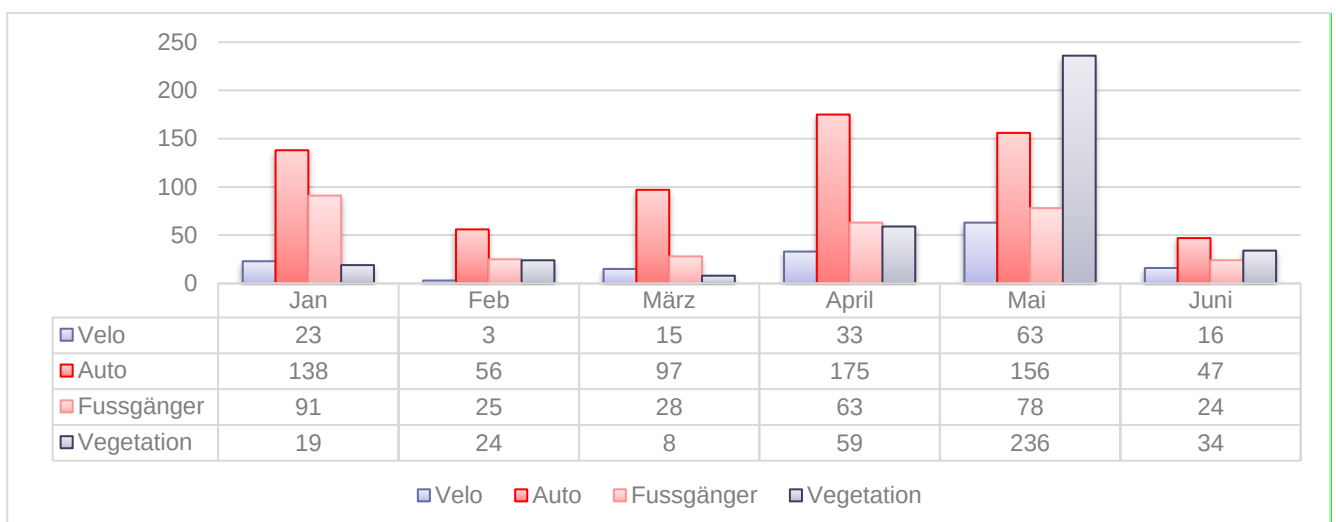
Untenstehende Tabelle zeigt die beiden häufigsten Eingriffe, die in den EasyMile Datenlogs aufgeführt sind. Statische Hindernisse wie Baustellen oder Vegetation führen zum automatischen Stopp des Fahrzeugs. Mobile Hindernisse wie Fussgänger oder Fahrräder führen zu manuellen Stopps durch den eingesetzten Sicherheitsfahrer.

3.6.1. Eingriffe in den Fahrbetrieb

Das untenstehende Diagramm stellt die verschiedenen Arten der Eingriffe in den Fahrbetrieb (Stopps) dar.



Emergency Stopps sind Nothalte, die das Fahrzeug in einer Gefahrensituation durchführt. Diese können auf Systemausfälle, jedoch mehrheitlich auf Hindernisse in der Fahrspur zurückverfolgt werden. Emergency Stopps werden durch das Fahrzeug automatisiert oder durch den SiFa durchgeführt. Manuelle Umfahrungen werden vorgenommen, wenn sich ein Hindernis in der Fahrspur des Fahrzeuges befindet, vorausgesetzt, es kann sicher umfahren werden. Ein Soft-Stop ist eine kontinuierliche Verringerung der Fahrgeschwindigkeit bis zum Stillstand, wenn das Hindernis bereits vorzeitig detektiert wird. Die vergleichsweise hohe Anzahl an Eingriffen im Mai ergibt sich aus Störungen durch die wachsende Vegetation und Softwareproblemen.



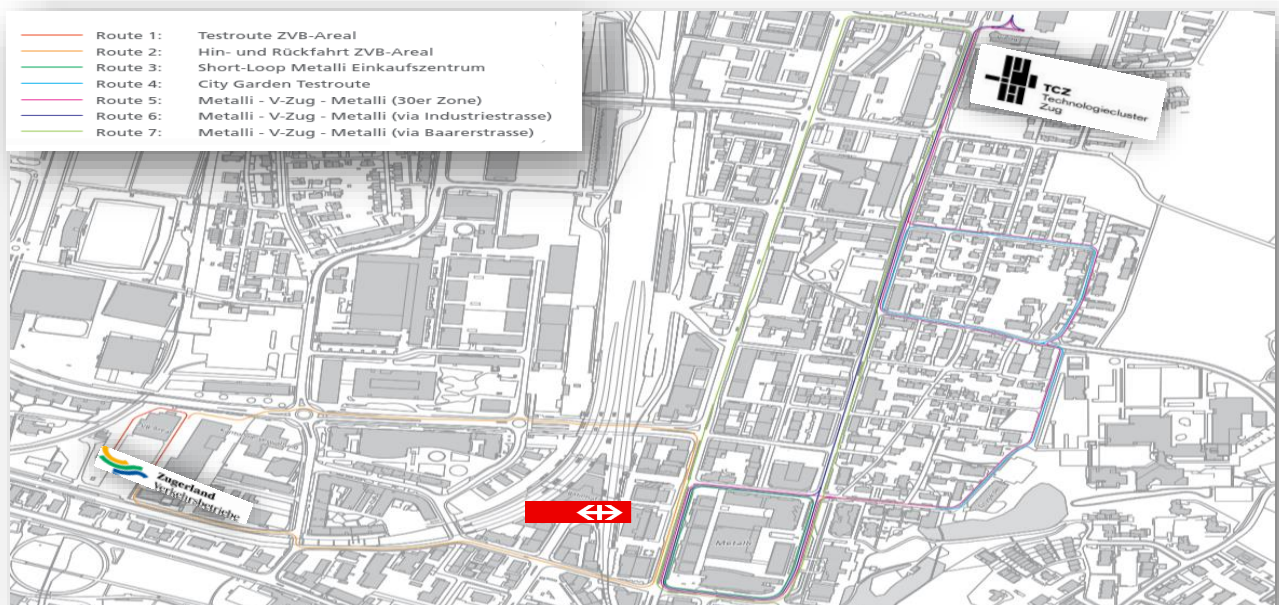
Die Gründe für Stopps inkl. Umfahrungen wurden ebenfalls erhoben. Mit dem wärmeren Wetter sind vermehrt Velos unterwegs, die das Fahrzeug behindern.

3.7. Linienführung inkl. Herausforderungen

Für den automatisierten Betrieb mussten vorab elektronische, hochauflösende Karten auf Basis von Stadtplänen der vorgesehenen Strecken von EasyMile erstellt werden. Die Sensoren des automatisierten Shuttles wurden zur Erfassung der Rohdaten verwendet. Dazu lenkte ein qualifizierter Sicherheitsfahrer das Fahrzeug manuell über die definierten Routen. Mit Hilfe von Sensoren bildete das Fahrzeug seine Fahrspur (2D-Karte) und seine Umgebung (3D-Karte) ab. Diese Karten wurden dann mit zusätzlichen Daten wie der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, auf einer vorbestimmten Strecke versehen. Der automatisierte Shuttle war somit in der Lage, seine eigene Position für das automatisierte Fahren auf der Strecke zu bestimmen, Hindernisse innerhalb der vorgegebenen Strecke zu identifizieren und die Verkehrsregeln einzuhalten.

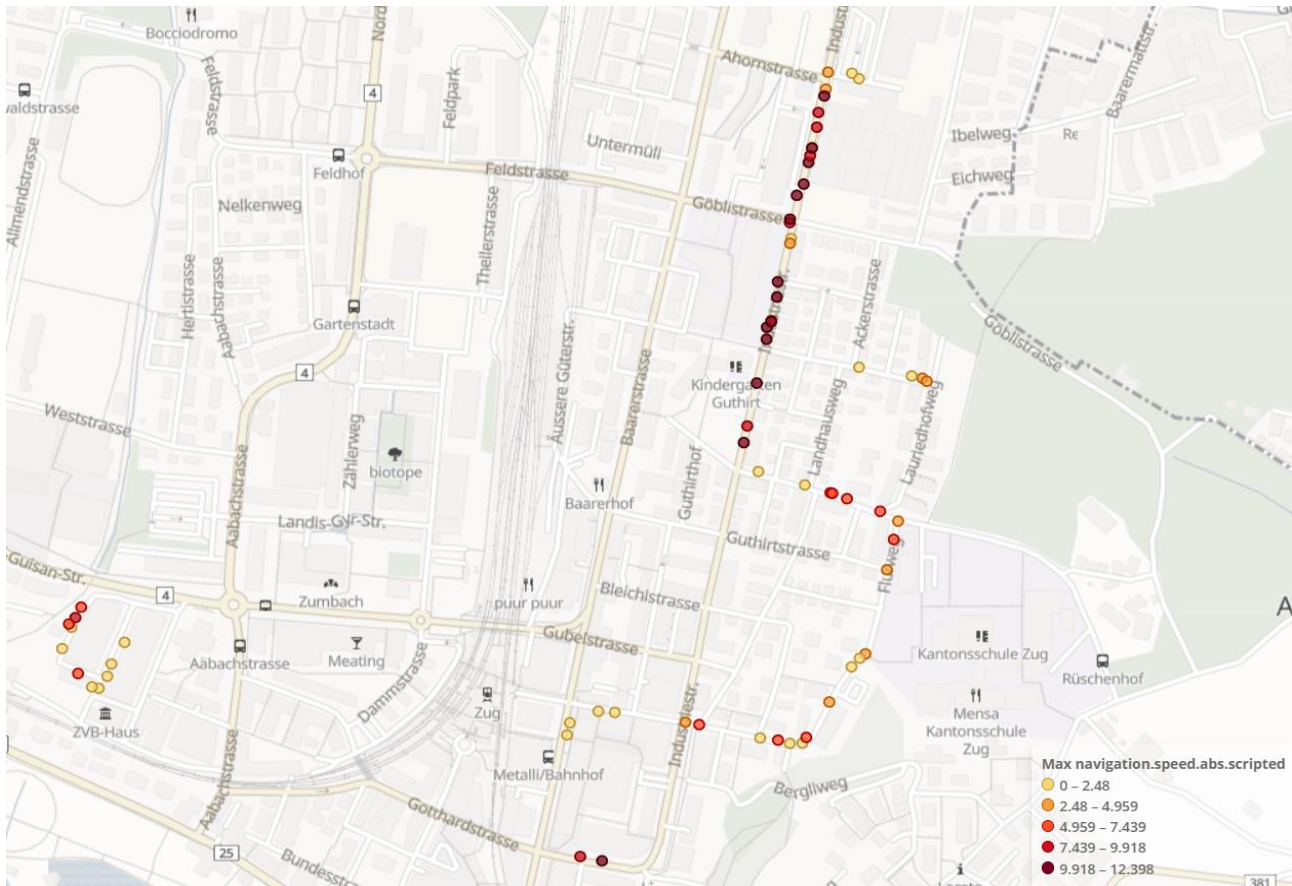
Die Zuordnung der geplanten Routen wurden vor Beginn des Pilotbetriebs getestet und regelmässig angepasst. Im Rahmen des Pilotprojekts wurden verschiedene Funktionsvarianten getestet. Zu diesem Zweck wurde das Pilotprojekt in verschiedene Phasen unterteilt, in denen sich der gewünschte Kundennutzen mit jeder neuen Phase verbesserte und die Routen entsprechend angepasst wurden. Von den sieben eingereichten Strecken konnten zum Zeitpunkt dieses Berichts bereits fünf automatisiert gemeistert werden. Folgende Kriterien wurden für die Routenwahl seit Projektbeginn berücksichtigt:

- Verkehrsorientierte und gut ausgebaute Strassen (Baarer-, Industrie und Gubelstrasse): Wenig technische und betriebliche Probleme aus Projektsicht; hohe Behinderungen des übrigen Verkehrs aufgrund der hohen Geschwindigkeitsdifferenz
- Siedlungsorientierte Strassen: Hohe Umwelteinflüsse - z.B. Vegetation, Enge des Verkehrsraums zwingt übrige Verkehrsteilnehmer zu engem Überholen - stören den Betrieb; weniger Behinderungen des Verkehrs aufgrund der geringeren Verkehrsmengen



Entlang der Strecke wurden die Emergency-Stopps erhoben. Die folgende Grafik zeigt, mit welcher Geschwindigkeit (km/h) die Stopps durchgeführt wurden. Es lässt sich aus der Grafik nicht auf die absolute Häufigkeit der Stopps schliessen, allerdings ist abzuleiten, dass bei Abschnitten mit mehreren Markierungen die Häufigkeit der Stopps höher ist.

Die Stopps entlang der Industriestrasse sind auf Baustellen und überholende Fahrzeuge nahe im Sensorbereich zurückzuführen. Die Stopps beim City Garden Hotel / Kantonsschule beziehen sich auf die Vegetation, die topographische Beschaffenheit und den gelegentlichen Verlust des GPS-Signals. Die Stopps um das Metalli Einkaufszentrum waren bedingt durch erhöhtes und dichtes Verkehrsaufkommen und den zahlreichen Velospuren und Velofahrern.



4. Fazit und Ausblick

Nach anfänglichen technischen Schwierigkeiten und betrieblichem Synchronisationsaufwand hat sich der Betrieb eingependelt.

Die bevorstehenden Publikumsfahrten werden im Sinne eines Stresstest die betrieblichen Grenzen des Projekts testen. Im Anschluss wird sich das Projekt auf Kundeninformation bzw. die ÖV-Integration konzentrieren und die Machbarkeit von Fahrten auf Verlangen testen.

Anfang 2020 der Projektendbericht erstellt, welcher dann veröffentlicht wird.