

«STL Linie 13», Schaffhausen

Halbjahresbericht 3: Projektverlauf und Erkenntnisse im dritten Halbjahr nach Bewilligung durch die Geschäfts- stelle des UVEK



Verfasser: A. Kaiser, C. Nägeli, C. Mauelshagen

Periode: März bis August 2024

Schaffhausen, 13.09.2024

Swiss Transit Lab

Freier Platz 10 | 8200 Schaffhausen | Switzerland

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	3
2 Das Projekt in Kürze	3
3 Übersicht der Meilensteine	4
4 Betrieb zwischen März und August 2024	5
4.1 Hervorragende technische Zuverlässigkeit	5
4.2 Finanzierung des Betriebs bis Ende 2024	5
4.3 Personalbestand.....	6
4.4 Vier Betriebstage pro Woche	6
4.5 Einmalig beobachtete Dampfbildung im Fahrgastraum.....	6
4.6 Öffentliches Interesse noch immer beachtlich	7
4.7 Begleiter «Ivy» mit künstlicher Intelligenz	8
4.8 Erkenntnisse fliessen direkt in Hochschulstudie ein	8
5 Sicherheitsrelevante Vorkommnisse	8
6 Betriebskennzahlen	8
7 Erkenntnisse aus dem Betrieb der «STL Linie 13»	10
8 Ausblick.....	10

1 Einleitung

Dieser Bericht knüpft an die ersten zwei Halbjahresberichte zur «STL Linie 13» vom 17. Oktober 2023 und 12. März 2024 zuhanden des Bundesamts für Strassen (ASTRA) an und stellt die Ereignisse und Erkenntnisse des Betriebs zwischen März und August 2024 vor. Auf den Projektbeschreibung und eine Übersicht der erreichten Meilensteine folgt ein umfassender Beschrieb des Pilotbetriebs in der betreffenden Periode. Dabei werden der Projektverlauf, die Betriebskennzahlen, spezielle Vorkommnisse sowie aufgetretene Herausforderungen im Betrieb der «STL Linie 13» dargestellt. Zuletzt erfolgt ein Ausblick auf die letzte Betriebsperiode des Pilotprojekts «STL Linie 13» von September bis Ende 2024 und die weitere Zukunft des Fahrzeugs.

2 Das Projekt in Kürze

Erstmals wird in der Schweiz ein automatisiertes Fahrzeug mit Dual-Mode-Technologie auf öffentlichen Strassen eingesetzt. Zum Einsatz kommt ein handelsübliches Elektrofahrzeug der Marke Toyota, ausgerüstet mit Sensor- und Aktor-Technologie für automatisiertes Fahren des finnischen Technologieanbieters Sensible4.

Mit der «STL Linie 13» erprobt das Swiss Transit Lab (STL) den Einsatz neuester Technologien im öffentlichen Strassenverkehr und die Anbindungen der ersten bzw. letzten Meile. Weiter liegt der Fokus auf der Nutzung und Entwicklung künftiger Mobilitätsdienstleistungen unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der Fahrgäste. Zentral dabei sind Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz, Kommunikation und Beteiligung verschiedener Interessensgruppen. Das Pilotvorhaben wird direkt im Zentrum von Schaffhausen zwischen dem Bahnhof und dem neu entwickelten Areal Stahlgieserei realisiert. Mit an Bord ist immer auch eine Sicherheitsfahrerin oder ein Sicherheitsfahrer, welche/r die Fahrt überwacht und bei Bedarf eingreifen kann.

Für das Pilotprojekt wurden vier Forschungshypothesen aufgestellt, welche das STL mit dem Betrieb der «STL Linie 13» prüfen möchte:

- **Hypothese 1:** Die Dual-Mode-Technologie führt im Vergleich zu einem spezifischen automatisierten Shuttle zu einer besseren Einsatzfähigkeit mit weniger Ausfallzeiten, einfacher Manövrierfähigkeit und geringeren Betriebskosten.
- **Hypothese 2:** Der gewohnte «Look-and-Feel» sowie die Funktionsweise des OEM-Fahrzeugs wird die Akzeptanz und das Vertrauen bei den Passagieren und der Bevölkerung im Allgemeinen erhöhen.
- **Hypothese 3:** Der Dual-Mode-Minibus mit Sensible4-Technologie ist fähig, die programmierte Strecke hochautomatisiert (Level 4, ohne Eingriff des Sicherheitsfahrpersonals) zu befahren.
- **Hypothese 4:** Die Technologie unseres Partners Sensible4 ist in der Lage, unter allen in der Schweiz zu erwartenden widrigen Wetterbedingungen sicher zu funktionieren.

Am 29. April 2023 startete der Pilotbetrieb der «STL Linie 13». Bereits erstellte Zwischenberichte vom Oktober 2023 und März 2024 zuhanden des ASTRA und fassten folgende Vorkommnisse und Erkenntnisse seit Genehmigung des Pilotbetriebs (Februar 2023) zusammen:

- Die technische Verfügbarkeit des Busses lag bei 95%. Das Sensible4-System (Hardware und Software) erwies sich demnach als sehr robust.
- Die Dual-Mode-Technologie bewährte sich zu allen Jahreszeiten. Der Betrieb der «STL Linie 13» musste zu keinem Zeitpunkt wetter- oder witterungsbedingt unterbrochen oder gar eingestellt werden.
- Schneefall und schneebedeckte Strassen hatten keinen Einfluss auf das Fahrverhalten im automatisierten Modus. Lediglich die durch die Schneeräumung entstandenen Schneehaufen am Strassenrand erforderten in wenigen Fällen eine kurzzeitig manuelle Steuerung des Fahrzeugs durch das Begleitpersonal.
- Hohe Gräser entlang der Fahrspur im Frühjahr und abfallende Blätter im Herbst beeinflussten das Fahrverhalten des Busses im automatisierten Modus. Der Bus registrierte die Gräser und grossen Laubblätter als Hindernis und bremste ab, was für andere Verkehrsteilnehmende

teilweise unerwartet kam und diese zu abruptem Bremsen oder vermehrten Überholmanövern verleitete. Am 8. September 2023 führte ein entsprechendes Überholmanöver zu einer leichten Auffahrkollision verursacht durch das überholende Fahrzeug mit geringfügigem Sachschaden.

- Infolge der Insolvenz des Technologiepartners Sensible 4 war eine Weiterentwicklung der Technologie ab Juli 2023 nicht mehr möglich.
- Die sehr selten auftretenden Störungen am automatisierten System konnten schnell behoben werden.
- Die Fahrgastzahlen lagen unter den Erwartungen und konnten mit entsprechenden Bekanntmachungsmassnahmen nur bedingt erhöht werden.
- Die «STL Linie 13» sorgte national und international für Aufmerksamkeit – nebst Empfängen von Delegationen aus der Schweiz, Deutschland und China bestand auch seitens der Medien ein beachtliches Interesse.

Die automatisierte Buslinie «STL Linie 13» ist bis spätestens Ende 2024 von Mittwoch bis Samstag zwischen 10.00 Uhr und 14.00 Uhr in Betrieb.

3 Übersicht der Meilensteine

Seit Erteilung der Bewilligung durch die Bundesämter Anfang Februar 2023 verlief das Projekt «STL Linie 13» entlang der folgenden Meilensteine. In den Zeitraum dieses Berichts fallen die Ereignisse zwischen März und August 2024 (in schwarz hervorgehoben).

Termin / Zeitraum	Meilenstein
03.02.2023	Erteilung der Verfügung für das Pilotprojekt «STL Linie 13 Schaffhausen» durch die Geschäftsstelle des UVEK
04.02.2023 bis 27.02.2023	Rekrutierung Sicherheitsfahrer und Sicherheitsfahrerinnen für die «STL Linie 13»
27.02.2023 bis 12.03.2023	Mapping Pilotstrecke Mühltal durch Sensible4 und funktionale Testfahrten mit dem Fahrzeug
13.03.2023 bis 27.04.2023	Schulungen der neun Sicherheitsfahrer und Sicherheitsfahrerinnen auf dem Testgelände ZVS und im Mühltal
24.03.2023	Launch Event «STL Linie 13» mit virtueller Fahrt in der Rhyality Immersive Art Hall in Neuhausen
28.04.2023	Offizielle Eröffnung der «STL Linie 13» mit ersten Fahrgästen auf Betriebsfahrt
29.04.2023 bis 31.08.2023	Ordentlicher Betrieb , Montag bis Samstag von 10:00 bis 14:00 Uhr; diverse Empfänge von Delegationen aus dem In- und Ausland
26.06.2023	Mitteilung des Technologiepartners Sensible4 zur Einleitung des Insolvenzverfahrens des Unternehmens Sensible4 .
31.08.2023	Vier Monate stabiler und reibungsloser Betrieb mit rund 770 Fahrgästen und 1900 gefahrenen Kilometern
17.10.2023	Erster Halbjahresbericht zuhanden des ASTRA
02.12.2023	Reibungsloser Betrieb bei Schneefall und schneebedeckter Strasse : Weitere Bestätigung der Hypothese «Allwettertauglichkeit»
27.12.2023	200 Betriebstage «STL Linie 13» ohne signifikante Zwischenfälle und Ausfallzeiten

Termin / Zeitraum	Meilenstein
31.12.2023	Erfolgreicher Abschluss des Förderprojekts durch die Regional- und Standortentwicklung (RSE) des Kantons Schaffhausen
31.12.2023	Abschluss Datenerhebung Akzeptanzstudie sowie Aufbereitung der Resultate für die Publikation
08.01.2024 bis 20.01.2024	Testweiser Abendbetrieb der «STL Linie 13» von 19:00 bis 22:00 Uhr (entsprechende Dokumentation und Ergebnisse in diesem Bericht)
29.02.2024	Zehn Monate stabiler und reibungsloser Betrieb mit rund 1'700 Fahrgästen und 4'700 gefahrenen Kilometern
12.03.2024	Zweiter Halbjahresbericht zuhanden des ASTRA
02.03.2024	1000 Betriebsstunden der «STL Linie 13»
01.04.2024	Installation und Inbetriebnahme der künstlichen Sprachassistentz Ivy zur Erprobung der Kommunikation zwischen Passagier und Fahrzeug
April 2024	Unterzeichnung von Sponsoring-Verträgen zur finanziellen Sicherung des weiteren Betriebs der «STL Linie 13» bis Ende 2024
29.04.2024	Einjähriges Jubiläum der «STL Linie 13» - Der selbstfahrende Bus ist seit einem Jahr ohne Unterbruch unterwegs!
01.05.2024	Neue Betriebszeiten der «STL Linie 13»: Mittwoch bis Samstag
12.06.2024	Wissenstransfer – Die Haute école spécialisée de Suisse occidentale (HES-SO) besucht für ihre Studien die «STL Linie 13»

4 Betrieb zwischen März und August 2024

Während der dritten Berichtsperiode von März bis August 2024 lag der Projekt-Fokus auf der Fortsetzung des sicheren und stabilen Pilotbetriebs. Mit der Implementierung von IVY, einem KI-Bot zur Interaktion und Kommunikation zwischen dem Fahrzeug und den Fahrgästen, gelangte ein weiteres technologiebasiertes Teilprojekt in die Anwendung. Aktivitäten und Erkenntnisse werden in den folgenden Unterkapiteln erläutert.

4.1 Hervorragende technische Zuverlässigkeit

Der Betrieb im Betrachtungszeitraum März bis August 2024 verlief sehr gut und beinahe störungsfrei. Die «STL Linie 13» war in diesem Zeitraum 470 Stunden im ordentlichen Einsatz und fiel lediglich eine Stunde aus. Somit ergibt sich eine technische Verfügbarkeit des Fahrzeugs und der «STL Linie 13» von 99.8% für den Betrachtungszeitraum. Über die gesamte Projektdauer liegt die technische Verfügbarkeit aktuell bei 97%. Am 2. März 2024 wurde die 1'000 Betriebsstunde erreicht.

4.2 Finanzierung des Betriebs bis Ende 2024

Die Projektfinanzierung der «STL Linie 13» durch Fördermittel, Projektpartner und Eigenleistungen der Projektorganisation stellte den Betrieb bis Ende Q1 2024 sicher. Entsprechend der Bewilligung durch das Bundesamt ASTRA bis Februar 2025, hat sich der Verein Swiss Transit Lab zum Ziel gesetzt das Projekt bis Ende des Jahres 2024 weiterzuführen. Durch grosszügige Zuwendungen von Sponsoren, insbesondere von Toyota Schweiz, steht diesem Ziel aus finanzieller Sicht nichts im Wege. Die Weiterführung der «STL Linie 13» war und ist wichtig, um dem Thema «automatisiertes Fahren» in der Schweiz ein Gesicht zu geben und die Technologie für Interessierte erlebbar

zu machen bis Folgeprojekte aufgelegt sind. Ab 2025 kann unter neuer Schweizer Gesetzgebung und Verordnung ein ordentlicher Betrieb (in Abgrenzung zu Pilotbetrieb) erstmals ohne Begleitpersonen möglich werden.

4.3 Personalbestand

Das Projektteam führt regelmässige Zusammenkünfte mit den Sicherheitsfahrpersonen der «STL Linie 13» durch. Dabei werden aktuelle Vorkommnisse ausgetauscht, betriebsspezifische Herausforderungen besprochen und die persönliche Perspektive der Sicherheitsfahrenden abgefragt. Allgemein lässt sich beobachten, dass die Motivation der Sicherheitsfahrenden aufgrund der stagnierenden technischen Entwicklung der «STL Linie 13» - verständlicherweise - sinkt.

Aufgrund persönlicher Veränderungen im Fahrer:innen-Pool ist der Bestand an Sicherheitsfahrenden im Projektverlauf von anfänglich neun ausgebildeten auf aktuell noch fünf Personen geschrumpft. Das Team ist damit an einer kritischen Grösse angelangt. Bisher konnten alle Schichten dank der hohen Einsatzbereitschaft und Flexibilität einzelner Personen besetzt werden. Aufgrund der Insolvenz des Technologiepartners Sensible4, ist die Ausbildung weiterer Personen nicht mehr möglich. Alternative Ausbildungsmöglichkeiten sind zum aktuellen Projektzeitpunkt zu kostspielig.

4.4 Vier Betriebstage pro Woche

Am 1. Mai 2024 führte das STL einen angepassten Fahrplan ein. Seither verkehrt die «STL Linie 13» von Mittwoch bis Samstag zwischen 10:00 und 14:00 Uhr. Dies entspricht einer Reduktion um ein Drittel bzw. zwei Betriebstagen pro Woche. Der Entscheid liegt begründet in den zuvor genannten begrenzten Betriebsmitteln und Personalressourcen. Entsprechend der Analyse der Passagierzahlen des ersten Betriebsjahres, wurden die frequenzschwächsten Tage Montag und Dienstag aus dem Fahrplan genommen.

Die Anpassungen wurden an den Haltestellen, auf dem Passagierbildschirm im Bus sowie auf der Website kommuniziert. Dies hat vor allem Auswirkungen auf regelmässige Passagiere, welche z.B. die «STL Linie 13» beim Besuch des Rheumabades in der Stahlgiesserei nutzen. Lücken in der ÖV-Versorgung entstehen nicht, da die Verkehrsbetriebe VBSH die Strecke mit der Linie 23 parallel bedienen.

Die im Januar getesteten Abendfahrten (siehe 2. Halbjahresbericht) wurden trotz positivem Testresultat in der Folge nicht ordentlich umgesetzt. Der Hauptgrund dafür sind die kritischen Personalressourcen.

4.5 Einmalig beobachtete Dampfbildung im Fahrgastraum

Zwischen März und August 2024 kam es zu einem Betriebsausfall von einer Stunde. Am Samstag, 27. Juli 2024 trat eine Stunde vor Betriebsende ein weisser Dampf/Rauch aus dem Fussraum auf der Fahrerseite des Fahrzeugs aus. Der Sicherheitsfahrer reagierte, indem er das automatisierte System herunterfuhr. Die Dampfbildung stoppte sofort und trat anschliessend nicht mehr auf. Nach Rücksprache mit der Betriebszentrale wurde der Betrieb für diesen Tag eingestellt und das Fahrzeug ins Depot gebracht.

Eine Begutachtung des Fahrzeugs und drei Testfahrten im manuellen und automatisierten Modus am Montag, 29. Juli 2024 zeigten kein abnormales Verhalten des Fahrzeugs oder des Systems von Sensible4. Dennoch wurde der Bus am darauffolgenden Tag zur Kontrolle beim sachverständigen Toyota-Händler gebracht. Auch dort konnten die Fachpersonen kein Fehlverhalten feststellen.

Das Projektteam der «STL Linie 13» entschied sich, den Betrieb am Mittwoch 31. Juli planmässig wiederaufzunehmen. Die Ursache des Vorfalls könnte nicht identifiziert werden. Am naheliegendsten erscheint die Verdampfung von Flüssigkeit, welche auf ein heisses Bauteil gelangt sein könnte.

An einem feuchtheissen Tag, wie dem 27. Juli, ist die Schwelle zur Dampfbildung niedrig. Seit dem Vorfall ist weder das besagte Phänomen nicht erneut beobachtet worden.

4.6 Öffentliches Interesse noch immer beachtlich



Abbildung 1: Ausschnitt Bericht über die «STL Linie 13» im TCS-Magazin «Touring» mit einer Auflage von über 1 Mio. Exemplaren.

Das öffentliche Interesse am Projekt «STL Linie 13» ist nach wie vor beachtlich. Zwar hat die Frequenz der Delegationsbesuche im Betrachtungszeitraum (März bis August 2024) abgenommen, dennoch hatte das Swiss Transit Lab mit einer Delegation aus Hunan (China) erneut internationale Gäste zu Besuch. Bis zum Betriebsende sind weitere Delegationsbesuche in Planung, z.B. ETown Capital oder DeepRoute (beide China).

Auch erreichen das Projektteam weiterhin regelmässig Medienanfragen. So konnte mit dem Bericht im TCS-Magazin «Touring» der auflagenstärkste Bericht über das Pilotprojekt realisiert werden (Reichweite > 1 Mio.). Weiter gab es Berichte in lokalen Radios und Zeitungen sowie Fachzeitschriften, darunter ein Artikel im Tamedia Verkehrsmonitor.

Zusätzlich wurde das Projektteam mehrfach von Student:innen verschiedener Schweizer Hochschulen im Rahmen ihrer Diplomarbeiten zu diversen Schwerpunkten rund ums automatisierte Fahren befragt.

4.7 Begleiter «Ivy» mit künstlicher Intelligenz

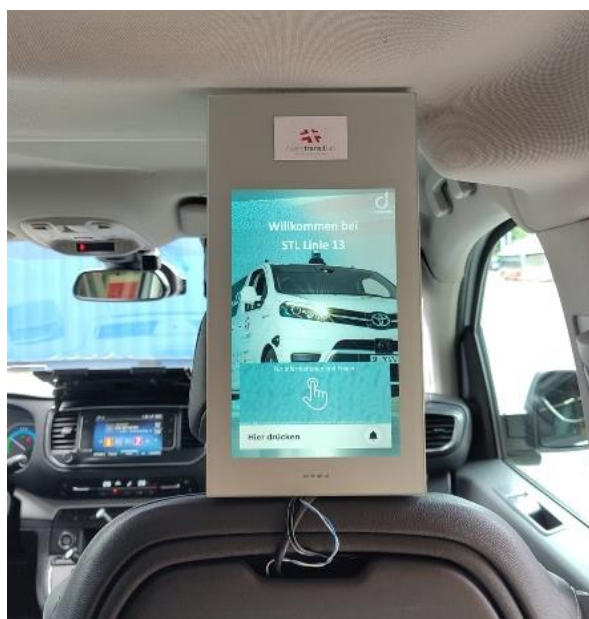


Abbildung 2: Das Panel von Ivy im Fahrzeug. Es wurde an der Rückseite des Beifahrersitzes montiert. Die Interaktion wird durch Berührung des Panels oder durch Aktivierung durch Sicherheitsfahrperson ausgelöst.

Seit April 2024 hat «Rhyder» mit «Ivy» einen ständigen Begleiter mit an Bord. Bei Ivy handelt es sich um einen künstlichen Sprachassistenten der Firma Commend AG. Mithilfe von künstlicher Intelligenz ist sie in der Lage, Fragen der Passagiere zu beantworten, welche bisher an die Begleitpersonen gerichtet werden mussten. Der Verein Swiss Transit Lab und der Projektpartner Commend erproben damit eine technische Kommunikationslösung für zukünftige Projekte mit selbstfahrenden Fahrzeugen ohne Sicherheitsfahrpersonal (vgl. neue Gesetzgebung ab 2025, Kapitel 4.2).

Zurzeit ist Ivy so konfiguriert, dass er zur Beantwortung der Fragen auch auf Informationen der Website mit entsprechendem Q&A der «STL Linie 13» und des Vereins STL zugreift. So können Passagiere beispielsweise fragen, ob sie für die Mitfahrt ein gültiges Ticket benötigen.

Auf Basis der Gesprächsprotokolle und der Rückmeldungen der Begleitpersonen kann die Sprachassistentz iterativ verbessert werden.

4.8 Erkenntnisse fliessen direkt in Hochschulstudie ein

Im Juni 2024 wurde die «STL Linie 13» Teil eines Forschungsprojekts der Westschweizer Fachhochschule Hes-so. Die Hes-so forscht seit einigen Jahren im Bereich automatisiertes Fahren, insbesondere mit dem Fokus Technikakzeptanz. Fragen der Akzeptanz werden in der Forschung bereits vielseitig untersucht.

Einen blinden Fleck verorteten sie auf dem Gebiet und der Rolle der Operateure resp. begleitenden Personen, welche per se im System der automatisierten Mobilität nicht vorgesehen sind. Sei es als Sicherheitsfahrer, wie im Rahmen des Pilotprojekts «STL Linie 13» oder als «Teleoperatoren», welche sich bei Meldungen eines unbegleiteten Fahrzeugs aus der Ferne zuschalten.

Im Rahmen der Hes-so-Studie wurden Erfahrungen und Erkenntnisse der Sicherheitsfahrerinnen und Sicherheitsfahrer der «STL Linie 13» systematisch erfasst. Eine Auswertung und Publikation der Ergebnisse ist ausstehend.

5 Sicherheitsrelevante Vorkommnisse

Es gab im Betrachtungszeitraum März bis August 2024 keine sicherheitsrelevanten Vorkommnisse gemäss Sicherheitskonzept der «STL Linie 13».

6 Betriebskennzahlen

Der Betrieb der «STL Linie 13» wurde am 29. April 2023 aufgenommen. Bis zum 31. August 2024 war die Linie rund 1500 Stunden in Betrieb. Tabelle 1 fasst die Kennzahlen aus diesen 17 Monaten Betrieb zusammen.

7 Erkenntnisse aus dem Betrieb der «STL Linie 13»

Während der vergangenen sechs Betriebsmonate bzw. der Berichtsperiode sammelte der Verein Swiss Transit Lab weitere Rückmeldungen und Daten rund um den Betrieb der «STL Linie 13». Stets mit dem Ziel, Erkenntnisse zu den vier Hypothesen (siehe Kapitel 2) zu gewinnen, welche das STL im Rahmen der Projektentwicklung «STL Linie 13» formuliert hat.

Sämtliche Erkenntnisse der ersten beiden Berichtsperioden wurden in den vergangenen 6 Betriebsmonaten bestätigt. Es konnten keine zusätzlichen oder neuen Erkenntnisse gewonnen werden. Eine umfassende Auswertung der Erkenntnisse folgt im Abschlussbericht.

8 Ausblick

Der Verein Swiss Transit Lab beabsichtigt das Pilotprojekt «STL Linie 13» per Ende Jahr 2024 abzuschliessen und im Rahmen des Schlussberichts z.H. des Bundesamtes ASTRA umfassend zu dokumentieren. Aktuell ist in Diskussion wie der Betrieb abgeschlossen wird und was im Anschluss mit dem Fahrzeug geschieht.

Das Team des Swiss Transit Lab hat im August 2024 begonnen die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt «STL Linie 13» neben den Berichten auch in Form von Videos zu dokumentieren. Diese werden ab Herbst 2024 veröffentlicht werden.

Parallel dazu laufen die Vorbereitungsarbeiten für ein Folgeprojekt unter Berücksichtigung der Erkenntnisse der «Linie 12» und «STL Linie 13» sowie der neuen Gesetzgebung für automatisiertes Fahren.