

Automatisierter Fahrbetrieb auf konventionellen Eisenbahnstrecken

Hans-Peter Vetsch
Vetsch Rail Consulting, Bützberg

André Schweizer
Railtool, Bern

Adrian Egloff
Rail Systems Engineering, Wallisellen

Markus Schindelholz,
Oensingen – Balsthal-Bahn, Balsthal

Woran liegt es, dass automatisierter Fahrbetrieb (automatic train operation; ATO) auf konventionellen Eisenbahnstrecken (gemeint sind hier keine Strassenbahnen und auch keine geschlossenen Metrosysteme) bis jetzt wenig weit entwickelt und eingeführt ist?

Die Interessengemeinschaft „Autoferrivia“ besteht aus erfahrenen Eisenbahn-Fachleuten aus den Bereichen Infrastruktur, Betrieb und Rollmaterial. Sie hat sich gebildet, um die Machbarkeit eines kostengünstigen und einfachen Fahrassistenzsystems (ATO GoA 2; grade of automation) unter Beweis zu stellen. Autoferrivia ist nicht beteiligt an Smart Rail 4.0.

Der ATO-Lösungsansatz von Autoferrivia erlaubt eine einfache, rückwirkungsfreie Erweiterung eines bestehenden, konventionellen Bahnsystems mit optischer Signalisierung und traditioneller Zugbeeinflussung. Das vorgeschlagene ATO-Konzept ist technologisch weitgehend unabhängig von Fahrzeug und Infrastruktur.

Ein Feldversuch bei der Oensingen – Balsthal-Bahn (OeBB) in der Schweiz hat gezeigt, dass auf Strecken mit einfachen betrieblichen Verhältnissen mit wenig Aufwand ein automatisierter Fahrbetrieb möglich ist und rasch eingeführt werden könnte.

Einleitung

Die Bahn ist durch ihre Spurgebundenheit prädestiniert für einen automatisierten Fahrbetrieb. Im Gegensatz zur Strasse, dem Schiffs- oder dem Flugverkehr ist sie mit ihrer zweidimensionalen Bewegung (Weg und Zeit) vergleichsweise einfach zu überwachen und zu steuern.

Dennoch kommt automatisiertes Fahren auf konventionellen Eisenbahnstrecken bis heute kaum zur Anwendung. Erste ATO-Fahrten mit der Linienzugbeeinflussung (LZB) fanden schon in den 1980er und 1990er Jahren auf der Gotthard-Südrampe statt. Während die LZB vor allem in Deutschland, aber auch in Österreich und Spanien Verbreitung fand, wurde die Entwicklung in der Schweiz aus Kostengründen sowie im Hinblick auf die Einführung des Europäischen Zugbeeinflussungssystems ETCS eingestellt.

Von Fachkreisen der Bahnen wie auch der Industrie wird immer wieder gefordert, dass ATO nur in Verbindung mit modernster Technik seitens Infrastruktur und Rollmaterial eingeführt werden kann. Die meisten Bahnen können jedoch Infrastruktur und Rollmaterial aufgrund der unterschiedlichen Lebenszyklen nicht auf einen Schlag erneuern.

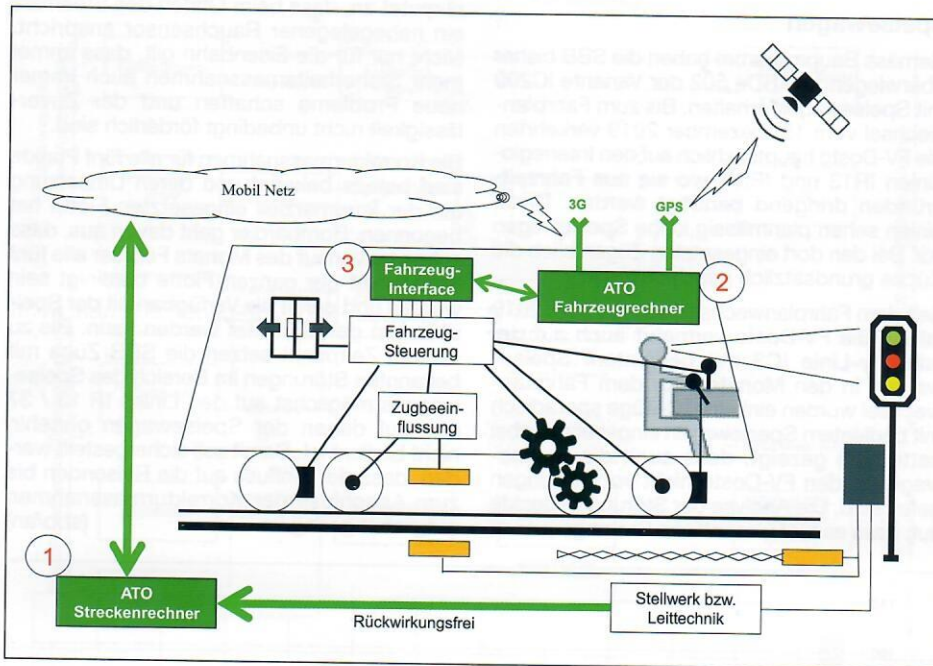
Die Interessengemeinschaft Autoferrivia verfolgt einen ATO-Lösungsansatz, der auf bestehender Infrastruktur und mit vorhandenem Rollmaterial umgesetzt werden kann und sich insbesondere für Bahnen mit einfacheren Betriebsverhältnissen eignet.

Mit einem Prototyp-Aufbau bei der Oensingen – Balsthal-Bahn mit einem herkömmlichen Fahrzeug des Vereins Depot und Schienenfahrzeuge Koblenz (DSF) wurde kurz vor Weihnachten 2019 der Beweis (Proof of concept) erbracht, dass der vorgeschlagene Lösungsansatz in der Praxis funktioniert und Potential für eine Weiterentwicklung hat.

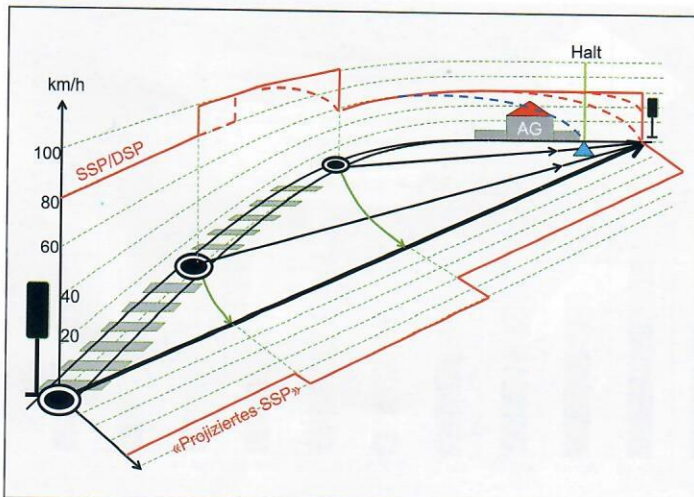
Verständnis von ATO

Autoferrivia betrachtet ATO als Unterstützung des Lokomotivführers bei seinen fahrdienstlichen Aufgaben.

ATO GoA2 ist ein Fahrassistenzsystem und erlaubt dem Lokomotivführer Routinehandlungen (Tempomat, Beschleunigen und Ab-



Oben: Die Architektur des ATO-Testaufbaus mit Streckenrechner ①, Fahrzeugrechner ② und Fahrzeug-Interface ③ (Zeichnung: Autoferrivia).



Links: Das Prinzip der Fahrprofil-Berechnung (Zeichnung: Autoferrivia).

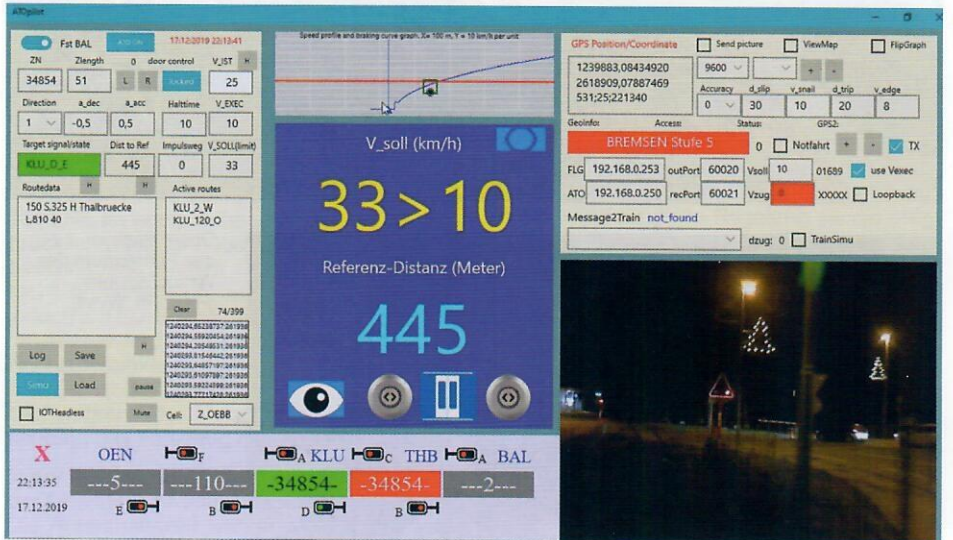
Unten: Aus den Signalzuständen abgeleitete Fahrstrasseninformationen (Zeichnung: Autoferrivia).



Oben: Der ATO-Versuchszug, ein ehemaliger TRN-Pendelzug, bestehend aus dem Triebwagen RBDe 567 184 und dem Steuerwagen ABt 205, in Oensingen. Die Fahrzeuge gehören seit 2018 dem Verein Depot und Schienenfahrzeuge (DSF) in Koblenz. Der Zug soll im Rahmen von Smart Rail 4.0 auch für ATO-Versuche auf der SOB verwendet werden (Foto: Ph. Wyss).



Mitte: Visualisierung auf dem Laptop während der Probefahrten (Zeichnung: Autoferrivia).



bremsen aufgrund von Geschwindigkeitsschwellen, Anfahren von Haltepunkten) dem System zu übergeben. ATO erlaubt einen betrieblich optimierten Fahrtverlauf.

Der Lokomotivführer kann die Kontrolle über den Zug jederzeit übernehmen und das ATO-System unwirksam schalten.

Der Zug wird durch das bestehende Zugbeeinflussungssystem überwacht, das im Hintergrund arbeitet und bei Überschreiten der zulässigen Geschwindigkeit mittels einer automatisch eingeleiteten Bremsung eingreift. Die bestehenden Zugbeeinflussungssysteme sind höchst zuverlässig aufgebaut. Das stellt sicher, dass bei Zugfahrten keine Bewegungen über die zulässige Geschwindigkeit beziehungsweise das (geographische) Ende der Fahrerlaubnis möglich sind.

Das vorgeschlagene ATO-System unter GoA2 (der Lokomotivführer trägt die Verantwortung) muss nicht signaltechnisch sicher aufgebaut werden wie ein Stellwerk oder eine moderne Zugbeeinflussung (wie zum Beispiel ETCS L2), sondern kann als Automations- oder Telematikanwendung verstanden werden. Dies vereinfacht die Zulassung, erhöht die Flexibilität und reduziert die Kosten.

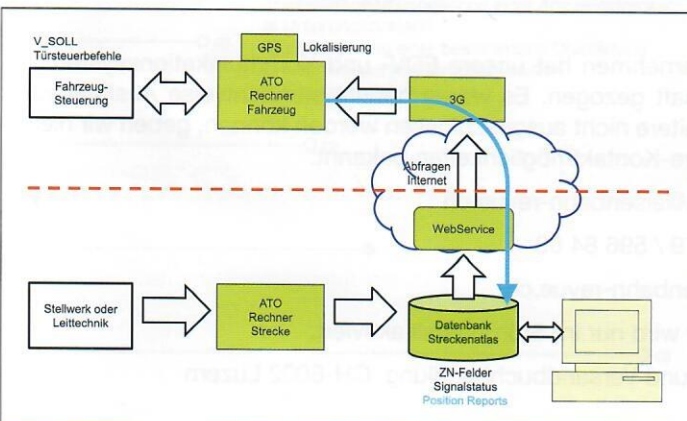
Ein anderer Ansatz wäre beispielsweise, ATO mit der Zugbeeinflussung zu verschmelzen. Dies würde sich markant auf die Komplexität und negativ auf die Flexibilität auswirken (Zeit und Kosten für Sicherheitsnachweisführung).

Aufbau und Funktionalität

Soll das ATO-System den Lokomotivführer unterstützen, müssen ihm alle nötigen Informationen für das ordnungsgemäße Führen des Zuges zur Verfügung stehen.

Über einen rückwirkungsfreien Abgriff von Stellwerk- oder Leittechnikdaten werden die dynamischen Informationen über alle Zugfahrten (Zustand der Signale, Position der Züge) erfasst und in einer Datenbank aktualisiert ①.

Funktion des ATO-Systems (Zeichnung: Autoferrivia).



Ebenso ist in dieser Datenbank ein Streckenatlas mit den statischen Streckendaten (zum Beispiel fixe Strecken-, Bahnhof- sowie Kurvengeschwindigkeiten sowie Haltepunkte) in eindimensionaler Form als (Luftlinien-) Distanz zum Zielsignal (Referenzpunkt) abgelegt.

Die für den Zug relevanten Zustände und Informationen werden vom fahrzeugeitigen ATO-Rechner ② über einen Webservice via 3G/4G-Verbindung periodisch abgefragt. Aus diesen Informationen berechnet der ATO-Rechner das statische Geschwindigkeitsprofil (SSP) und mit Hilfe der Zugeigenschaften (Länge des Zuges, Bremsverhältnis) das dynamische Geschwindigkeitsprofil (DSP).

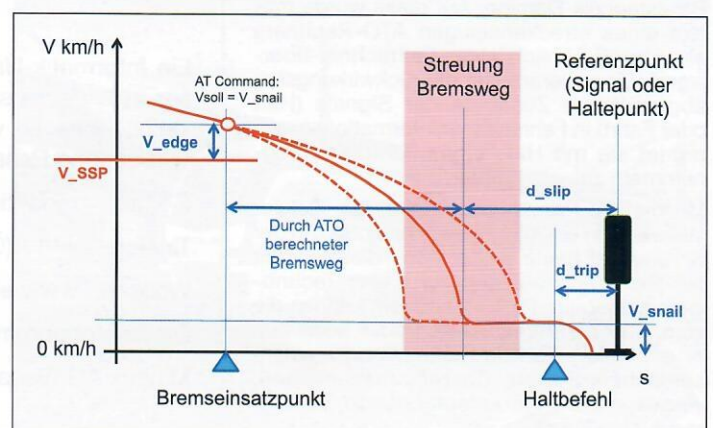
Die Lokalisierung erfolgt mittels GPS. Eine Herausforderung beim Einsatz von GPS ist der fehlende Empfang in überdeckten Streckenabschnitten. Dank der Spurbundenheit des Eisenbahnsystems kann die zurückgelegte

Distanz seit einem GPS-Signalverlust relativ einfach über die ohnehin vorhandenen Wegmessenrichtungen ermittelt werden.

Der ATO-Fahrzeugrechner ermittelt kontinuierlich die Distanz zwischen seiner Position und dem Referenzpunkt und kann damit die jeweils zulässige Geschwindigkeit aus dem DSP ableiten.

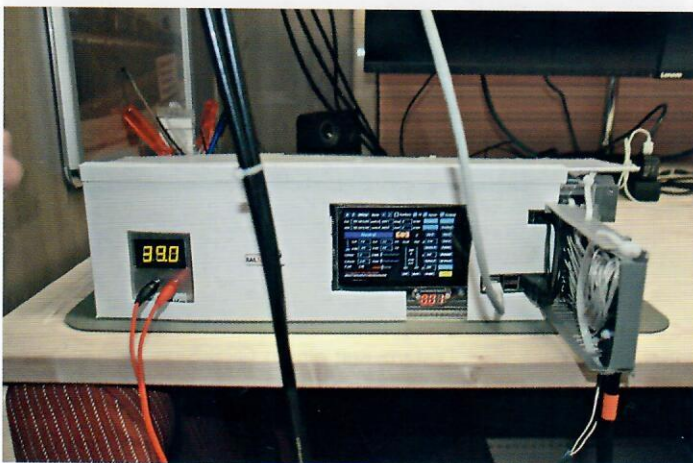
Die Soll-Geschwindigkeit gelangt über ein spezielles Interface ③ zur Fahrzeugsteuerung. Das Interface ist abhängig vom Fahrzeugtyp und aufwändiger, je höher die Technologie des Fahrzeuges ist.

Für den Anhalteprozess beim Versuchszug wird zur Verzögerung die elektrische Bremse verwendet, für den abschliessenden Anhaltevorgang die elektro-pneumatische Bremse (Zeichnung: Autoferrivia).





Oben: Blick in den Führerraum des Versuchszuges (Foto: Ph. Wyss).



Links: Der ATO-Bordrechner (Foto: Ph. Wyss).

Probefahrten bei der OeBB

Die Infrastruktur der OeBB erweist sich in verschiedener Hinsicht als ideal für ATO-Probefahrten:

- einfache Betriebsverhältnisse (keine Konflikte mit anderen Fahrten),
- vorhandenes Zugbeeinflussungssystem ZUB 121 / ETM P44 / ETCS Level 1 LS,
- relaisbasierte, weit verbreitete Stellwerktechnologie in der Schweiz,
- lange Zeitfenster für Tests (ab 20 Uhr abends).

Das Stellwerk der OeBB basiert auf der Relais-technik Domino. Auf diese wurde mittels eines streckenseitigen ATO-Rechners ein Abgriff ähnlich einer Leittechnik überlagert. Diese verarbeitet die rückwirkungsfrei abgegriffenen Zustände der Signale (Halt oder Fahrt) in Fahrstrasseninformationen und ordnet sie mit Hilfe eines Fahrplans Zugnummern zu.

Mit diesem Prinzip lassen sich alle Relaisstellwerke in ein ATO-System anbinden. In der Schweiz ist heute immer noch die Mehrheit der Sicherungsanlagen auf dieser Technologie aufgebaut. Falls vorhanden, können die vom ATO benötigten Daten aber auch aus einem elektronischen Stellwerk oder einem Leittechnik-System übernommen werden, vorausgesetzt, die entsprechende Schnittstelle ist bekannt.

Das für die Probefahrten eingesetzte Fahrzeug des Vereins Depot und Schienenfahrzeuge Koblenz (DSF) und Rail Systems Engineering ist mittleren Alters (1985). Die Nachrüstung mit ATO ist komplex, verglichen mit einem modernen Fahrzeug. Es musste ein spezielles Interface entwickelt werden, das die Befehle von ATO in digitale und

analoge Signale umwandelt, die für das Fahrzeug verständlich sind.

Fahrzeugseitig wurden die Probefahrten mit einem Laptop als ATO-Fahrzeugrechner durchgeführt. Auf diesem ist die ATO-Testsoftware installiert, die alle nötigen Funktionen beinhaltet. Am Laptop sind auch ein GPS-Sensor sowie eine Webcam angeschlossen.

Am 17. Dezember 2019 fanden erste integrale Probefahrten zwischen Oensingen und Balsthal statt. Die Übermittlung der Daten vom Stellwerk zum Fahrzeug funktionierte einwandfrei. Ebenso erwies sich die GPS-Ortung als sehr stabil und zuverlässig. Die vom ATO-Rechner bereitgestellten Vorgaben für die Fahrzeugsteuerung wurden vom Interface richtig umgesetzt und führten insgesamt zu einem befriedigenden, aber noch optimierbaren Fahrverlauf. Insbesondere das zielgenaue Anhalten ist anspruchsvoll und muss über zahlreiche Einstellungen parametrisiert werden.

Nach einigen Feinjustierungen konnten aber in beiden Richtungen autonome Fahrten ohne Eingriffe des Lokomotivführers (mit Ausnahme der Anforderungen der Fahrstrassen über Funk) durchgeführt werden. Sogar die Türsteuerung übernimmt das System. Bei jedem Halteort werden die Türen für eine einstellbare Zeit freigegeben. Nach Rückmeldung der Türverriegelung fährt der Zug bei offenem Signal automatisch weiter.

Zusammenfassung und Fazit

Der Testaufbau zeigt, dass mit relativ einfachen Mitteln ein automatisiertes Fahren auf konventionellen Eisenbahnstrecken möglich ist.

Die vorgeschlagene ATO-Lösung kann sowohl infrastruktureitig, wie auch fahrzeugseitig, den bestehenden Systemen überlagert werden. Dies ermöglicht einen maximalen Investitionsschutz und eine rasche Migration auch bei heute noch mehrheitlich älteren Stellwerk- und Fahrzeug-Technologien.

Der ATO-Lösungsansatz von Autoferrivia ist eine kostengünstige Plattform zur Auseinandersetzung mit dem Thema autonomer Fahren.

Erst umfangreiche Praxiserfahrungen können zeigen, ob und wo der automatisierte Fahrbetrieb seine Vor- und Nachteile und gegebenenfalls seine Berechtigung hat.

In eigener Sache

Ein Informatik-Unternehmen hat unsere EDV- und Kommunikationssysteme arg in Mitleidenschaft gezogen. Es waren bereits stundenweise Ausfälle zu verzeichnen. Da weitere nicht ausgeschlossen werden können, geben wir hier vorbeugend Reserve-Kontaktmöglichkeiten bekannt:

E-Mail: redaktion@eisenbahn-revue.ch

Telefon: +41 / (0)79 / 596 84 00

Website: www.eisenbahn-revue.ch

Die Telefonnummer wird nur im Störfall aktiviert.

Minirex AG, Verlag und Versandbuchhandlung, CH-6002 Luzern