

Betriebslenkung von Linienbussen im Störfall mit Hilfe von Machine Learning

Masterarbeit

Sebastian Knopf

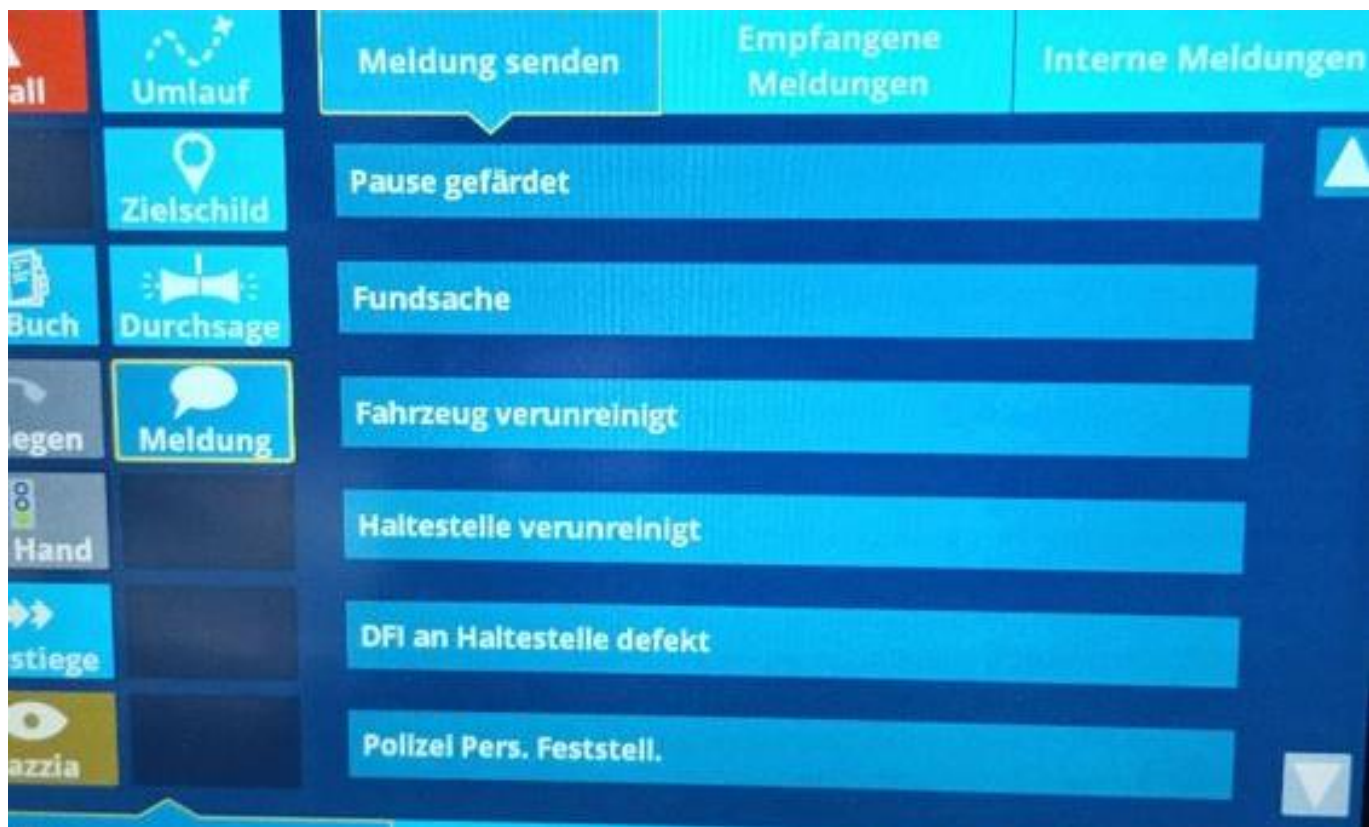


Abbildung 1: Auswahl von Meldungen auf einem Bordrechner

Ausgangssituation

Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) gilt vielfach als unzuverlässig und unpünktlich. Besonders Linienbusse hängen stark vom umgebenden Verkehrsgeschehen ab, sofern keine eigenen Fahrspuren zur Verfügung stehen und sind daher besonders häufig von Streckensperrungen und Verkehrsbehinderungen betroffen. In solchen Fällen greift bei größeren Verkehrsbetrieben eine Betriebsleitstelle ein und ordnet eine einheitliche, aus Erfahrung heraus geeignete Umleitung an und stellt so sicher, dass betriebliche Informationen und Fahrgastinformation konsistent sind. Je nach Region werden rund 40% der Linienbusverkehre von mittelständischen Privatunternehmen durchgeführt, in denen aus Kostengründen oft auf eine gesonderte Betriebsleitstelle verzichtet wird. Kommt es zu einer Streckensperrung, entscheidet das Fahrpersonal vielfach in Eigenregie, ob und welcher Umleitungsfahrweg angefahren wird. Sofern keine koordinierende Stelle zentral eingreifen kann, bedient nach kurzer Zeit jeder Bus einen anderen Fahrweg, die Information der Fahrgäste an den Haltestellen und im Fahrzeug unterbleibt meist komplett. Solche Geschehen tragen zum unzuverlässigen Bild des ÖPNV bei.

Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Systemkonzept zu entwickeln, welches mit Hilfe von Machine Learning (ML) in der Lage ist, selbstständig Umleitungen anzuordnen und so für einen stabilen Betriebsablauf zu sorgen. Es sollen nur Daten verwendet werden, die ohnehin vorhanden sind. Außerdem soll das System in der Lage sein, Dispositionsmaßnahmen aus der Vergangenheit zu berücksichtigen und in die Entscheidungsfindung einfließen zu lassen.

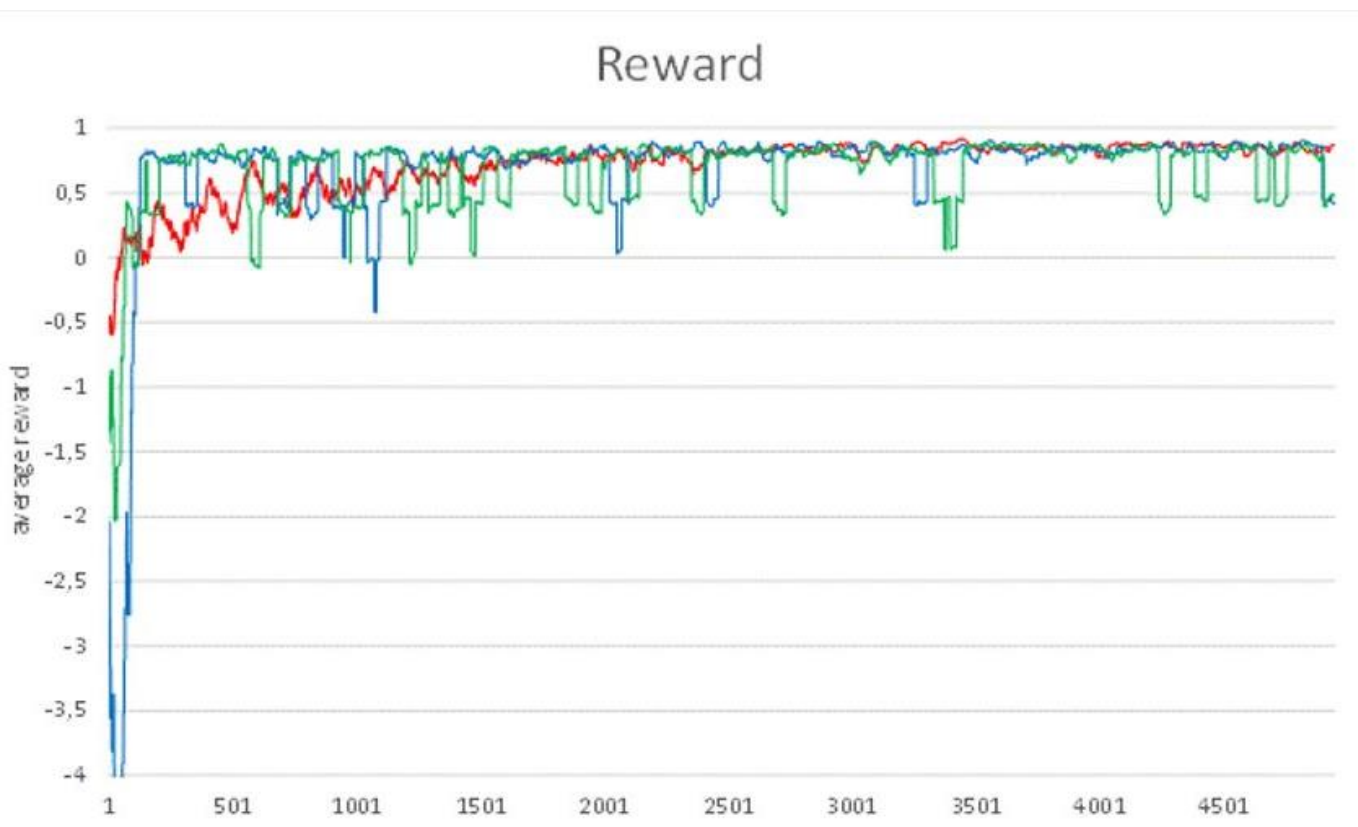


Abbildung 2: Lernkurven der verglichenen ML-Algorithmen



Abbildung 3: Mittels ML erzeugter Umleitungsfahrweg

Bestärkendes Lernen

Als Teilgebiet des ML bietet das Bestärkende Lernen die Möglichkeit, ohne Trainingsdaten oder ein gesondertes Modell auszukommen. Das aufwändige Erzeugen eines Trainingsdatensatzes bleibt daher erspart. Im bestärkenden Lernen durchläuft das Fahrzeug in einer Simulationsumgebung verschiedene Störungszustände in einem Trial-and-Error Verfahren durch Ausprobieren verschiedener Umleitungsfahrwege. Dieser Trainingsprozess wird mehrere Tausend mal durchgeführt, um ein Ergebnis entweder zu verifizieren oder zu falsifizieren. Die für ein bestimmtes Störungsszenario am besten geeignete Umleitung wird gespeichert. Der entstehende Datensatz kann anschließend in einem Betriebsleitsystem eingesetzt werden, um beim Eintreten des entsprechenden Störungsszenarios eine Umleitung für die betroffenen Fahrzeuge anzuordnen und im selben Zug eine konsistente Fahrgastinformation sicherzustellen. Nimmt ein Fahrzeug trotz angeordneter Umleitung einen abweichenden Fahrweg, wird dieser erfasst und im nächsten Trainingszyklus berücksichtigt. Handelt es sich um eine aus betrieblicher Sicht bessere Umleitung, wird diese fortan für das entsprechende Störungsszenario genutzt.

Ergebnisse

Im Rahmen der Evaluation wurde gezeigt, dass Umleitungsfahrwege mittels ML zuverlässig bewertet werden können. Alle drei verglichenen ML-Algorithmen führten dabei zu ähnlichen Ergebnissen. Es werden ausschließlich Daten verwendet, welche vorhanden sind und leicht aggregiert werden können. Ein solches System kann mit entsprechender Vorarbeit zeitnah in einem Verkehrsunternehmen eingesetzt werden.