

Künstliche Intelligenz im Ingolstädter Verkehrssystem

Projektidee



Stadt Ingolstadt



IFG INGOLSTADT



INVG

INGOLSTÄDTER
VERKEHRS-
GESELLSCHAFT



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN



Technische Hochschule
Ingolstadt



GEVAS
software



TRAFFIC
TECHNOLOGY
SERVICES



Audi
Vorsprung durch Technik

München, den 13. Dezember 2019

Projektpartner

Stadt Ingolstadt

Referat für Stadtentwicklung und Baurecht, Amt für Verkehrsmanagement und Geoinformation

IFG Ingolstadt

Ingolstädter Verkehrsgesellschaft mbH

Hochschulen und Universitäten

**Technische Universität München
*Lehrstuhl für Verkehrstechnik***

**Technische Hochschule Ingolstadt
*Professur für Integrale Fahrzeugsicherheitssysteme und deren Testmethoden***

Professur für Fahrzeugsicherheit und Signalverarbeitung

KMU

GEVAS software GmbH

TTS Europe GmbH

Industrieunternehmen

Audi AG

Projektziele

Im Rahmen der zunehmenden Digitalisierung und Vernetzung des Verkehrssystems werden in diesem Projekt die **Potentiale der künstlichen Intelligenz (KI) zur multimodalen Verkehrssteuerung** im urbanen Verkehr aufgezeigt und demonstriert. Dazu werden mittels KI-Verfahren neue Steuerungen entwickelt, angewendet und im bestehenden Verkehrssystem der Stadt Ingolstadt im Realbetrieb getestet. Diese sollen durch die Verwendung **neuester Datenquellen**, wie z.B. Fahrzeugflottendaten, Daten der ÖPNV-Fahrzeuge, Daten von Fahrradfahrern und im Straßenraum erfasste Daten von Fußgängern und sonstigen Verkehrsteilnehmern exakt auf die aktuelle Verkehrslage reagieren. Damit sollen zum einen die **Verkehrssicherheit** erhöht werden und zum anderen der **Verkehrsfluss** und die Leistungsfähigkeit der Infrastruktur durch eine gegenseitige Beeinflussung von Fahrzeugen und Signalanlagen optimiert werden. Dies trägt zur **Reduzierung der verkehrsbedingten Emissionen** bei.

Das Projekt unterteilt sich in eine **globale Betrachtung des Verkehrsablaufs mittels in Fahrzeugen und Fahrrädern** verbauter Sensorik und eine **lokale Betrachtung eines Testfelds**, das zusätzlich mit stationärer Sensorik ausgestattet wird, um alle Verkehrsteilnehmer an einem multimodalen Knotenpunkt zu erfassen. Je nach Anwendungsfall werden die KI-Verfahren online (zur laufenden Analyse und Optimierung) oder offline (zur Analyse wiederkehrender Situationen in den über einen längeren Zeitraum gesammelten Daten oder zur Evaluation der Wirksamkeit von Veränderungen in der Verkehrssteuerung) implementiert.

Die entsprechenden KI-Verfahren werden dabei insbesondere in den folgenden Arbeitsschritten entwickelt und angewendet:

- **Datenfusion:**
Daten aus den lokalen Sensoren werden zur Erkennung von Verkehrsteilnehmern verarbeitet. Daten aus unterschiedlichen Quellen (lokale Sensoren und Sensoren in Fahrzeugen) werden zusammengeführt, um den Verkehrszustand lokal und global zu ermitteln. Dabei werden auch zu erwartende Rückstaulängen an Knotenpunkten ermittelt.
- **Prognose:**
Die erfassten und fusionierten Daten werden dazu verwendet, eine lokale und globale Prognose des Verkehrsablaufs zu erstellen.
- **Optimierung:**
Die Daten werden verwendet, um die Verkehrssteuerung an den Knotenpunkten und im Netz zu verbessern und den Autofahrern und Radfahrern optimale Progressionsgeschwindigkeiten anzuzeigen.
- **Offline-Analyse:**
Lokal über einen längeren Zeitraum erfasste Daten werden zu Trajektorien der einzelnen Verkehrsteilnehmer verarbeitet und aus Verkehrssicherheitsaspekten analysiert. Dabei können KI-Verfahren beispielsweise zur Identifikation von Mustern verwendet werden. Veränderungen der Verkehrssteuerung werden darüber hinaus mit Hilfe statistischer Analysen auf ihre Wirksamkeit hin überprüft.

Um die Übertragbarkeit der entwickelten Produkte und Verfahren auf andere Städte sicherzustellen, werden vor der Implementierung des Testfelds und der Steuerungsoptimierung die **Anforderungen verschiedener Städte** gesammelt. Dazu wird ein Workshop mit Vertretern von Städten und Kommunen organisiert, in dem diskutiert wird, welche Steuerungselemente und Ergänzungsmodule für die Verkehrssteuerung wichtig und umsetzbar sind. Im Projekt sollen Lösungen gefunden werden, die in Zukunft sowohl in vielen Städten umgesetzt als auch langfristig genutzt werden können. Anforderungen an diese Lösungen könnten zum Beispiel eine einfache Bedienbarkeit und Kompatibilität mit bestehender Soft- und Hardware (z.B. OCIT, VnetS, TRENDS, ITS-G5) sein. Zudem wird die Datenschnittstelle zur Steuerung so definiert, dass sie mit dem Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM) kompatibel ist. So können leicht zusätzliche Datenquellen eingebunden werden.

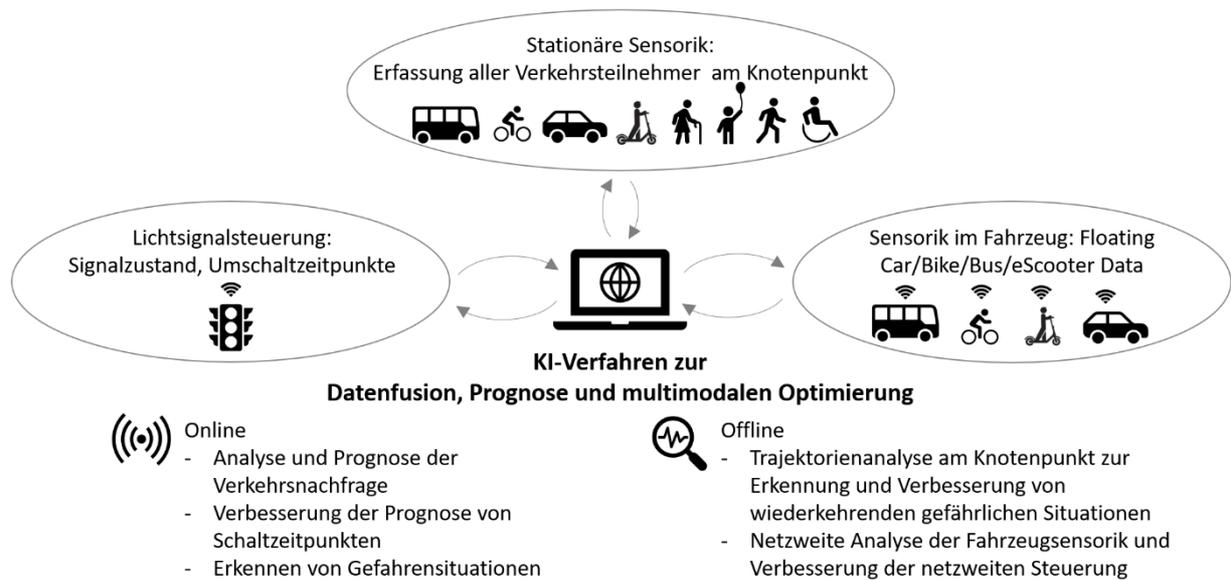


Abbildung 1: Projektübersicht

Projekthinhalte

Einen Überblick über die Projekthinhalte bietet Abbildung 1. Im Folgenden werden diese kurz dargestellt.

Stationäre Sensorik

Die stationäre Sensorik an den Knotenpunkten des Testfeldes erfasst sowohl motorisierte und **vor allem nichtmotorisierte Verkehrsteilnehmer** und wird mit der Verkehrssteuerungszentrale der Stadt Ingolstadt vernetzt. Die von den Sensoren aufgenommenen Rohdaten werden mittels KI-Methoden zu einer Erkennung und Kategorisierung der Verkehrsteilnehmer weiterverarbeitet. Die zu implementierenden KI-Verfahren analysieren dabei insbesondere das **Verhalten von Fußgängern, Fahrradfahrern, weiteren Verkehrsteilnehmern** (wie z.B. eScootern) **und mobilitätseingeschränkten Personen**. Es wird somit nicht nur die **Präsenz** von Fußgängern erkannt, sondern auch die **Intention**, beispielsweise welchen Teil des Knotenpunkts ein Fußgänger queren möchte. Mit dieser Information können zum Beispiel dynamische Freigabezeiten gegeben und gegebenenfalls verlängert werden. Durch die Fusion der Daten aus der stationären Sensorik mit den Daten aus den Fahrzeugsensoren ist es möglich, eine **vollerfasste Verkehrslage am Knotenpunkt** zu erhalten. Insbesondere Personen mit

Behinderung und Kinder können gezielt vor Gefahrensituationen gewarnt werden, zum Beispiel bei herannahenden Sondereinsatzfahrzeugen. Dazu wird die Infrastruktur mit **visuellen und akustischen Warnsignalen** ausgestattet. Umgekehrt können vernetzte Fahrzeuge im Umkreis der Lichtsignalanlage bei Gefahrensituationen am Knotenpunkt gewarnt werden.

Sensorik in Fahrzeugen

Sogenannte **Floating Car Data (FCD)** und **Floating Bike Data (FBD)** dienen dazu, den Verkehrszustand im gesamten Verkehrsnetz zu ermitteln. Bisher waren vor allem spezielle Versuchsfahrzeuge in der Lage, genaueste Daten über Position und Geschwindigkeit zu liefern. Nun sind auch Serienfahrzeuge von großen Autoherstellern in ihrer Hard- und Softwareausstattung, so auch von Audi, in der Lage, FCD – sofern vom Kunden zugestimmt bzw. rechtlich zulässig – an ein zentrales Backend zu schicken. Diese haben in Ingolstadt eine weit **höhere Durchdringung als marktüblich**. Die hier analysierten Daten spiegeln so die voraussichtliche zukünftige Datendichte und -qualität auch in anderen Städten und Regionen Deutschlands wieder.

Aggregierte FCD werden zum einen dafür verwendet, **lokal** einen Verkehrsknotenpunkt zu **evaluieren** und zu **optimieren**. Dabei werden neben den Fahrzeugen auch andere Verkehrsteilnehmer mithilfe zusätzlicher Sensorik einbezogen. Zum anderen werden die aggregierten FCD in einer **netzweiten Perspektive** dafür benutzt, das Gesamtsystem hinsichtlich des Verkehrsflusses zu verbessern. Dies geschieht zunächst über ein zentrales Backend gesteuert mit offline FCD und kann vorbehaltlich der technischen Umsetzbarkeit auch mit near-realtime FCD erprobt werden. Sämtliche Daten werden vorbehaltlich einer datenschutzrechtlichen Genehmigung erhoben und zur Verfügung gestellt. Angestrebt wird eine Erhebung ohne Fahrzeug-Identifikationsmerkmal, d. h. dem Fahrzeug nicht zuordenbar und damit anonyme Erhebung. Im Rahmen des Projekts soll dies auch für Fahrradfahrer möglich sein. Dazu wird eine vorhandene **App für Fahrradfahrer** weiterentwickelt und verwendet, die Daten über die **Positionen und Geschwindigkeiten der Fahrradfahrer (FBD)** sammelt und an die Verkehrssteuerung weitergibt. Dieser Ansatz kann ggf. auch für weitere Verkehrsteilnehmer angewendet werden. Sowohl **Auto- als auch Fahrrad** erhalten im **Gegenzug Informationen der Lichtsignalanlage** über die zukünftigen Schaltzeitpunkte und der daraus resultierenden optimalen Progressionsgeschwindigkeit.

Die oben genannten Daten sollen ebenfalls für **Busse** analysiert werden, um die derzeit implementierte **ÖPNV-Beschleunigung** weiterzuentwickeln. Es gilt zu untersuchen, inwiefern Busse die gleiche Kommunikationstechnologie wie Pkws (ITS-G5 und 5G) nutzen können, wie den Busfahrern eine **optimale Progressionsgeschwindigkeit über ITCS** angezeigt werden könnte und welche Verbesserungen durch eine genauere Rückmeldung bezüglich des Schaltzeitpunktes der LSA bestehen. Die Kommunikation soll im Realbetrieb erprobt und Potentiale für Busse an einzelnen Knotenpunkten und im gesamten Straßennetz bewertet werden. Bei der ÖPNV-Beschleunigung besteht zusätzlich die Möglichkeit, die aktuelle Verspätung und den Besetzungsgrad des Busses mit zu berücksichtigen. So kann die tatsächliche Verkehrsnachfrage aller Modi in der Steuerung berücksichtigt werden.

Steuerung der Lichtsignalanlagen

Die Steuerung der Lichtsignalanlagen wird durch die **höhere Qualität und Quantität der Verkehrsdaten** verbessert. Lokal wird die Steuerung durch die Erfassung aller Verkehrsteilnehmer im Umfeld des Knotenpunkts **multimodal optimiert**. So kann die Steuerung auf die tatsächliche Nachfragesituation am Knotenpunkt reagieren und strategische Prioritäten

berücksichtigen (z.B. für den ÖPNV oder für nichtmotorisierte Verkehrsteilnehmer). Im Streckenkontext und netzweit kann die übergeordnete Rahmensteuerung gleitend auf die veränderten Verkehrsstrukturen reagieren.

Parallel dazu wird die **Prognose der Schaltzeitpunkte und die Rückstaulängenschätzung mittels KI-Verfahren** verbessert, um den Fahrzeugen (mIV und ÖPNV) und Fahrradfahrern eine genauere Geschwindigkeit vorgeben zu können.

Offline-Analysen

Während die oben beschriebene Datenverarbeitung und Optimierung online, also im laufenden Betrieb, stattfinden, werden mit einer größeren Menge an gesammelten Daten zusätzliche Analysen für **langfristige Verbesserungen des Verkehrssystems** gesammelt.

Die Daten an den Testknotenpunkten werden zu Trajektorien der einzelnen Verkehrsteilnehmer verarbeitet und aus Verkehrssicherheitsaspekten analysiert: Welche Interaktionen zwischen verschiedenen Verkehrsteilnehmern haben stattgefunden? Welche Risikosituationen sind wie häufig aufgetreten? Mit welchen Gestaltungs- und Steuerungsaspekten können diese Situationen entschärft werden?

Die Sensordaten aus den Fahrzeugen und Fahrrädern (ggf. auch weiteren Verkehrsteilnehmern) werden netzweit analysiert und dienen als Eingangsgröße für eine verbesserte **Prognose der Rückstaulängen und Verkehrszustände** im gesamten Stadtnetz.

Mit KI-Verfahren wird zusätzlich ein Verfahren für die Verkehrssteuerung für mehrere Knotenpunkte bzw. ein größeres Netz entwickelt. Hierbei wird vor allem auf die Praxistauglichkeit und Implementierbarkeit einer Netzsteuerung Wert gelegt. So soll z.B. eine sog. „**atmende Grüne Welle**“, bestehend aus einer online Anpassung von Rahmenparametern und einer offline optimierten, zeitabhängigen Festzeitsteuerung, entwickelt werden.

Messbare Projektergebnisse

Im Projekt sollen die folgenden Produkte und Verfahren entwickelt und im Realbetrieb getestet werden, die nach Ende der Projektlaufzeit in verschiedenen Städten und Kommunen weiter genutzt werden können:

- **Sensor**, der sowohl den motorisierten als auch den **nichtmotorisierten Verkehr** sehr genau ermittelt und Daten zur **Online- sowie zur Offlineanalyse** bereitstellt.
- **Onlineverfahren zur Datenfusion** von Sensor- und Floating Car/Bike Daten, Offlineverfahren zur Analyse der Verkehrssicherheit an Knotenpunkten.
- Verfahren zur **Warnung von Verkehrsteilnehmern bei Gefahrensituationen** am Knotenpunkt auf Basis der durch die lokale Sensorik erfassten Verkehrsteilnehmer: zum Beispiel bei Fehleinschätzungen durch Kinder, Sichtbehinderungen oder bei Sondereinsatzfahrzeugen. Warnsignale können sowohl visuell als auch auditiv sein.
- **Verbessertes Steuerungsverfahren** (im Streckenkontext), insbesondere durch eine verbesserte Einschätzung der Ist-Situation aufgrund der höheren Quantität und Qualität der Rohdaten und den entwickelten KI-Verfahren zur Datenfusion und präziser Ermittlung von Rückstaulängen.

- **Multimodale Steuerungsverfahren** unter Berücksichtigung der tatsächlich ermittelten Verkehrsnachfrage aller Modi und entsprechender Priorisierung (je nach Nachfrage und Strategie der einsetzenden Kommune).
- Verbesserte aktuelle und **prognostizierte netzweite Verkehrslage und Verkehrsqualität**, sowohl für den motorisierten Verkehr als auch für den Fahrradverkehr basierend auf der besseren Datenbasis und den KI-Verfahren.
- Verbesserte **Prognose der Schaltzeitpunkte** der LSA.
- **Verbesserter Ampel-Assistent** von Audi durch die verbesserte Schaltzeitprognose und verbessertes Routing im urbanen Umfeld durch die verbesserte aktuelle und prognostizierte lokale und netzweite Verkehrslage inklusive Rückstaulängen. Ziel ist eine Standardisierung der Übertragungsprotokolle, um herstellerunabhängig die Kommunikation zwischen Infrastruktur und Fahrzeugen zu ermöglichen
- Verfahren zur **systematischen Analyse von Verkehrszuständen im Netz** für verschiedene Verkehrsmodi und Weiterentwicklung der Verkehrssteuerung zur Verbesserung der netzweiten Verkehrssituation.
- **Kompatibilität** der resultierenden Daten und Verfahren mit der **MDM-Plattform** für Mobilitätsdaten: Integration von Daten aus der MDM-Plattform in die Verfahren und Bereitstellung der Ergebnisdaten auf der MDM-Plattform.