



Verkehrsdaten erfassen und sinnvoll nutzen – Einblick in Technologien und Anwendungen

Inhalt

1. Einleitung & Motivation	3
2. Erfassung von Verkehrsdaten	4
2.1 Klassische und moderne Verfahren der Verkehrsdatenerfassung.....	4
2.2 Bedeutung und Nutzung in Simulationen	6
2.3 Open Data als Katalysator für datengetriebene Mobilität	7
3. Nutzungspotentiale von Verkehrsdaten	8
3.1 Integrierte Mobilitätsplattformen	8
3.2 Nutzung von Verkehrsdaten für die Verkehrssteuerung.....	10
3.3 Digitale Zwillinge in der Verkehrssteuerung – Beispiele Wuppertal und München	12
4. Fazit und Ausblick	15
Literaturverzeichnis.....	16
Abbildungsverzeichnis	19
Abkürzungsverzeichnis	19

Impressum

Autor

Christopher Lüke, M.Sc.
Fachgruppe Regelungstechnik und
Mechatronik
Heinz Nixdorf Institut
Universität Paderborn

Satz und Design

FIR e. V. an der RWTH Aachen

Bildnachweise

S. 1: © Volha – stock.adobe.com
S. 3: © Heinz Nixdorf Institut
S. 5: © Volha – stock.adobe.com
S. 6: © Heinz Nixdorf Institut
S. 7: © Monopoly919 – stock.adobe.com
S. 9: © julio – stock.adobe.com
S. 10: © Zaldy – stock.adobe.com
S. 11: © Heinz Nixdorf Institut
S. 13: © Gorodenkoff- stock.adobe.com
S. 14/15: © Stocks Buddy- stock.adobe.com
S. 19: © William – stock.adobe.com

Lizenzbestimmung / Copyright

Open Access: Dieses Whitepaper wird unter der Creative-Commons-Lizenz „[Share alike – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International](#)“ (CC BY-SA 4.0) veröffentlicht.



Projekt DiSerHub
FIR e. V. an der RWTH Aachen
Campus-Boulevard 55 | 52074 Aachen

E-Mail: projekt-DiSerHub@fir.rwth-aachen.de
diserhub.de

Stand: 12.2025

1. Einleitung & Motivation

Die zunehmende Dringlichkeit einer nachhaltigen Verkehrswende wird in der aktuellen Debatte um die Städte der Zukunft und deren klimafreundliche Ausrichtung immer deutlicher. Angesichts des beschlossenen EU-weiten Verbrennerverbots ab 2035 und des wachsenden Drucks auf Städte, ihre Emissionen zu senken, steht die effiziente und umweltfreundliche Verkehrssteuerung im Mittelpunkt vieler Diskussionen. Dies betrifft nicht nur die Frage alternativer Antriebsformen, sondern auch die Notwendigkeit, den Verkehrsfluss in dicht besiedelten urbanen Räumen intelligenter zu gestalten. Dabei spielen Verkehrsdaten und ihre Nutzung für das Verkehrsmanagement eine zentrale Rolle.

Laut einer Studie von MarketsandMarkets wird der globale Markt für Verkehrsmanagementsysteme von 36 Mrd. € im Jahr 2023 auf 62 Mrd. € im Jahr 2028 anwachsen, mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 11,4 % während des Prognosezeitraums. Es wird erwartet, dass Europa und insbesondere Deutschland aufgrund seiner robusten Wirtschaft den weltweiten Markt anführen werden. Durch die Entwicklung von Strategien für die Anwendung intelligenter Verkehrssysteme ist Deutschland eines der größten technologischen Zentren auf dem Gebiet. Dazu gehören die Aspekte Logistik, Reisedaten, Verkehrsmanagement, Verkehrsinformationsdienste, Systemintegration und

offener Datenaustausch für die optimale Nutzung von Straßen [1].

Allein im Rahmen des Bundesverkehrswegeplans 2030 wird die Bundesregierung im Zeitraum 2016-2030 voraussichtlich 132,8 Mrd. € in die Sanierung der deutschen Fernstraßen investieren, wobei 61,6 Mrd. € für die bauliche Erhaltung und den Ersatz bestehender Verkehrsinfrastrukturen bereitgestellt werden. Bis 2030 will das Land 269,6 Mrd. € für die Renovierung und Vernetzung der deutschen Verkehrsinfrastruktur ausgeben, um die Verkehrsüberlastung zu verringern [2].

Der Markt für Verkehrsmanagementsysteme ist also deutschland- sowie weltweit von starkem Wachstum geprägt. Die größten Herausforderungen bei der Einführung dieser Technologien sind allerdings die stetigen Veränderungen des Verkehrsaufkommens sowie der derzeitige technische Stand der Verkehrssysteme.

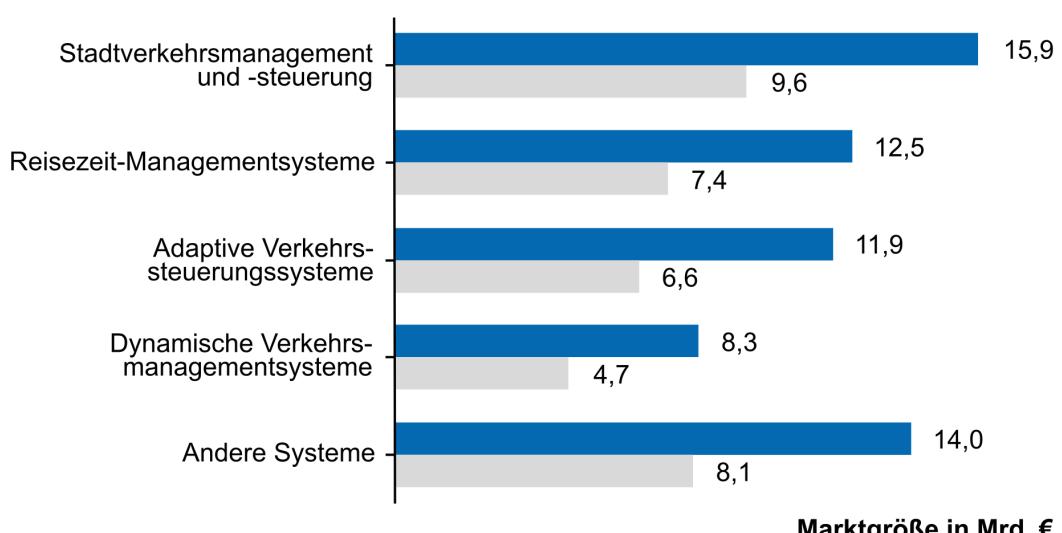


Abbildung 1: Prognostiziertes Wachstum des Weltmarkts für verschiedene Verkehrsleitsysteme (2023-2028) nach [1]

2. Erfassung von Verkehrsdaten

Eine effiziente und nachhaltige Steuerung urbaner Mobilität erfordert ein tiefes Verständnis der Verkehrsdaten, die den Zustand des Verkehrs sowohl in räumlicher als auch in zeitlicher Dimension beschreiben. Verkehrsdaten bilden das Fundament für nahezu alle Prozesse der modernen Verkehrsplanung – von der Analyse des Verkehrsaufkommens über die Simulation von Verkehrsflüssen bis hin zur dynamischen Steuerung intelligenter Systeme. Der systematische Umgang mit diesen Daten entscheidet maßgeblich über die Leistungsfähigkeit digitaler Verkehrsinfrastrukturen und ist daher zentraler Bestandteil jeder datengetriebenen Mobilitätsstrategie [3].

Verkehrsdaten liefern Informationen über Anzahl, Art, Geschwindigkeit und Bewegungsmuster von Verkehrsteilnehmern. Ihre Erfassung kann auf verschiedenen methodischen und technologischen Wegen erfolgen. Unterschieden wird dabei grundsätzlich zwischen manuellen und automatisierten Verfahren. Erstere werden vor allem in kleineren Projekten oder zur Validierung technischer Messsysteme eingesetzt, während automatisierte Systeme die Grundlage der modernen Verkehrsbeobachtung darstellen [4, 5].

Die Qualität und Granularität der Verkehrsdaten bestimmen den Detaillierungsgrad der daraus abgeleiteten Modelle. In hochauflösten Simulationen oder bei der Steuerung von Lichtsignalanlagen (LSA) in Echtzeit sind aktuelle, raumgenaue und konsistente Daten unabdingbar. Mit dem Fortschritt in der Sensortechnologie und der Vernetzung von Fahrzeugen entstehen zunehmend neue Datenquellen, die in Kombination mit Open-Data-Initiativen ein umfassenderes Bild der Verkehrslage ermöglichen [6, 7].

2.1 Klassische und moderne Verfahren der Verkehrsdatenerfassung

Die Entwicklung der Datenerfassungstechnologien spiegelt den Wandel von statischen zu dynamischen und vernetzten Verkehrssystemen wider. In der Frühphase des Verkehrsmonitorings dominierten sta-

tionäre Messsysteme, die an festen Punkten Informationen zu Verkehrsmenge und Geschwindigkeit lieferten. Heute steht eine Vielzahl technischer Ansätze zur Verfügung, die je nach Einsatzgebiet, Genauigkeitsanforderung und Wirtschaftlichkeit ausgewählt werden [8].

Induktionsschleifen gehören zu den am weitesten verbreiteten Systemen zur Verkehrserfassung. Sie basieren auf der Änderung der Induktivität einer im Fahrbahnbelaag eingelassenen Spule, wenn ein Fahrzeug mit metallischen Komponenten das Magnetfeld durchfährt. Die Signale ermöglichen sowohl die Zählung von Fahrzeugen als auch die Klassifizierung nach Fahrzeugtyp und die Berechnung der Geschwindigkeit [8, 9]. Ihre Robustheit und Zuverlässigkeit machen sie zu einem Standardinstrument an Lichtsignalanlagen und in Parksystmen. Nachteile ergeben sich jedoch aus dem hohen Installations- und Wartungsaufwand, insbesondere bei nachträglicher Verlegung [10].

Radardetektoren arbeiten mit elektromagnetischen Wellen im Mikrowellenbereich. Sie erfassen Reflexionen an vorbeifahrenden Objekten und ermöglichen die Bestimmung von Geschwindigkeit und Position [11]. Ihr Vorteil liegt in der einfachen Montage an bestehenden Masten oder Schildern und im geringen Wartungsbedarf. Moderne Radarsysteme liefern kontinuierliche Messdaten, die über Steuergeräte in Echtzeit an zentrale Server übertragen werden [12].

Infrarot- und Ultraschallsensoren nutzen thermische bzw. akustische Signale zur Detektion von Fahrzeugen. Infrarotsysteme reagieren auf Temperaturdifferenzen zwischen Fahrzeug und Umgebung [13, 14], während Ultraschallsysteme Laufzeitmessungen von Schallwellen auswerten, um Abstände, Geschwindigkeiten und Fahrzeughöhen zu bestimmen [12]. Beide Sensortypen lassen sich flexibel in bestehende Infrastruktur integrieren und werden zunehmend als kosteneffiziente Ergänzung zu Radarsystemen eingesetzt.



Magnetfelddetektoren nutzen die Veränderung der magnetischen Flussdichte durch metallische Fahrzeugmassen. Im Gegensatz zu Induktionsschleifen benötigen sie keine Schleifenstruktur und können drahtlos über Funk mit einer Basisstation kommunizieren, was Installation und Wartung erheblich vereinfacht [15, 16]. Sie eignen sich besonders für temporäre Zählstellen und intelligente Parkraum erfassungssysteme.

Videodetektoren repräsentieren den Übergang zur visuellen Datenerfassung. Mithilfe von Bildverarbeitungsalgorithmen werden Fahrzeugbewegungen auf Basis von Helligkeits- und Farbwertänderungen detektiert (Tripwire- oder Tracking-Verfahren). Damit können mehrere Fahrstreifen mit einer Kamera überwacht werden, was die Kosten reduziert [12]. Moderne Kamerasysteme liefern in Kombination mit Machine-Learning- und Deep-Learning-Algorithmen ein umfassendes Lagebild mit Echtzeitdaten über das Verhalten von Personen, Objekten und jeder Art von Verkehr [17]. Ihre Genauigkeit hängt jedoch stark von Licht- und Witterungsbedingungen ab [8].

Floating-Car-Data (FCD) und Floating-Phone-Data markieren den Schritt zur mobilen Datenerfassung. Hierbei fungieren Fahrzeuge oder Smartphones als bewegliche Sensoren, die Positions- und Bewegungsdaten über Mobilfunk oder GPS an zentrale Systeme übermitteln [18]. Diese Datenquellen liefern eine hohe räumliche Abdeckung und sind unabhängig

von stationärer Infrastruktur, wodurch sie für Echtzeitanwendungen wie Verkehrsflussanalysen oder Navigation prädestiniert sind. Ein konkretes Anwendungsbeispiel von Google Research wird in Kapitel 3.2 vorgestellt.

Bluetooth-Detektion nutzt die eindeutige MAC-Adresse von Geräten, um Bewegungen im Straßenverkehr zu verfolgen. Die Technik wird häufig zu Reisezeitmessungen auf Autobahnen oder in Innenstädten eingesetzt [19, 20]. Durch die Kombination mobiler und stationärer Sensorik können großräumige Verkehrsinformationen generiert werden, die als Open Data bereitgestellt werden.

Drohnenbasierte Erfassungssysteme gewinnen ebenfalls an Bedeutung. Sie ermöglichen flexible, ortsunabhängige Erhebungen von Verkehrsdaten über Videoanalyseverfahren, ohne auf stationäre Infrastruktur angewiesen zu sein. Einschränkungen ergeben sich durch Akkulaufzeiten, Wetterbedingungen und rechtliche Rahmenbedingungen [21].

Schließlich stellen auch Textanalysen aus sozialen Netzwerken eine ergänzende Datenquelle dar. Beiträge etwa auf X können mithilfe von Algorithmen auf verkehrsrelevante Inhalte analysiert werden. Diese unkonventionelle Methode liefert wertvolle Zusatzinformationen bei plötzlichen Ereignissen, Unfällen oder Sperrungen [22].

2.2 Bedeutung und Nutzung in Simulationen

Verkehrssimulationen dienen der Nachbildung realer Verkehrsvorgänge unter kontrollierten Bedingungen. Sie ermöglichen das Testen von Strategien zur Verkehrsflussoptimierung, ohne physische Infrastrukturen zu verändern oder reale Störungen zu verursachen [23]. Grundlage jeder Simulation ist die Verfügbarkeit hochwertiger Verkehrsdaten. Diese werden genutzt, um Verkehrslagen zu rekonstruieren und Simulationsmodelle zu kalibrieren sowie zu validieren [24, 25].

Die Modelle unterscheiden sich im Detaillierungsgrad: mikroskopische Modelle bilden einzelne Verkehrsteilnehmer mit individuellen Eigenschaften und

Interaktionen ab. Makroskopische Modelle betrachten aggregierte Größen wie Verkehrsfluss, Verkehrsichte und Durchschnittsgeschwindigkeit. Mesoskopische Modelle verbinden beide Ansätze und eignen sich für städtische GesamtSimulationen mit moderatem Rechenaufwand [27].

Die Qualität der Simulation hängt direkt von der Güte der Eingangsdaten ab. Durch Kalibrierung wird das Modell an reale Messdaten angepasst, um Abweichungen zwischen simuliertem und tatsächlichem Verkehrsverhalten zu minimieren. Validierte Modelle können dann zur Prognose oder Optimierung eingesetzt werden [24, 25]. In datengetriebenen Simulationen, die zunehmend modellbasierten Ansätzen gegenüberstehen, werden Realdaten direkt als Input genutzt, um Szenarien in Echtzeit abzubilden [28].

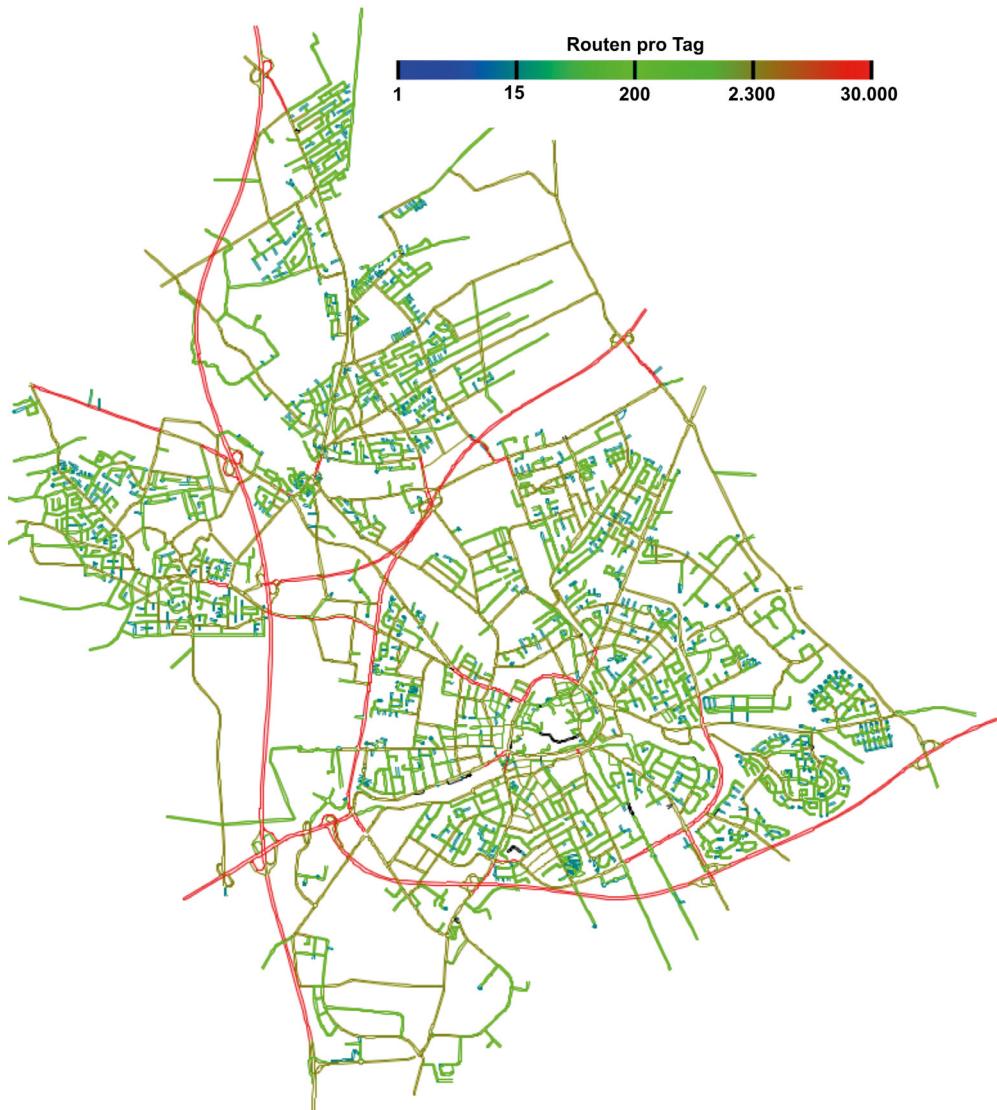
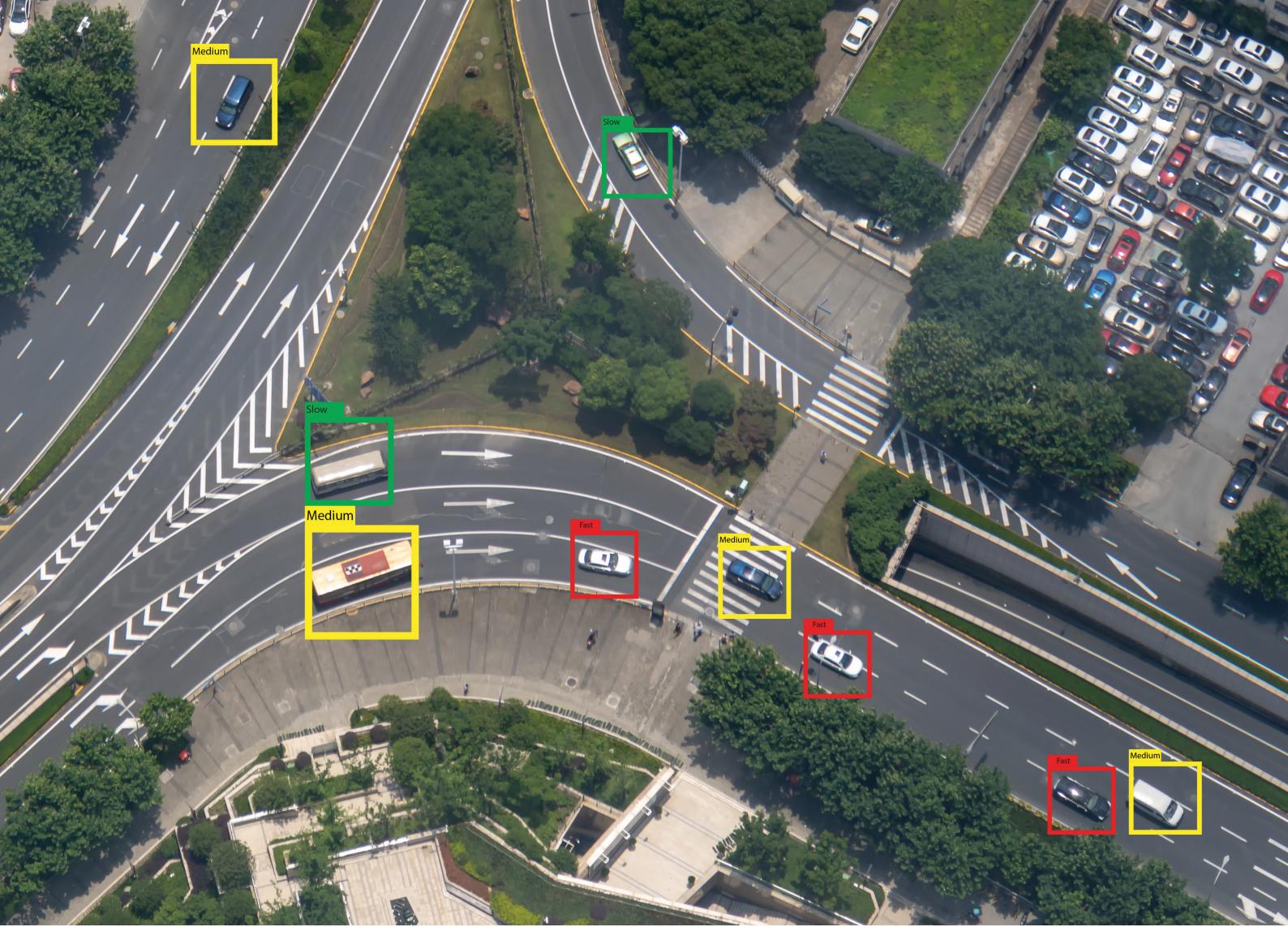


Abbildung 2: SUMO-Simulation auf Basis realer Verkehrsdaten des Paderborner Straßennetzes [26]



2.3 Open Data als Katalysator für datengetriebene Mobilität

Mit der zunehmenden Digitalisierung des Verkehrsraums gewinnt der freie Zugang zu Verkehrsdaten an strategischer Bedeutung. Unter Open Data versteht man Datensätze, die von jedermann frei genutzt, geteilt und weiterverarbeitet werden dürfen, unter Nennung der Urheber [29]. Das deutsche Open-Data-Gesetz verpflichtet öffentliche Stellen, Daten strukturiert bereitzustellen, um Transparenz zu fördern und Innovationen wie die in Kapitel 3.1 vorgestellten Mobilitätsplattformen zu unterstützen [7].

Open-Data-Konzepte fördern insbesondere in der Mobilitätsforschung die Wiederverwendung von Primärdaten. Wissenschaftliche Publikationen und Forschungsprojekte profitieren davon, da sie Datensätze in digitalisierten Repositoryn publizieren und anderen Akteuren zur Verfügung stellen können [30, 31]. Damit entsteht ein Ökosystem, in dem Forschungsdaten unabhängig von der ursprünglichen Anwendung nutzbar werden.

Im Verkehrssektor eröffnet Open Data neue Möglichkeiten für intelligente Verkehrsplanung und -steuerung. Zahlreiche Städte und Länder stellen bereits verkehrsrelevante Daten öffentlich zur Verfügung, etwa Messdaten von Induktionsschleifen, Parkrauminformationen, Reisezeiten oder Unfallstatistiken [6]. Diese Daten werden in Simulationen zur Kalibrierung und Validierung eingesetzt und bilden zugleich die Grundlage für Echtzeit-Anwendungen wie dynamische Routenführung oder Störfallmanagement [25].

Ein entscheidender Vorteil offener Verkehrsdaten liegt in der zeitlichen Aktualität. Viele Plattformen, etwa im Kanton Zürich, stellen aggregierte Minutenwerte zur Verfügung, die nahezu in Echtzeit genutzt werden können. Dadurch ist es möglich, kurzfristig auf Störungen zu reagieren und Verkehrsflussoptimierungen unmittelbar umzusetzen [32]. Auch kommerzielle Anbieter wie Google Maps oder TomTom nutzen Floating-Data-Konzepte, um ihre Dienste ständig zu aktualisieren – ein Beispiel für die Symbiose von privatwirtschaftlicher Innovation und öffentlicher Datentransparenz [33].

3. Nutzungs potiale von Verkehrsdaten

Die Verfügbarkeit hochwertiger Verkehrsdaten eröffnet vielfältige Nutzungsmöglichkeiten entlang der gesamten Mobilitätskette, von der strategischen Infrastrukturplanung über operative Steuerung bis hin zur innovativen Nutzeranwendung.

3.1 Integrierte Mobilitätsplattformen

Daten werden zunehmend zum zentralen Rohstoff einer intelligenten Verkehrssteuerung, bei der nicht länger isolierte Sensoren dominieren, sondern integrierte Plattformen, die unterschiedliche Datenquellen zusammen- und in Mehrwerte überführen.

Die Mobilithek – zentrale Plattform für Mobilitätsdaten in Deutschland

Eine intelligente Verkehrssteuerung setzt voraus, dass relevante Mobilitätsdaten unterschiedlicher Akteure zuverlässig, sicher und standardisiert verfügbar sind. In Deutschland übernimmt diese Aufgabe die „Mobilithek“ – der nationale Zugangspunkt für Mobilitätsdaten im Sinne der EU-Richtlinie über intelligente Verkehrssysteme. Die Mobilithek wird vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr betrieben und bildet das Rückgrat eines offenen, interoperablen Mobilitätsdatenökosystems [34].

Ziel der Mobilithek ist es, den Austausch von Mobilitäts- und Verkehrsdaten zwischen öffentlichen und privaten Akteuren zu erleichtern. Verkehrsbetriebe, Infrastrukturanbieter, Logistikunternehmen und Anbieter digitaler Mobilitätsdienste können über die Plattform ihre Daten bereitstellen und abrufen. Dadurch entsteht eine gemeinsame Datengrundlage, die sowohl für operative Anwendungen – etwa Verkehrssteuerung, Routenplanung oder Echtzeit-Information – als auch für Forschung und strategische Planung genutzt werden kann.

Die Mobilithek unterscheidet grundsätzlich zwischen drei Datenkategorien:

- **Statische Mobilitätsdaten** umfassen relativ konstante Informationen wie Netzpläne, Haltestellen, Fahrpläne oder Tarife. Sie bilden die Basis für Verkehrsmodelle und dienen als Referenz für Routing- oder Fahrgastinformationssysteme.
- **Dynamische Mobilitätsdaten** beschreiben sich häufig ändernde Zustände, etwa Verkehrsaufkommen, Verspätungen, Baustellen, Sperrzeiten oder Parkraumauslastung. Auch Daten aus kommunalen Lichtsignalanlagen oder Sharing-Systemen zählen dazu. Sie ermöglichen eine Echtzeitabbildung des Verkehrsgeschehens und sind essenziell für adaptive Steuerungen und modellprädiktive Regelungsansätze.
- **Metadaten** liefern Kontextinformationen zu den Datensätzen – beispielsweise Angaben zur Herkunft, zu Nutzungsbedingungen oder zur Aktualität. Sie sorgen für Transparenz und erleichtern die gezielte Suche nach relevanten Datensätzen im Portal.

Neben öffentlichen Akteuren können auch private Unternehmen ihre Daten freiwillig bereitstellen – beispielsweise Flottenbetreiber, Logistikdienstleister oder Anbieter von Car-Sharing- und E-Scooter-Systemen. Die Nutzungsrechte bleiben dabei beim Datenanbieter, d.h. er entscheidet, ob Daten **frei zugänglich, lizenzbasiert** oder **kostenpflichtig** über den Mobility Data Space angeboten werden. So entsteht ein flexibles Gleichgewicht zwischen Offenheit und wirtschaftlicher Verwertbarkeit.

MOBIDROM - Der Partner für Mobilitätsdaten in NRW

Ein weiteres Beispiel ist die Landesagentur für Mobilitätsdaten in Nordrhein-Westfalen, kurz „MOBIDROM“, die eine zentrale Datenplattform zur Bündelung, Qualitätssicherung und Nutzung von Mobilitätsdaten etabliert hat [35]. Zunächst eröffnet die Datenaggregation auf Plattformen die Optimierung der **Verkehrssteuerung**. Werden Daten

zu Verkehrsfluss, Staus, Baustellen, Parkplatzbelegung und Ladesäulenstatus in Echtzeit verfügbar, so lässt sich ein detailliertes Bild des Verkehrsgeschehens zeichnen. Kommunale Verkehrsleitstellen oder Landesbetriebe können somit zielgerichtet auf Störungen oder Kapazitätsengpässe reagieren – beispielsweise durch dynamische Signalsteuerung, Umleitungsempfehlungen oder Anpassung von Parkraumangeboten. So dient die Datenbasis nicht allein der rückblickenden Analyse, sondern insbesondere der operativen Handlungsfähigkeit in nahezu Echtzeit. Durch MOBIDROM erhalten sowohl Kommunen als auch Dienstleister und Start-ups einen Zugang zu standardisierten Datensätzen, wodurch neue Steuerungsansätze möglich werden.

Ein weiteres bedeutendes Nutzungsfeld liegt in der **strategischen Verkehrs- und Infrastrukturplanung**. Mit aggregierten und langfristig gesammelten Verkehrsdaten lassen sich Trends erkennen – wie etwa die Zunahme von Sharing-Mobilität, Radnutzung oder E-Mobilität, Veränderungen im Güter- und Lieferverkehr oder Verschiebungen in der Nachfrage nach Park- und Ladeinfrastruktur. Für Planer bedeutet dies: auf Basis realer Bewegungsmuster können Szenarien simuliert, neue Angebote bewertet oder Infrastrukturmaßnahmen gezielt priorisiert werden. In diesem Kontext werden Daten aus mehr als 300 Kommunen NRW-weit

zentral erfasst, u. a. für den Schwerlastverkehr, was die Belastung von Mensch, Umwelt und Infrastruktur zu reduzieren hilft.

Ein dritter Bereich betrifft die **Entwicklung nutzerorientierter und intermodaler Mobilitätsdieste**. Wenn Daten zu ÖPNV-Haltestellen, Fahrrad- und Leihfahrzeug-Standorten, Parkplatz- und Ladeinfrastruktur miteinander verknüpft werden, entsteht die Grundlage für intermodale Routingsysteme, Echtzeit-Apps oder MaaS-(Mobility-as-a-Service)-Angebote. Über die Datenplattform wird eine solche Verknüpfung ermöglicht, z. B. durch das Verkehrsportal Verkehr.NRW, das multimodale Reiseinformationen für das Land bereitstellt [36]. Damit können Nutzer nicht nur den optimalen Pkw-Weg wählen, sondern bspw. Rad + ÖPNV + Sharing kombinieren und in Echtzeit informiert werden.

Ein konkretes **Anwendungsszenario** könnte wie folgt aussehen. Eine Kommune in NRW erkennt über MOBIDROM-Daten eine starke Zunahme an E-Scooter-Nutzung in ihrem Gebiet sowie steigende Parkdruckentwicklung. Mit diesen Erkenntnissen wird ein Pilotprojekt gestartet, bei dem Fahrrad- und Scooter-Sharing-Stationen neu positioniert werden, freie Parkflächen temporär für Micro-Mobility umgewidmet und eine Echtzeit-App implementiert wird, die freie Scooter und Fahrrad-Stationen



nen anzeigt. Parallel nutzt die Verkehrsleitung Daten-Feeds zu Baustellen und Sperrungen, um dynamisch Umleitungs- und Hinweisstrategien zu entwickeln. So wird Mobilität nicht nur beobachtet, sondern aktiv gestaltet – mit messbarem Nutzen für Nutzer, Kommune und Umwelt.

Ein vierter Nutzen-Aspekt ergibt sich im Bereich **Logistik und Güterverkehr**. Auch hierfür liefern Verkehrsdaten entscheidende Impulse: Lieferketten können effizienter geplant werden, Flotten- oder Zustelldienste profitieren von Kenntnissen über Stau- und Baustellenlage, Park- und Ladeinfrastruktur für Nutzfahrzeuge können gezielt gebucht und genutzt werden. Durch die Bereitstellung von Daten für Wirtschaft, Logistik und Bürger:innen gleichermaßen können Transport- und Zustelldienste gezielt entlastet werden [37].

Zudem kommt der **Forschung und Innovation** eine besondere Rolle zu. Datenplattformen wie MOBIDROM schaffen die Grundlage für KI-gestützte Verfahren zur Verkehrsprognose, Mustererkennung, autonomen Mobilität oder Modellen in Form digitaler Zwillinge (s. Kapitel 3.3). Außerdem ist geplant, mit dem System automatisiertes und vernetztes Fahren zu unterstützen [37].

Nicht zuletzt führt die Bereitstellung offener und qualitätsgesicherter Daten zu einer Stärkung der **Transparenz und Teilhabe**. Wenn Kommunen, Start-ups, Wissenschaft oder Bürger:innen Zugriff auf standardisierte Mobilitätsdaten haben, entsteht ein Ökosystem, das Innovation begünstigt.

MOBIDROM formuliert als Ziel, die digitale Grundlage für den vernetzten Verkehr der Zukunft zu schaffen und zwar kostenfrei, neutral und diskriminierungsfrei.

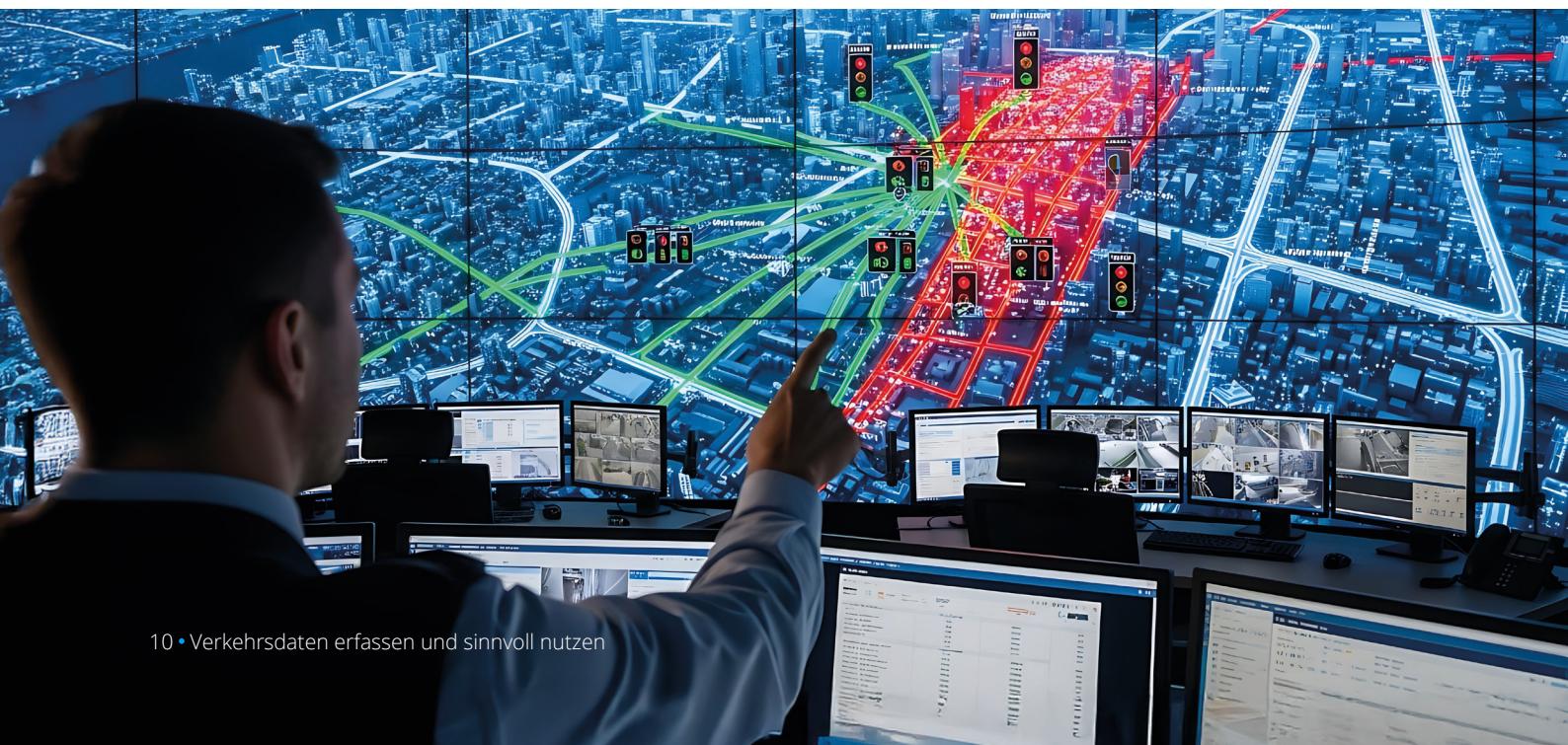
Gleichwohl gilt zu beachten: Damit diese Nutzungs-potenziale realisiert werden können, müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein. Dazu zählen eine hohe Datenqualität und -aktualität, interoperable Schnittstellen und Standards, sowie ein rechtlich und organisatorisch klarer Rahmen zur Datenbereitstellung und -nutzung. Bei MOBIDROM werden beispielsweise europaweit standardisierte Schnittstellen verwendet, um Kompatibilität und Integration zu gewährleisten.

3.2 Nutzung von Verkehrsdaten für die Verkehrssteuerung

Im Whitepaper „Intelligente Verkehrssteuerung“ aus der DiSerHub-Reihe wurde bereits aufgezeigt, dass Verkehrsdaten die zentrale Grundlage für alle modernen Steuerungsstrategien bilden. Sie dienen nicht nur der Beschreibung aktueller Verkehrszustände, sondern sind elementar für die Prognose und Regelung des Verkehrsgeschehens in Echtzeit [38].

Modellbasierte Verkehrsrekonstruktion und -steuerung

Auf Basis kontinuierlich erfasster Daten aus Detektoren, Kameras, Schleifen, Floating-Car-Daten und



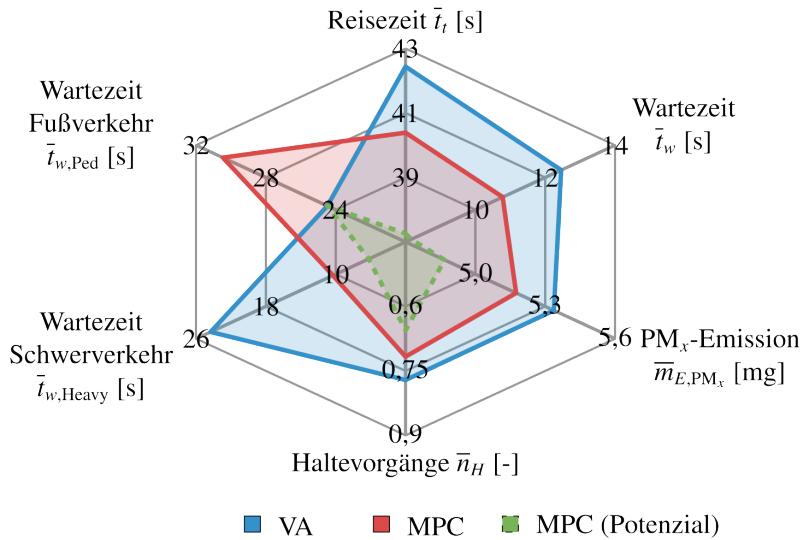


Abbildung 3: Vergleich der Feldergebnisse verschiedener Regelungsstrategien im PPS [38]

offenen Datenquellen lassen sich Verkehrsflüsse detailliert analysieren und in digitalen Abbildungen, sogenannten digitalen Zwillingen, nachbilden [3]. Diese digitalen Modelle ermöglichen es, verschiedene Steuerungsszenarien zu simulieren und deren Auswirkungen auf Reisezeiten, Emissionen und Sicherheit zu bewerten, bevor reale Eingriffe erfolgen.

Ein Anwendungsszenario ist die **modellprädiktive Verkehrssteuerung (MPC)**. Dabei werden aktuelle Verkehrsdaten fortlaufend in mathematische Modelle eingespeist, die den zukünftigen Verkehrsverlauf über kurze Zeithorizonte prognostizieren. Auf dieser Basis kann das System optimierte Steuerbefehle berechnen, etwa zur dynamischen Anpassung von Grünphasen, zur Bildung von Verkehrswellen oder zur Bevorrechtigung bestimmter Verkehrsarten wie ÖPNV oder Einsatzfahrzeuge. Durch die Einbindung externer Daten, etwa aus Wetter-, Baustellen- oder Ereignisinformationen, lässt sich das Steuerungssystem zusätzlich an wechselnde Rahmenbedingungen anpassen. Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse aus dem Pilotprojekt Schlosskreuzung (PPS) des Heinz Nixdorf Instituts in Paderborn. Insbesondere in den Bereichen der Wartezeit konnten signifikante Ersparnisse (13 %) erzielt werden, wobei explizit der Schwerverkehr besser gehandhabt wurde als mit dem Bestandsverfahren. Das volle Potenzial der MPC bei optimaler Kommunikation zwischen den LSA und dem Verkehrsserver liegt sogar noch deutlich höher [38, 39].

Verkehrsdaten werden somit zu einem aktiven Steuerungsparameter im urbanen Mobilitätsmanagement. Sie ermöglichen eine datengetriebene, adaptive und effiziente Verkehrssteuerung, die nicht nur auf aktuelle Zustände reagiert, sondern vorausschauend agiert.

Datengetriebene Erkennung unbeabsichtigter Signalplanänderungen

Ein internationales Forschungsteam von Google Research analysierte 2024 die Funktionsweise und unbeabsichtigten Änderungen von Signalplänen in zehn Städten weltweit – darunter Hamburg, Buenos Aires, Seattle, Tel Aviv und Auckland. Denn die Leistungsfähigkeit urbaner Verkehrssysteme hängt entscheidend von der Qualität der Steuerung von Lichtsignalanlagen ab. Sie bestimmen den Verkehrsfluss an Knotenpunkten, beeinflussen Reisezeiten, Emissionen und Verkehrssicherheit. In der Praxis beruhen viele Steuerungen noch auf statischen Signalplänen, die tageszeitabhängig wechseln. Änderungen dieser Pläne werden häufig manuell vorgenommen, z.B. zur Anpassung an Bauarbeiten, Veranstaltungen oder geänderte Verkehrsströme. Doch wie aktuelle Forschung zeigt, treten dabei immer wieder unbeabsichtigte Übergänge auf, die den Verkehrsfluss erheblich beeinträchtigen können [40].

Insgesamt wurden über 9900 Knotenpunkte und 276 Signalplanwechsel innerhalb von 40 Tagen untersucht. Grundlage waren anonymisierte Fahr-

zeugtrajektorien aus Navigationsdiensten, aus denen zyklische Muster der Signalsteuerung abgeleitet wurden. Ziel war es, ein datengetriebenes Verfahren zu entwickeln, mit dem sich unbeabsichtigte Änderungen der Signalzyklen automatisch erkennen lassen.

Besonders aufschlussreich sind zwei Fallbeispiele:

- Buenos Aires (Fehlerhafte Steuerung): Eine Kreuzung zeigte eine möglicherweise unbeabsichtigte Umstellung des Zyklus von 100 auf 135 Sekunden. Die Folge war eine 4,5-fache **Erhöhung der mittleren Verzögerung** (von 5,4 auf 24,6 s) sowie ein Anstieg der Stoppquote von 0,10 auf 0,49. Ursache war eine Fehlkonfiguration der Steuerung, die erst durch das datengetriebene Verfahren erkannt wurde.
- Seattle (Verbesserte Koordination): An einer Kreuzung wurde der Zyklus von 80 auf 90 Sekunden angepasst. Diese Änderung führte zu einer **Reduktion der mittleren Verzögerung** um 57 % und einer gleichzeitigen Verringerung der Stoppquote um 57 %. Hier erwies sich der Übergang als gezielte, positive Maßnahme.

Die Erkenntnisse zeigen eindrucksvoll, dass datengetriebene Verfahren die **Transparenz und Fehlertoleranz** urbaner Steuerungssysteme erheblich verbessern können. Während klassische LSA-Überwachung häufig auf Rückmeldungen oder lokale Sensorik beschränkt ist, erlaubt die Nutzung von anonymisierten Mobilitätsdaten eine flächendeckende, kontinuierliche Überwachung ohne Zusatzsensoren.

Damit entsteht eine neue Qualität der betrieblichen Kontrolle: Verkehrsbehörden können Abweichungen erkennen, bevor sie in Störungen resultieren. In Kombination mit bestehenden Plattformen lassen sich solche Verfahren in zentrale Dateninfrastrukturen integrieren, um automatisierte Qualitätsindikatoren für Verkehrsfluss und LSA-Performance zu berechnen. Langfristig können so **selbstlernende Steuerungssysteme** entwickelt werden, die Planabweichungen autonom identifizieren und korrigieren. Ergänzt durch Künstliche Intelligenz und prädiktive Modelle können Städte adaptive Signalsteuerungen umsetzen, die auf Echtzeitdaten reagieren und dabei Robustheit gegenüber Fehlern behalten.

Die im Paper [40] vorgestellte Methodik verdeutlicht, dass bereits heute mit anonymisierten Trajektoriendaten eine **großflächige Echtzeit-Analyse des LSA-Netzes** möglich ist – unabhängig von proprietären Steuerungssystemen.

Ein solches Monitoring eröffnet neue Perspektiven:

- **Qualitätssicherung:** automatische Erkennung fehlerhafter Steuerungen oder ungewollter Rücksetzungen.
- **Planungsoptimierung:** Analyse von Langzeit-trends zur besseren Anpassung von Signalpro-grammen.
- **Nachhaltigkeit:** Reduktion von Stop-and-Go-Verkehr und damit CO₂-Emissionen.
- **Wissensgewinn:** Ableitung empirisch fundierter Indikatoren zur Wirksamkeit verkehrspolitischer Maßnahmen.

Gerade in Deutschland, wo viele Kommunen über heterogene LSA-Systeme verfügen, kann die datengetriebene Detektion einen erheblichen Effizienzgewinn bedeuten. Sie unterstützt nicht nur den Betrieb, sondern liefert auch eine wissenschaftlich belastbare Grundlage für Investitionsentscheidungen in Verkehrsinfrastruktur und Smart-City-Strate-gien.

3.3 Digitale Zwillinge in der Verkehrssteuerung – Beispiele Wupper-tal und München

Die fortschreitende Digitalisierung urbaner Räume ermöglicht es Städten, komplexe Prozesse der Mobilität in virtuellen Abbildungen zu modellieren und zu steuern. Der Digitale Zwilling wird dabei zum zentralen Instrument, um physische Infrastruktu-ren, Sensordaten und Simulationen in einem gemeinsamen Datenraum zu vereinen. Insbesondere im Bereich der Verkehrssteuerung eröffnen solche digitalen Stadtmodelle neue Möglichkeiten: sie machen Verkehrsströme sichtbar, erlauben Echtzeit-Analysen und unterstützen datenbasierte Entscheidungen. In Deutschland gehören die Städte Wuppertal und München zu den Vorreitern bei der Entwicklung solcher Systeme [41, 42].

Wuppertal: Der DigiTal Zwilling als datenbasier tes Steuerungsinstrument

Wuppertal hat mit dem Projekt „DigiTal Zwilling“ einen der umfassendsten digitalen Stadtzwillinge in Nordrhein-Westfalen geschaffen. Ziel ist es, ein virtuelles Abbild der Stadt zu entwickeln, das raumbezogene, infrastrukturelle und verkehrliche Daten integriert, um Verwaltung, Planung und Steuerung zu vernetzen [42].

Der Digitale Zwilling basiert auf einer Kombination aus **Geoinformationssystemen, Verkehrsflussdaten und Umweltdaten**. Verkehrsdaten stammen aus verschiedenen Quellen wie Zählschleifen, Kameras, Floating-Car-Daten und der Open-Data-Plattform des Landes (MOBIDROM). Diese Informationen werden in Echtzeit mit dem 3D-Stadtmodell synchronisiert und erlauben eine kontinuierliche Darstellung der Verkehrslage. So kann etwa nachvollzogen werden, wie sich Verkehrsflüsse in bestimmten Stadtbereichen in Abhängigkeit von Baustellen, Witterung oder Tageszeit verändern [43].

Die technische Infrastruktur des Wuppertaler Systems basiert auf einer **cloudbasierten Datenplattform**, die Sensorströme, Verkehrsinformationen

und georeferenzierte Daten fusioniert. Das System ermöglicht sowohl historische Analysen (z. B. Ermittlung von Engpässen) als auch Echtzeitanwendungen, etwa die Visualisierung von Verkehrsaufkommen oder die Simulation alternativer KI-basierter Steuerungsstrategien. Die Kombination von Verkehrs- und Klimadaten erlaubt zudem die Bewertung von Maßnahmen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Luftqualität und CO₂-Emissionen. Dies ist besonders durch den begrenzten Platz in den Talräumen der Wupper eine große Herausforderung [42].

Besonders innovativ ist die Integration von **LiDAR-Scans und Kameradaten** im Projekt bergisch.smart_mobility, die für die Erkennung von Verkehrsobjekten und zur Erfassung der Straßenraumnutzung eingesetzt werden. Damit können Verkehrsbehörden nicht nur Störungen visualisieren, sondern auch planerische Entscheidungen datenbasiert absichern – etwa bei der Neugestaltung von Kreuzungen oder der Einrichtung von Umweltspuren. Auch im Hinblick auf das autonome Fahren lassen sich die Daten nutzen, um die KI-basierte Umgebungserkennung von Fahrzeugen zu verbessern [44].





Insgesamt zeigt das Wuppertaler Beispiel, dass der digitale Zwilling weit über eine reine Visualisierung hinausgeht: Er wird zu einem **operativen Werkzeug** für datengetriebene Verkehrsplanung und Verkehrssteuerung. Die enge Anbindung an das Landesprojekt MOBIDROM ermöglicht es zudem, landesweite Mobilitätsdaten in lokale Modelle einzuspeisen und für interkommunale Analysen nutzbar zu machen.

München: Digitaler Zwilling als urbanes Verkehrsökosystem

Die Stadt München verfolgt mit dem Projekt „Digitaler Zwilling München“ einen ganzheitlichen Ansatz, bei dem Verkehrsdaten integraler Bestandteil eines stadtweiten digitalen Modells sind. Der Digitale Zwilling ist Teil der Urban Data Plattform München, die Geodaten, Echtzeitinformationen und Simulationsergebnisse zentral zusammenführt [41].

Das System kombiniert **räumliche 3D-Modelle mit semantischen Straßen- und Fahrstreifeninformationen** („lane-exact representation“). Dadurch können Verkehrsflüsse nicht nur auf Straßenniveau, sondern auch innerhalb einzelner Fahrspuren analysiert werden. Parallel dazu werden Echtzeitdaten wie Verkehrsaufkommen, Reisezeiten, Baustellen- und Umleitungsinformationen integriert [45].

Ein wesentlicher Bestandteil ist die Fähigkeit, **Verkehrsszenarien zu simulieren**. Die Stadt nutzt den digitalen Zwilling, um die Auswirkungen von Infrastrukturmaßnahmen oder neuen Mobilitätsangeboten vor ihrer Umsetzung virtuell zu testen. So können z. B. die Effekte von Spurverlagerungen, Umnutzungen von Parkflächen oder neuen Radverkehrsachsen auf Verkehrsfluss, Emissionen und Aufenthaltsqualität quantifiziert werden [46].

Darüber hinaus unterstützt das System die **Koordination von Baustellen und Großereignissen**. Über die digitale Plattform werden Planungs- und Verkehrsdaten aus verschiedenen Fachämtern gebündelt, sodass Konflikte im Straßenraum frühzeitig erkannt werden können. Dies führt zu einer effizienteren Steuerung von Verkehrsmaßnahmen und reduziert Belastungen für Anwohner:innen und Pendler:innen [41].

Zentral ist auch der offene Charakter der Plattform: Über standardisierte Schnittstellen werden Daten aus kommunalen, wissenschaftlichen und privatwirtschaftlichen Quellen integriert. München strebt damit eine interoperable Datengrundlage an, die sowohl für operative Steuerung als auch für **Forschung und Innovationsprojekte** nutzbar ist – etwa für automatisiertes Fahren oder KI-gestützte Verkehrsprognosen [45].

4. Fazit und Ausblick

Verkehrsdaten sind das Rückgrat intelligenter Verkehrssteuerung und datenbasierter Mobilitätsstrategien. Ihre Erhebung, Verarbeitung und Bereitstellung bestimmen, wie präzise Verkehrssituatien analysiert und wie effizient Steuerungsmaßnahmen umgesetzt werden können. Moderne Sensorik wie Smartphonendaten und KI-gestützte Kamerasyteme, kombiniert mit Open-Data-Ansätzen, erlaubt heute eine bisher unerreichte Transparenz über das Verkehrsgeschehen.

Für Kommunen, Forschungseinrichtungen und Industrie ergibt sich daraus ein enormes Potenzial: Eine einheitliche, offene und qualitativ hochwertige Datenbasis ist der Schlüssel für simulationsgestützte Planung, Echtzeitoptimierung und die Integration autonomer Fahrzeuge in bestehende Verkehrsnetze. In diesem Sinne stellen Verkehrsdaten nicht nur ein technisches Artefakt, sondern eine strategische Ressource für die Mobilität der Zukunft dar.

Trotz der technischen Reife moderner Erfassungssysteme bestehen weiterhin Herausforderungen bei der Datenintegration und Interoperabilität. Unterschiedliche Formate, Aggregationsstufen und Aktualisierungsintervalle erschweren die direkte Kombination verschiedener Quellen. Zudem müssen Datenschutz- und Sicherheitsanforderungen bei personenbezogenen Daten, etwa aus FloatingPhone-Systemen, strikt berücksichtigt werden. Die Qualitätssicherung offener Verkehrsdaten ist ein weiteres Thema. Ungenaue Sensoren, Datenlücken oder fehlerhafte Aggregationen können die Modellgüte und Prognosefähigkeit erheblich beeinträchtigen. Hier setzen zunehmend Methoden der Künstlichen Intelligenz an, die Rohdaten automatisch plausibilisieren und fehlende Werte rekonstruieren.

Mit dem Fortschritt in der Car-to-X-Kommunikation und der zunehmenden Verfügbarkeit vernetzter Fahrzeuge wird die Datenbasis in Zukunft weiterwachsen. Fahrzeuge fungieren zunehmend als mobile Sensoren, die über standardisierte Schnittstellen Echtzeitinformationen bereitstellen. In Kombination mit Open-Data-Infrastrukturen entstehen damit neue Ansätze einer flächendeckenden, hochauflösenden Verkehrsüberwachung.

Verkehrsdaten gewinnen also in allen Dimensionen an Bedeutung – von operativer Steuerung über strategische Planung bis zur Dienstleistungsinnovation. Plattformlösungen wie MOBIDROM in NRW oder die digitalen Zwillinge der Städte Wuppertal und München zeigen exemplarisch, wie Mobilitätsdaten systematisch zusammengeführt und nutzbar gemacht werden können. Für Verwaltungen, Verkehrsunternehmen, Dienstleister und Forschungseinrichtungen ergeben sich erhebliche Chancen: Wer Daten nicht nur sammelt, sondern gezielt in Handlung umsetzt, kann Mobilitätsangebote effizienter, nachhaltiger und nutzerfreundlicher gestalten. Der Schlüssel liegt dabei in der konsequenten Vernetzung, Standardisierung und Öffnung der Daten – und in der Fähigkeit, daraus Mehrwerte zu generieren.

Literaturverzeichnis

- [1] MarketsandMarkets Research Private Ltd, „Traffic Management Market Size, Share, Growth & Latest Trends“, 2024.
- [2] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Bundesverkehrswegeplan 2030. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/BVWP/bvwp-2030-zusammenfassung.pdf?__blob=publicationFile
- [3] Heinz Nixdorf Institut, TraCMAS - Verkehrsoptimierung für autonome und konventionelle Fahrzeuge. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.hni.uni-paderborn.de/nachricht/tracmas-verkehrsoptimierung-fuer-autonome-und-konventionelle-fahrzeuge> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [4] M. A. Kühnen, „Verkehrsdatenerfassung im Bundesfernstraßenennnetz: Konzept zur Prüfung des Dauerzählstellennetzes“, Bergisch Gladbach, 1998.
- [5] Collin, „Erhebungen zur Verkehrs nachfrage“ in Stadtverkehrsplanung: Grundlagen, Methoden, Ziele, Steierwald, G., Künne, H.D., Vogt, W., Hg., Berlin, Heidelberg: Springer, 2005.
- [6] C. Bender, A. Dieke, A. Hillebrand und S. Martins, „Open Data für mehr Mobilität“, Bad Honnef, 2020.
- [7] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Open Data. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/open-data.html> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [8] R. Büttler, J. Burnand, F. M. Ferella, U. Reding und P. Dieringer, „Funktionale Anforderungen an Verkehrs erfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen“, Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr. Energie und Kommunikation, Bundesamt für Straßen Schweiz, Bern, 2010.
- [9] Leifophysik, Induktionsschleifen im Straßenverkehr. [Online]. Verfügbar unter: <https://leifophysik.de/elektrizitaetslehre/elektromagnetischeinduktion/ausblick/induktionsschleifen-im-strassenverkehr/> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [10] K. Tischler, „Neue Ansätze zur Nutzung von Induktionsschleifen-Daten an Lichtsignalanlagen: Minimierung von Fahrzeughalten und Schätzung von Kfz-Wartezeiten“ Dissertation, Fakultät Verkehrstechnik, Technische Universität Dresden, Dresden, 2015.
- [11] J. Göbel, Radartechnik: Grundlagen und Anwendungen, 2. Aufl. VDE Verlag, 2011.
- [12] Ungureanu, T., Ilic, M., Radon, S., Rothe, L., Reichert, M., Schober, C., Stamatakis, I., Heinrich, T., „Ver gleich der Detektoren für die Verkehrserfassung an signalisierten Knotenpunkten“, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Verkehrstechnik, 2020.
- [13] E. Hering und G. Schönfelder, Sensoren in Wissenschaft und Technik, 2. Aufl. Springer, 2018.
- [14] SWARCO Ag, TDC1 Verkehrsdetektor: PIR-Verkehrsdetektoren für die spurselektive Verkehrsdatenerfassung mit niedrigem Stromverbrauch. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.swarco.com/de/produkte/detektion-und-sensoren/fuer-verkehrszaehlung/tdc1-verkehrs-detektor> (Zugriff am: 14. November 2025).

- [15] Yunex GmbH, Verkehrsdetektoren. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.yunextraffic.com/de/portfolio/urban/smarke-kreuzung/advanced-perception-detektion/verkehrsdetektoren/> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [16] E. Stein, „Innovative Anwendungen von Magnetfeldsensoren“, Fachbereich Elektrotechnik, Fachhochschule Lausitz, 2016.
- [17] ViNotion B.V., Intelligent video analytics, for urban mobility innovation. [Online]. Verfügbar unter: <https://vinotion.com/urban-crowds-and-traffic/visense/> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [18] M. Körner, „Nutzungsmöglichkeiten von Floating Car Data zur Verkehrsflussoptimierung“, 23. AGIT-Symposium Salzburg, 2011.
- [19] G. Schmietendorf, „Verkehrsdatenerfassung mit Bluetooth Detektion: Möglichkeiten und Grenzen“ Diplomarbeit, Fakultät Verkehrswissenschaften, Technische Universität Dresden, Dresden, 2011.
- [20] S. E. Young, „Bluetooth Traffic Detectors for use as permanently installed travel time instruments“, University of Maryland, Center for advanced transportation technology, 2012.
- [21] Elloumi, M., Dhaou, R., Escrig, B., Idoudi, H., Saidane, L. A., „Monitoring road traffic with a UAV-based system“ in 2018 IEEE wireless communications and networking conference (WCNC).
- [22] Wang, D., Al-Rubaie, A., Clarke, S. S., Davies, J., „Real-time traffic event detection from social media“, ACM Transactions on Internet Technology (TOIT), 18(1), 2017.
- [23] Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM, Verkehrssimulation. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.itwm.fraunhofer.de/de/abteilungen/mf/dynamik-systemsimulation/verkehrssimulation.html> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [24] W. Daamen, C. Buisson und S. P. Hoogendorn, Traffic Simulation and Data, Validation Methods and Applications. CRC Press, 2015.
- [25] S. Detering und Schnieder L., „Automation im Straßenverkehr, Anforderungen an die Kalibrierung und Validierung von Verkehrssimulationen“, Technische Universität Braunschweig, Institut für Verkehrssicherheit und Automatisierungstechnik, 2010.
- [26] C. Link, K. Malena, S. Gausemeier und A. Trächtler, „Simulation Environment for Traffic Control Systems Targeting Mixed Autonomy Traffic Scenarios“ in 9th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems, Prague, Czech Republic, 2023, S. 367-377
- [27] M. N. Hachicha, „Simulation und Optimierung der urbanen Verkehrsflüsse und Verkehrsnetze mit Sumo am Beispiel Wuppertal“ Masterarbeit, Fachgebiet für Verkehrssicherheit und Zuverlässigkeit, Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal, 2020.
- [28] I. Markovsky und P. Rapisarda, „Data-driven simulation and control“ in Bd. 81(12), International Journal of Control, 2008.
- [29] The Open Knowledge Foundation, Was ist Open Data? [Online]. Verfügbar unter: <https://opendata-handbook.org/guide/de/what-is-open-data/> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [30] Universität Konstanz, Open Access – Zugang zu Forschungsergebnissen im Netz. [Online]. Verfügbar unter: <https://forschungsdaten.info/themen/finden-und-nachnutzen/open-data-open-access-und-nachnutzung/> (Zugriff am: 14. November 2025).

- [31] Open Knowledge Foundation Deutschland e.V., Offene Daten (Open Data). [Online]. Verfügbar unter: <https://ag-openscience.de/open-data/> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [32] Tiefbauamt Kanton Zürich, Verkehrszähldaten motorisierter Individualverkehr MIV im Kanton Zürich. [Online]. Verfügbar unter: <https://opendata.swiss/de/dataset/verkehrszahldaten-motorisierter-individualverkehr-miv-im-kanton-zurich> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [33] TomTom International BV, „What is TomTom’s Traffic API?“ in . [Online]. Verfügbar unter: <https://developer.tomtom.com/traffic-api/documentation/tomtom-maps/product-information/introduction>
- [34] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, „Faktenblatt Mobilithek“ [Online]. Verfügbar unter: <https://mobilithek.info/cms/downloads/faktenblatt>. Zugriff am: 14. November 2025.
- [35] NRW.Mobidrom GmbH, MOBIDROM ist Ihr Partner für Mobilitätsdaten in NRW. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.mobidrom.nrw/> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [36] NRW.Mobidrom GmbH, Wichtige Mobilitätsdaten auf einen Blick mit MOBIDROM Verkehr.NRW. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.mobidrom.nrw/produkte/mobidrom-verkehrnrw/verkehrnrw-die-wichtigsten-mobilitaetsdaten> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [37] J. Reichel, Mobidrom: Plattform für Mobilitätsdaten in NRW soll Verkehr effizienter machen. [Online]. Verfügbar unter: <https://vision-mobility.de/news/mobidrom-plattform-fuer-mobilitaetsdaten-in-nrw-gestartet-mehr-effizienz-im-verkehr-384088.html> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [38] K. Malena und C. Lüke, „Intelligente Verkehrssteuerung: Grundlagen, Potentiale und Herausforderungen“, Fachgruppe Regelungstechnik und Mechatronik, Universität Paderborn, Paderborn, 2025.
- [39] K. Malena, „Konzipierung, Analyse und Realumsetzung eines mehrstufigen modellprädiktiven Lichtsignalanlagenregelungssystems“ Dissertation, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn, 2024.
- [40] O. Rottenstreich et al., „Systematic Data Driven Detection of Unintentional Transitions in Traffic Light Plans“ in IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, Edmonton, CA, 2024.
- [41] Landeshauptstadt München, Digitaler Zwilling München. [Online]. Verfügbar unter: <https://muenchen.digital/projekte/digitaler-zwilling/> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [42] Stadt Wuppertal, Digitaler Zwilling Wuppertal. [Online]. Verfügbar unter: <https://smart.wuppertal.de/projekte/digital-zwilling.php> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [43] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, DigiTal Zwilling: Wuppertal datenbasiert vernetzt – von Mobilität bis Klimaanpassung. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.smart-city-dialog.de/wissen/smart-city-loesungen/digital-zwilling-wuppertal-datenbasiert-vernetzt-von-mobilitaet-bis> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [44] Bergische Struktur- und Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH, bergisch.smart: KI als Enabler der Mobilität von morgen. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bergischsmartmobility.de/> (Zugriff am: 14. November 2025).
- [45] Landeshauptstadt München, Stadtweites Lane-Model: Fahrspurgenaue Repräsentation des Straßenraums. [Online]. Verfügbar unter: https://muenchen.digital/projekte/digitaler-zwilling/14_stadtweites_lane_model-de.html (Zugriff am: 14. November 2025).
- [46] TÜV Nord, München und sein digitales Double. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tuev-nord.de/de/wissen/explore/muenchen-und-sein-digitales-double/> (Zugriff am: 14. November 2025).



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prognostiziertes Wachstum des Weltmarkts für verschiedene Verkehrsleitsysteme (2023-2028) nach [1].....	3
Abbildung 2: SUMO-Simulation auf Basis realer Verkehrsdaten des Paderborner Straßennetzes [26].....	6
Abbildung 3: Vergleich der Feldergebnisse verschiedener Regelungsstrategien im PPS	11

Abkürzungsverzeichnis

FCD	Floating-Car-Data
KI	Künstliche Intelligenz
LiDAR	Light Detection and Ranging
LSA	Lichtsignalanlage
MaaS	Mobility-as-a-Service
MPC	Model Predictive Control
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PPS	Pilotprojekt Schlosskreuzung



Zuwendungsgeber:

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Förderkennzeichen: 16THB0004A
Laufzeit: 01.09.2022 – 31.12.2025
Projekträger:

VDI|VDE|IT

VDI / VDE Innovation + Technik GmbH

5 Partner. 5 Standorte. 1 Netzwerk.

fir
an der
RWTH Aachen

Fraunhofer
AUTOMOBIL

ifa Institut für
Automobilwirtschaft

SICP
Software Innovation Campus Paderborn
HEINZ NIXDORF INSTITUT
UNIVERSITÄT PADERBORN

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

TUCed
AN-INSTITUT FÜR TRANSFER
UND WEITERBILDUNG

diserhub.de