Kompetenznetzwerk
automatisierte und
vernetzte Mobilität
innocam.NRW

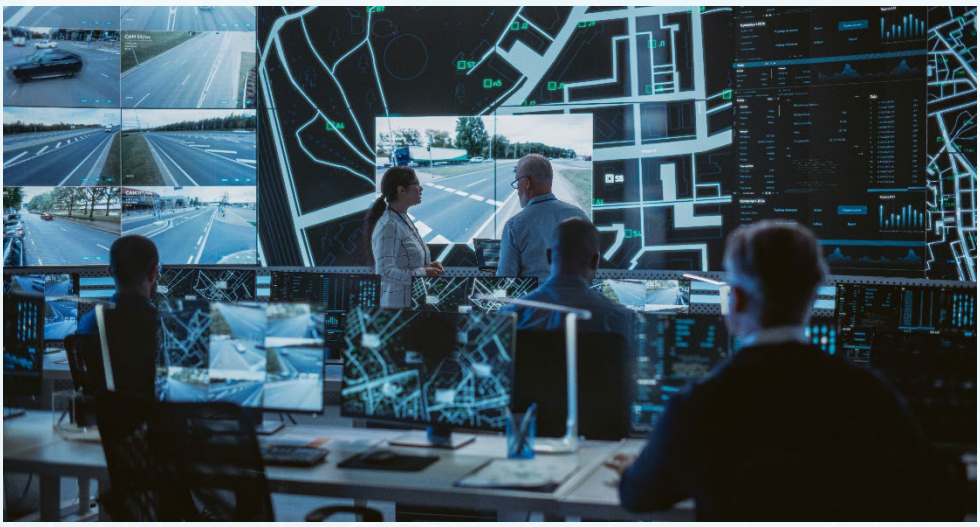


Bild: shutterstock.com

Digitalisierung und Automatisierung des Verkehrs

Status Quo, Herausforderungen und Chancen durch offene Kollaboration

Exposee

Dieses Impulspapier fasst die Ergebnisse aus dem Treffen des Arbeitskreises Straße vom 16.04.2026 an der RWTH Aachen University zusammen. Es stellt heraus, dass automatisierte und vernetzte Mobilität in Europa derzeit weniger an fehlender Technologie als an der Überführung in belastbare Betriebsmodelle, interoperable Schnittstellen, verlässliche Datenräume und abgestimmte Governance scheitert. Offene Kollaboration wird dabei als zentraler Hebel verstanden, um knappe Ressourcen wirksamer einzusetzen und Sicherheit, Interoperabilität sowie europäische Souveränität zu stärken.

Zielgruppe

Das Impulspapier richtet sich erstens an Anbieter und Betreiber von Verkehrsinfrastruktur, die Produkte, Daten- und Kommunikationsschnittstellen sowie Betriebsprozesse zielgerichtet anbieten, beschaffen und betreiben müssen. Zweitens adressiert es Politik und Verbände, die geeignete Rahmenbedingungen für Zusammenarbeit, Standardisierung, Datenzugang und Finanzierung schaffen können. Drittens wendet es sich an Wissenschaft und Forschung, um Ergebnisse besser zugänglich zu machen, Anschlussfähigkeit zu erhöhen und den Transfer in reale Anwendungen zu beschleunigen.

Raphael van Kempen
raphael.vankempen@innocam.nrw

Gefördert von Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

Inhaltsverzeichnis

Management Summary 2
Status Quo: Automatisierte und vernetzte Mobilität in Europa 3
Vernetzung der Verkehrsinfrastruktur: C-ITS in Deutschland und Nordrhein-Westfalen 5
Herausforderungen und Bedarfe: Impulse aus dem Arbeitskreis 7
Zusammenfassung: Effiziente Kollaboration als Chance 9
Abkürzungsverzeichnis 10
Quellenverzeichnis 11

Gefördert von Ministerium für Umwelt,
Naturschutz und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen

Management Summary

Automatisierte und vernetzte Mobilität ist kein fernes Zukunftsthema mehr. Der technologische Reifegrad steigt, weltweit entstehen neue Betriebsmodelle, und Europa verfügt inzwischen über wesentliche regulatorische und forschungsseitige Voraussetzungen. Dennoch befindet sich der Markt in Europa überwiegend noch im Spannungsfeld zwischen Pilotbetrieb, Erprobung und Genehmigungsvorbereitung. Deutschland hat mit der AFGBV seit 2022 einen international beachteten Rechtsrahmen für Kraftfahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion in festgelegten Betriebsbereichen geschaffen. Das Kraftfahrt-Bundesamt unterscheidet inzwischen klar zwischen Erprobungsgenehmigung, nationaler Betriebserlaubnis und EU-Typgenehmigung in Kleinserie. Der regulatorische Pfad ist damit vorhanden, der breit sichtbare Regelbetrieb jedoch noch nicht skaliert. [1][2][3][4]

Für Infrastrukturbetreiber ist entscheidend, dass der Markthochlauf automatisierter Fahrzeuge nicht erst mit dem „digitalen Fahrer“ beginnt. Dabei sind vernetztes und autonomes Fahren grundsätzlich unabhängig voneinander zu betrachten: Gemäß § 1e Abs. 2 Nr. 2 StVG muss ein Kraftfahrzeug mit autonomer Fahrfunktion selbstständig den an die Fahrzeugführung gerichteten Verkehrsvorschriften entsprechen – seine Sicherheit darf also zu keinem Zeitpunkt von einer Infrastrukturunterstützung abhängen. Gleichwohl können C-ITS-Dienste die fahrzeugseitige Sensorik um zusätzliche Informationen ergänzen und damit die Robustheit autonomer Fahrsysteme sowie die Sicherheit und Leichtigkeit des Straßenverkehrs insgesamt erhöhen; dieses Potenzial hat zuletzt auch die Verkehrsministerkonferenz hervorgehoben [24]. Bereits heute entstehen mit C-ITS, V2X-Infrastruktur, digitalen Zwillingen von Knotenpunkten, Verkehrsdatenplattformen und priorisierten Kommunikationskanälen die digitalen Grundlagen, auf denen künftige Mischverkehre organisiert werden. C-ROADS zeigt, dass diese Entwicklung europaweit bereits in die Ausrollung übergeht. [5][6] Die größten Hemmnisse liegen aus Sicht des Arbeitskreises in Datenverfügbarkeit, Personalknappheit, der Migration von LSA-Beständen, fehlender Interoperabilität proprietärer Systeme, fragmentierten Datenlandschaften und dem bislang unzureichend standardisierten Zusammenspiel zwischen Infrastruktur, Fahrzeug, Technischer Aufsicht, Leitstellen und Dritten.

Offene Kollaboration bietet die Chance, diese Hemmnisse systematisch zu adressieren. Gemeinsame Blaupausen, offene Referenzimplementierungen und wiederverwendbare Softwarebausteine können De-facto-Standards schaffen, Beschaffungsprozesse vereinfachen und die Abhängigkeit von Insellösungen reduzieren. Voraussetzung dafür sind allerdings Moderation, Finanzierung und Governance auf Landes- und Bundesebene.

Gefördert von Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

Status Quo: Automatisierte und vernetzte Mobilität in Europa

Der weltweite Takt bei der Automatisierung des Verkehrs wird derzeit nicht allein in Europa gesetzt. In den USA und in China werden Robotaxi-basierte Dienste bereits in einem Umfang erprobt und betrieben, der den Übergang vom Technologieversuch zum marktorientierten Skalierungsmodell sichtbar macht. Europa steht damit unter Druck, seine Stärken schneller in Betriebsmodelle, Plattformen und industrielle Angebote zu übersetzen. Zugleich wäre es verkürzt, die europäische Situation allein als Rückstand zu deuten. Denn Europa verfügt über etwas, das in dieser Form andernorts oft schwächer ausgeprägt ist: einen hohen Anspruch an Sicherheit, Interoperabilität, öffentliche Interessen, Datenschutz und grenzüberschreitende Anschlussfähigkeit. Genau daraus entsteht aber auch Komplexität.

Auf europäischer Ebene beschreibt die Europäische Kommission Connected and Automated Mobility (CAM) als Querschnittsthema aus Verkehr, Datenzugang, Cybersecurity, Privacy, Funk- und Netzwerkinfrastruktur sowie grenzüberschreitender Interoperabilität. Fahrzeuge sollen nicht nur automatisiert, sondern auch beim Grenzübertritt, in unterschiedlichen Netzen und unter verschiedenen regulatorischen Zuständigkeiten funktionsfähig bleiben. Aus Sicht der Kommission sind deshalb Datenqualität, Haftung, Konnektivität, C-ITS und gemeinsame Standards keine Randthemen, sondern Voraussetzungen für Skalierung. [5]

Hinzu kommt, dass Europa über zahlreiche Forschungs- und Demonstrationsprojekte verfügt, die weit über reine Laborarbeit hinausgehen. Testfelder, Reallabore und Pilotbetriebe im öffentlichen Verkehr haben in den vergangenen Jahren gezeigt, dass automatisierte Mobilität technisch und betrieblich grundsätzlich machbar ist. Gleichzeitig ist der Schritt vom Projekt zum verlässlichen Regelbetrieb nach wie vor anspruchsvoll. Das gilt nicht nur für das automatisierte Fahrverhalten selbst, sondern auch für Betriebsführung, Technische Aufsicht, Sicherheitsnachweise, Leitstellenintegration, Datenweitergabe und den Umgang mit Einsatzkräften oder Störungen im Straßenraum.

Deutschland hat sich regulatorisch früh positioniert. Mit dem Gesetz zum autonomen Fahren (StVG §1d ff) sowie der Verordnung zur Genehmigung und zum Betrieb von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion in festgelegten Betriebsbereichen (AFGBV) existiert seit 2022 ein rechtlicher Rahmen, der Anforderungen an Hersteller, Halter, Technische Aufsicht, Datenspeicherung, Betriebserlaubnis und Betriebsbereich systematisch regelt. [1] Das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) hat darauf aufbauend Genehmigungswege für Erprobungsgenehmigungen, nationale Betriebserlaubnisse und EU-Typgenehmigungen in Kleinserie eingerichtet. [2][3][4] Gerade diese institutionelle Ausdifferenzierung zeigt jedoch auch den realen Reifegrad: Der Weg in den Markt ist heute weniger eine Frage fehlender Normen als eine Frage des belastbaren Nachweises, der industriellen Umsetzung und der organisatorischen Integration in reale Verkehrssysteme.

Für Deutschland ist besonders relevant, dass sich mit MOIA und HOLON zwei Akteure sichtbar auf den Markteintritt vorbereiten. MOIA positioniert sich als Anbieter autonomer Mobilitätslösungen für Städte und Verkehrsunternehmen und setzt dabei auf die Industrialisierung des Volkswagen ID. Buzz AD sowie auf Erfahrungen aus

Gefördert von Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

dem Ridepooling-Betrieb mit dem konventionell gesteuerten VW e-Crafter in Hamburg seit 2019. [8][9] HOLON entwickelt mit dem HOLON urban ein barrierefreies, autonomes Shuttle für On-Demand- und Linienanwendungen und verbindet Fahrzeug, Software und Betriebsleistungen zu einem integrierten Angebot. [10][11] Diese Entwicklungen zeigen: In Deutschland wird nicht mehr nur über autonome Fahrzeuge gesprochen, sondern über skalierbare Systemlösungen für Flottenbetrieb, Leitstellenanbindung und Einbettung in den ÖPNV.

Gerade daraus ergibt sich eine strategische Frage, die über einzelne Fahrzeuge hinausgeht: Werden die digitalen Technologien, die den künftigen Verkehr steuern, europäisch geprägt sein? Wer die Softwareebenen für den „digitalen Fahrer", die Flottensteuerung, die Technische Aufsicht, die Datenräume und die Kommunikationsschnittstellen kontrolliert, prägt nicht nur Wertschöpfung, sondern auch Betriebskultur, Zugriffsmöglichkeiten und Machtverhältnisse im Verkehrssystem. Europäische Lösungen müssen sich dabei in das Gefüge aus DSGVO und KI-Regulierung einpassen und zugleich international wettbewerbsfähig bleiben. [13][14]

Daher rückt zunehmend die Frage nach einem europäischen Ökosystem in den Vordergrund. Die Kommission selbst betont die Notwendigkeit koordinierter europäischer Politik, europäischer Standards und grenzüberschreitender Erprobung. [5] Parallel dazu bündelt die CCAM Association inzwischen mehr als 200 Mitglieder entlang der sektorübergreifenden Wertschöpfungskette und arbeitet an einer gemeinsamen, langfristigen Forschungs- und Innovationsagenda. [7] Mit der European Connected and Autonomous Vehicle Alliance (ECAVA) hat die Europäische Kommission darüber hinaus ein industriegeführtes Forum geschaffen, das technologische Entwicklungen, Investitionen und Kooperationen zu softwaredefinierten, KI-gestützten, vernetzten und autonomen Fahrzeugtechnologien beschleunigen soll. [21] Für Deutschland ist in diesem Zusammenhang Ecosystem Mobility 4.0 relevant, weil dort Akteure aus Industrie, Wissenschaft und öffentlicher Hand offen, standardisiert und herstellerunabhängig an Referenzarchitekturen, Standards und technischen Bausteinen für autonome, bedarfsorientierte Mobilitätsangebote arbeiten. [22] Solche Initiativen gewinnen an Bedeutung, weil sie Vorarbeiten zusammenführen und Abhängigkeiten von proprietären Einzellösungen verringern können.

Aus Sicht des Arbeitskreises wird damit deutlich: Die Debatte über autonomes Fahren verschiebt sich. Sie kreist nicht mehr nur um Sensorik, KI und Fahrzeugfunktionen, sondern immer stärker um bidirektionale Schnittstellen zwischen Technischer Aufsicht und Fahrzeug, um einheitliche Zugänge für Einsatzkräfte, um Datendrehscheiben, Datensouveränität, unveränderte Datenflüsse zwischen OEMs, Haltern und Dritten, um C-ITS als standardisierte Kommunikationsebene und um die Frage, wie funktionale Sicherheit auch ohne Infrastrukturunterstützung gewährleistet bleibt. Genau an dieser Schnittstelle zwischen technischer Machbarkeit, öffentlichem Interesse und Interoperabilität gewinnt offene Kollaboration an Bedeutung. Sie kann helfen, nicht nur Standards zu diskutieren, sondern gemeinsame Referenzen „im Code" bereitzustellen.

Gefördert von Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

Vernetzung der Verkehrsinfrastruktur: C-ITS in Deutschland und Nordrhein-Westfalen

Vernetztes und autonomes Fahren sind zwei eigenständige Entwicklungslinien: Kraftfahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion müssen ihre Fahraufgabe nach dem StVG jederzeit aus eigener Wahrnehmung heraus sicher erfüllen – unabhängig davon, ob unterstützende Infrastruktur vorhanden ist. Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS) sind daher keine Voraussetzung des autonomen Fahrens, wohl aber ein wesentlicher Hebel, um automatisierte Fahrzeuge effizient in bestehende Verkehrssysteme zu integrieren und die Sicherheit und Leichtigkeit des Straßenverkehrs insgesamt zu erhöhen. C-ITS machen Informationen über Kreuzungstopologien, Signalphasen, priorisierte Fahrzeuge, Gefahrenlagen oder betriebliche Eingriffe maschinenlesbar und übertragbar. Damit wird aus klassischer Verkehrstechnik schrittweise ein kooperatives, digitales Verkehrssystem.

Europa hat diesen Entwicklungspfad in den vergangenen Jahren systematisch vorbereitet. Die Europäische Kommission verweist im CAM-Kontext ausdrücklich auf C-ITS und auf die C-ROADS-Plattform als Instrument zur Harmonisierung interoperabler Dienste zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur. [5] C-ROADS selbst beschreibt sich als gemeinsame Initiative europäischer Staaten und Straßenbetreiber zur Ausrollung gesicherter und vertrauenswürdiger C-ITS-Dienste. Der aktuelle Umsetzungsstand zeigt, dass es längst nicht mehr nur um Demonstratoren geht: Eine Ausrollung auf mehr als 6.000 Roadside Units und mehr als 3.500 Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs markieren den Übergang in die Fläche. [6]

Für Deutschland bedeutet das: C-ITS ist kein fernes Zukunftsthema, sondern Teil der schrittweisen Modernisierung der Verkehrsinfrastruktur. Gerade auf Autobahnen, an Baustellen, in Zufahrtsbereichen und an signalisierten Knotenpunkten existieren bereits Anwendungen, bei denen Infrastrukturzustände und Warnmeldungen in standardisierter Form bereitgestellt werden. Für den späteren Betrieb automatisierter Fahrzeuge ist das aus zwei Gründen relevant. Erstens entstehen damit digitale Beschreibungen des Verkehrsraums, die auch automatisierte Systeme ergänzend zur eigenen Sensorik nutzen können – etwa zur Validierung eigener Detektionen bei ungünstigen Witterungsbedingungen, komplexen Verkehrssituationen oder Sichtbehinderungen. Zweitens sammeln Infrastrukturbetreiber damit bereits heute die Betriebserfahrung, die im späteren Mischverkehr vorausgesetzt wird: Kreuzungstopologien und Schaltzustände aktuell und qualitätsgesichert bereitzustellen, ÖPNV- und Einsatzfahrzeuge an Lichtsignalanlagen zu priorisieren sowie Baustellen-, Ereignis- und Warnmeldungen über Leitstellen in den Verkehr einzuspielen. Wer diese Abläufe erst dann aufbaut, wenn automatisierte Fahrzeuge in relevanter Zahl im Straßenraum unterwegs sind, beginnt zu spät.

Für Nordrhein-Westfalen zeigt sich ein heterogenes, aber dynamisches Bild. Die nachfolgende Auswahl basiert auf im Arbeitskreis zusammengetragenen Praxisbeispielen und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit:

- Im Forschungsbetrieb bestehen beispielsweise in Aachen Anwendungen rund um vernetzte Lichtsignalanlagen (LSA) [15] sowie mit dem Road

Gefördert von Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

Infrastructure Testfield Aachen (RITA) am Campus Melaten ein reales und simulatives Testumfeld für Echtzeit-Verkehrserfassung und die Entwicklung automatisierter Forschungsfahrzeuge [16].

- Im Realbetrieb finden sich bereits digitale Knotenabbilder mit C-ITS-Unterstützung, Anwendungen zur Priorisierung von ÖPNV und Einsatzfahrzeugen, kommunale Mobilitätsdashboards sowie Grüne-Welle-Assistenten (GLOSA-Dienste) wie der appbasierte TrafficPilot in Düsseldorf, Wuppertal und Solingen. [17][18][23] In Oberhausen wird der stark ereignisabhängige Besucherverkehr im Umfeld des Einkaufszentrums über eine dynamische Verkehrssteuerung gelenkt. Auf Landesebene bündelt die Landesverkehrszentrale von Straßen.NRW in Leverkusen zentrale Bausteine des operativen Verkehrsmanagements: die Digitalisierung und Steuerung von Lichtsignalanlagen, die baulast- und verkehrsträgerübergreifende Baustellenkoordination, die Steuerung von Streckenbeeinflussungsanlagen und Tunneln sowie die landesweite Erhebung und Bereitstellung von Verkehrsdaten. [25]
- In Planung oder Skalierung befinden sich unter anderem landesweite Ansätze für digitale Zwillinge signalisierter Knoten, die digitale Bereitstellung von Kreuzungstopologien und – wo verfügbar – Live-Schaltzuständen über zentrale Plattformen, die C-ITS-Ertüchtigung weiterer Lichtsignalanlagen, Echtzeitabbilder urbaner Verkehrslagen und städtische Datenplattformen mit Schnittstellen für Dritte. [19][20]

Diese Beispiele sind wichtig, weil sie zeigen, dass die infrastrukturseitige Digitalisierung zeitlich vor dem breiten Einsatz autonomer Fahrzeuge beginnt – und unabhängig von ihm ihren eigenen Nutzen für Verkehrssteuerung und Verkehrsmanagement entfaltet. Sollen automatisierte Fahrzeuge künftig zusätzlich von Infrastrukturinformationen profitieren und sollen Mischverkehre aktiv koordiniert werden, müssen Signalanlagen, Knotenpunkte, Leitstellen und Datenplattformen in der Lage sein, maschinenlesbare Informationen in verlässlicher Qualität bereitzustellen. Kreuzungstopologien und Schaltzustände von Lichtsignalanlagen, Priorisierungsschnittstellen, Ereignismeldungen und standardisierte Kommunikationskanäle sind damit keine Zusatzfeatures, sondern Bausteine eines modernen Verkehrsmanagements.

Zugleich gilt: Infrastrukturunterstützung darf kein Vorwand dafür sein, fahrzeugseitige Sicherheit zu externalisieren. Der Rechtsrahmen ist hier eindeutig: Kraftfahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion müssen gemäß § 1e Abs. 2 Nr. 2 StVG selbstständig den an die Fahrzeugführung gerichteten Verkehrsvorschriften entsprechen; ihre funktionale Sicherheit muss auch ohne unterstützende Infrastruktur jederzeit gewährleistet bleiben. C-ITS ersetzt fahrzeugseitige Wahrnehmung also nicht, kann sie aber wirksam ergänzen: Infrastrukturseitig bereitgestellte Informationen erhöhen die Robustheit autonomer Fahrsysteme, insbesondere bei ungünstigen Witterungsbedingungen, komplexen Verkehrssituationen oder Sichtbehinderungen. Zu dieser Einordnung kommt auch die Verkehrsministerkonferenz: Sie hält in ihren Empfehlungen zum autonomen Fahren fest, dass die Sicherheit autonomer Fahrfunktionen ohne Infrastrukturunterstützung gegeben sein muss, C-ITS aber eine gute Möglichkeit bietet, fahrzeugseitige

Gefördert von Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

Detektionen zu validieren [24]. Wo Infrastruktur vorhanden ist, sollte sie deshalb interoperabel, standardnah, belastbar und hoheitlich anschlussfähig sein. C-ITS ist aus Sicht des Arbeitskreises damit keine Voraussetzung des autonomen Fahrens, wohl aber die Brücke zwischen heutiger Verkehrssteuerung und künftiger Koordination automatisierter Verkehrsteilnehmer.

Herausforderungen und Bedarfe: Impulse aus dem Arbeitskreis

Die Diskussionen im Arbeitskreis haben deutlich gemacht, dass Infrastrukturbetreiber schon heute vor Herausforderungen stehen, die technologisch teilweise noch vor dem eigentlichen autonomen Fahren liegen. Der Handlungsdruck entsteht also nicht erst dann, wenn fahrerlose Fahrzeuge in großer Zahl im Straßenraum sichtbar werden. Vielmehr muss schon jetzt geklärt werden, wie Daten, Systeme, Organisationen und Zuständigkeiten so weiterentwickelt werden, dass sie künftige Anforderungen überhaupt tragen können. Die im Arbeitskreis formulierten Bedarfe lassen sich in mehrere Themenfelder bündeln:

- Zentrale Datenbereitstellung statt kommunaler Einzelbeschaffung. Hochwertige Verkehrsdaten, etwa Floating-Car-Daten oder Mobilfunkdaten, sind für viele Kommunen finanziell und organisatorisch schwer zugänglich. Ein landes- oder bundesweit organisierter Zugang würde Skaleneffekte ermöglichen, Vergleichbarkeit erhöhen und kleinere Aufgabenträger entlasten.
- Automatisierte und KI-gestützte Datenanalyse. Die eigentliche Herausforderung liegt nicht nur im Datensammeln, sondern in der Umwandlung heterogener Rohdaten in belastbare Verkehrsmetriken, Lagemuster und handlungsrelevante Entscheidungen. Dafür braucht es Werkzeuge, die von der Datenaufnahme über Standardisierung und Auswertung bis zur Szenarioerkennung durchgängig anschlussfähig sind.
- Personalkapazitäten und LSA-Altbestände. In vielen Verwaltungen bindet bereits der Betrieb des bestehenden LSA-Bestands einen Großteil der verfügbaren personellen Ressourcen. Modernisierung, Datenintegration und C-ITS-Ertüchtigung kommen häufig „on top“ hinzu. Ohne pragmatische Migrationspfade und die Herstellung eines ausreichenden finanziellen Handlungsspielraums der Kommunen besteht die Gefahr, dass Zukunftsprojekte zwar beschlossen, aber operativ nicht tragfähig umgesetzt werden.
- Migrationsstrategie für Lichtsignalanlagen. Die Umstellung von alter auf neue Technik darf nicht als kompletter Systembruch gedacht werden. Benötigt werden gestufte Strategien, mit denen Priorisierung, Datenbereitstellung und C-ITS-Funktionalität schrittweise ausgebaut werden können, ohne die Stabilität des Bestandsbetriebs zu gefährden. Das Land NRW arbeitet aktuell an einer landesweiten C-ITS-Strategie.
- Interoperabilität proprietärer Systeme. Betreiber treffen in der Praxis auf eine Vielzahl herstellerspezifischer Lösungen, die nur begrenzt offen oder untereinander kompatibel sind. Für einen funktionsfähigen Markt und für skalierbare Betriebsprozesse ist deshalb entscheidend, dass Systeme sich an gemeinsame Spezifikationen anlehnen und Konformität zu C-ROADS-nahen Standards nicht nur behauptet, sondern überprüfbar hergestellt wird.

Gefördert von Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

- Verfügbarkeit von digitalen Kreuzungsdaten. Für automatisierte Fahrzeuge, aber auch für moderne Verkehrssteuerung, sind konsistente digitale Beschreibungen von Kreuzungstopologien zentral. Fehlen MAP-Daten oder liegen sie in uneinheitlicher Qualität vor, wird jede nachgelagerte Anwendung aufwendiger, fehleranfälliger und schwerer skalierbar.
- Zusammenspiel von ÖPNV-Betreibern und Infrastrukturbetreibern. Gerade bei ÖPNV-Priorisierung zeigt sich, dass technische Möglichkeiten allein nicht reichen. Es braucht abgestimmte Betriebsziele, Datenflüsse, Verantwortlichkeiten und Eskalationslogiken zwischen Verkehrsunternehmen, Kommunen, Straßenbaulastträgern und Leitstellen. Durch Nutzung standardisierter Datenschnittstellen und Prozesse können Kosten reduziert und Prozesse beschleunigt werden.
- Echtzeitfähigkeit und sichere Übertragung. Der Austausch sicherheitsrelevanter oder betriebsrelevanter Daten stellt hohe Anforderungen an Hardware, Kommunikationskanäle, Latenz, Verfügbarkeit und Absicherung. Wer digitale Infrastruktur für automatisierte Mobilität aufbauen will, muss diese Anforderungen frühzeitig berücksichtigen, statt sie erst im Regelbetrieb zu entdecken.
- Datenfragmentierung im ÖPNV. Unterschiedliche Verkehrsverbünde und Aufgabenträger arbeiten mit unterschiedlichen Datenmodellen, Qualitätsniveaus und Systemgrenzen. Für Nordrhein-Westfalen ist diese Fragmentierung besonders relevant, weil Verbünde wie AVV, VRR, VRS oder NWL jeweils eigene Systemlandschaften mitbringen. Ohne standardisierte Verkehrsmetriken und gemeinsame Datenlogiken bleibt regionale Vergleichbarkeit begrenzt.
- Von Daten zu Handlungsschritten. Daten entfalten erst dann Mehrwert, wenn aus ihnen konkrete Szenarien, Prioritäten und Maßnahmen abgeleitet werden können. Der notwendige Pfad lautet deshalb: Datenbezug, Datenbereinigung, Standardisierung von Metriken, Definition relevanter Szenarien, automatisierte Erkennung und schließlich Ableitung intelligenter Handlungsschritte zur Stabilisierung und Resilienzsteigerung des Verkehrs.

Gerade an dieser Stelle wird deutlich, warum offene Kollaboration mehr sein kann als ein Appell. In komplexen Softwaresystemen ist es ineffizient, wenn jede Behörde, jeder Betreiber und jeder Anbieter dieselben Grundbausteine parallel neu entwickelt. Der Arbeitskreis sieht deshalb erhebliches Potenzial in gemeinsam entwickelten oder offen anschlussfähigen Softwareartefakten, etwa in folgenden Bereichen:

- Mobilitätsdashboards für Analyse, Monitoring und Entscheidungsunterstützung.
- Routing- und Netzlogik, beispielsweise für Sondernutzungen, Restriktionen oder verkehrsträgerübergreifende Planung.
- Werkzeuge für ÖPNV-Disposition und operative Priorisierung.
- Algorithmen zur Verkehrsmodellierung und Prognose.
- Standardisierte Verkehrsmetriken und Auswertebibliotheken.
- KI-gestützte Ableitung von Maßnahmen zur Stabilisierung und Resilienzsteigerung.

Gefördert von Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

- Offene oder zumindest offen spezifizierte Kommunikationsstandards zwischen Lichtsignalanlagen und LSA-Zentralen.

Der Mehrwert solcher Kooperation liegt nicht allein in geringeren Entwicklungskosten. Mindestens ebenso wichtig ist, dass offene Referenzlösungen gemeinsame Sprache schaffen: für Beschaffung, für Compliance, für Schnittstellen, für Schulung, für Fehlersuche und für Weiterentwicklung. Sie helfen Anbietern, Produkte an klaren Erwartungen auszurichten, und geben Betreibern die Möglichkeit, Anforderungen präziser zu formulieren. So entstehen mit der Zeit keine starren Normen, sondern belastbare De-facto-Standards.

Allerdings geschieht das nicht von selbst. Offene Kollaboration braucht institutionelle Träger, Priorisierung, Moderation und Pflege. Wer Open Source im öffentlichen Verkehrssystem ernst meint, muss daher auch über Governance, Finanzierung, Betrieb, Wartung, Release-Prozesse, Verantwortlichkeiten und Qualitätssicherung sprechen. Genau hier sehen die Teilnehmenden des Arbeitskreises eine wichtige Rolle für Landes- und Bundesebene.

Zusammenfassung: Effiziente Kollaboration als Chance

Autonomes Fahren ist keine ferne Vision mehr, sondern ein absehbarer Entwicklungsschritt im europäischen Verkehrssystem. Die Frage ist nicht mehr, ob automatisierte und vernetzte Mobilität kommt, sondern unter welchen technischen, organisatorischen und politischen Bedingungen sie eingeführt wird. Europa und Deutschland verfügen dabei über wesentliche Stärken: Forschungslandschaften, einen fortgeschrittenen Regulierungsrahmen, standardisierungsnahe Initiativen und erste industrielle Angebote. Der Engpass liegt derzeit vor allem in der Umsetzung in interoperable, wirtschaftlich tragfähige und öffentlich anschlussfähige Betriebsmodelle.

Für Infrastrukturbetreiber in Nordrhein-Westfalen bedeutet das: Vorbereitung muss jetzt beginnen. Viele der dafür nötigen Aufgaben – Datenintegration, Modernisierung von LSA, Aufbau digitaler Zwillinge, C-ITS-Rollout, Koordination mit ÖV und Leitstellen – sind bereits heute relevant, also noch bevor autonome Fahrzeuge flächig im Straßenraum erscheinen. Wer diese Vorarbeiten verschiebt, verschiebt nicht nur Zukunftstechnologien, sondern auch die Modernisierung bestehender Verkehrssteuerung.

Die Chance liegt darin, diese Aufgaben nicht isoliert zu bearbeiten. Offene Kollaboration und Open-Source-Ökosysteme können helfen, Vorarbeiten zusammenzuführen, Mehrfachentwicklungen zu vermeiden und gemeinsame Standards schneller in die Praxis zu bringen. Damit daraus reale Wirkung entsteht, braucht es aus Sicht des Arbeitskreises vor allem drei Dinge: erstens koordinierte Daten- und Schnittstellenstrategien, zweitens finanzierte und priorisierte Migrationspfade für Bestandsinfrastruktur und drittens eine Moderations- und Governance-Struktur auf Landes- oder Bundesebene, die Zusammenarbeit dauerhaft ermöglicht.

Nicht jeder Akteur muss das Rad neu erfinden. Aber jemand muss dafür sorgen, dass alle am selben Rad bauen können. Dabei können aufeinander abgestimmte Initiativen

Gefördert von Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

auf Landes- Bundes- und euopäischer Ebene helfen, die relevanten Akteure aus Industrie, Forschung und öffentlicher Verwaltung zusammezubringen. Beispielsweise mit dem Kompetenznetzwerk innocam.NRW, dem Ecosystem Mobility 4.0 auf Bundesebene und der European Connected Autonomous Vehicle Alliance existieren bereits Initiativen auf allen Ebenen, deren Stärken es nun abzustimmen und zu nutzen gilt.

Abkürzungsverzeichnis

AFGBV	Autonome-Fahrzeuge-Genehmigungs-und-Betriebs-Verordnung
AI Act	Verordnung der Europäischen Union über künstliche Intelligenz
CAM	Connected and Automated Mobility
CCAM	Connected, Cooperative and Automated Mobility
C-ITS	Cooperative Intelligent Transport Systems
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
GLOSA	Green Light Optimal Speed Advisory
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
LSA	Lichtsignalanlage
MAP	Digitale Beschreibung der Knoten- bzw. Kreuzungstopologie
OEM	Original Equipment Manufacturer
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
SPAT	Signal Phase and Timing
StVG	Straßenverkehrsgesetz
TEN-T	Trans-European Transport Network

Gefördert von Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

Quellenverzeichnis

[1] Bundesministerium der Justiz / Gesetze im Internet: *Verordnung zur Genehmigung und zum Betrieb von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion in festgelegten Betriebsbereichen (AFGBV).* (https://www.gesetze-im-internet.de/afgbv/index.html)

[2] Kraftfahrt-Bundesamt (KBA): *Erprobungsgenehmigung.* (https://www.kba.de/DE/Themen/Typgenehmigung/Autonomes_automatisiertes_Fahren/Erprobungsgenehmigung/erprobungsgenehmigung_node.html)

[3] Kraftfahrt-Bundesamt (KBA): *Nationale Betriebserlaubnis für Kraftfahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion.* (https://www.kba.de/DE/Themen/Typgenehmigung/Autonomes_automatisiertes_Fahren/nationale_Betriebserlaubnis/nationale_betriebserlaubnis_node.html)

[4] Kraftfahrt-Bundesamt (KBA): *EU-Typgenehmigungen für Kraftfahrzeuge mit autonomer Fahrfunktion in Kleinserie.* (https://www.kba.de/DE/Themen/Typgenehmigung/Autonomes_automatisiertes_Fahren/EU_Typgenehmigung/eu_typgenehmigung_node.html)

[5] European Commission: *Connected and automated mobility.* (https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/connected-and-automated-mobility)

[6] C-Roads Platform: *The European C-ITS Platform.* (https://www.c-roads.eu/)

[7] CCAM Association: *European leadership in safe and sustainable road transport through automation.* (https://www.ccam.eu/)

[8] MOIA: *Moving cities, moving you.* (https://www.moia.io/de-DE)

[9] Volkswagen Group: *MOIA.* (https://www.volkswagen-group.com/de/moia-16058)

[10] HOLON: *Autonome, inklusive und nachhaltige Mobilität.* (https://www.driveholon.com/de/)

[11] BENTELER: *HOLON.* (https://www.benteler.com/de/produkte-services/holon/)

[12] Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Verkehr und Mobilitätswende: *Behörde für Verkehr und Mobilitätswende.* (https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bvm/)

[13] Europäische Union: *Verordnung (EU) 2016/679 (Datenschutz-Grundverordnung).* 27.04.2016. (https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj)

[14] Europäische Union: *Verordnung (EU) 2024/1689 (AI Act).* 13.06.2024. (https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj)

[15] Technische Informationsbibliothek (TIB): *KoMoDnext – Automatisiertes Fahren im digitalen Testfeld Düsseldorf.* 21.06.2022. (https://edocs.tib.eu/files/e01fb23/1858811937.pdf)

[16] Institut für Kraftfahrzeuge (ika), RWTH Aachen University: *Roadside Infrastructure Testfield Aachen (RITA).* (https://www.ika.rwth-aachen.de/de/kompetenzen/ausstattung/infrastruktur/infrastruktursensorik.html)

[17] Stadt Aachen: *Aachen: Mobilitätsdashboard ist überarbeitet worden.* 14.11.2025.

Gefördert von Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

(https://www.aachen.de/services/presse/pressemitteilungen/2025/november/141125-mobilitaetsdashboard-ueberarbeitet/)

[18] Stadt Köln: *Mobilitäts-Cockpit Köln – MoCKiii.* 05.05.2026. (https://www.stadt-koeln.de/artikel/72396/index.html)

[19] Stadt Aachen: *Digitalisierung in der Mobilität.* (https://www.aachen.de/in-aachen-leben/mobilitaet-verkehr/mobilitaetskonzepte/digitalisierung-in-der-mobilitaet/)

[20] Stadt Köln: *MobilitätsCockpitKöln. Innovativ, integrativ, intelligent: Rat beschließt Beschaffung des Mobilitäts-Cockpits.* 25.06.2021. (https://www.stadt-koeln.de/politik-und-verwaltung/presse/mitteilungen/23558/index.html)

[21] European Commission: *European Connected and Autonomous Vehicle Alliance (ECAVA).* 17.02.2026. (https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/vehicle-alliance)

[22] Ecosystem Mobility 4.0: *Offene digitale Grundlagen für autonome Mobilität.* (https://ecosystemmobility40.de/)

[23] GEVAS software GmbH *Traffic Pilot: Ride the green wave.* (https://www.trafficpilot.eu)

[24] Verkehrsministerkonferenz: *Empfehlungen Autonomes Fahren. Anlage 4.13 zur Sitzung der Verkehrsministerkonferenz am 25./26.03.2026.* (https://www.verkehrsministerkonferenz.de/VMK/DE/termine/sitzungen/26-03-25-26-vmk/26-03-26-25_Empfehlung_Anlage_4.13.pdf)

[25] Landesbetrieb Straßen.NRW: *Landesverkehrszentrale.* (https://www.strassen.nrw.de/de/landesverkehrszentrale.html)

Gefördert von Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen