Büro für Technikfolgen-Abschätzung
beim Deutschen Bundestag



Themenkurzprofil Nr. 92
Oktober 2026

Vernetzte intelligente Verkehrssysteme – von der individuellen zur kooperativen Verkehrssicherheit

Mona Hille

In Kürze

Der Straßenverkehr wird digitaler, vernetzter und vorausschauender. Die Digitalisierung des Straßenverkehrs vollzieht sich zunehmend im Rahmen intelligenter Verkehrssysteme (ITS) und kooperativer intelligenter Verkehrssysteme (C-ITS). Das vernetzte Verkehrssystem zeichnet sich dadurch aus, dass Datenverarbeitung, Infrastruktur und Fahrzeuge zusammenwirken. Verkehrslagen werden durch ITS technisch erfassbar und mit C-ITS in abgestimmtes Handeln zwischen Fahrzeugen, Straße und Verkehrsmanagement übersetzt. Kritische Situationen sollen zukünftig vermieden werden, bevor sie entstehen. Damit verschiebt sich Verkehrssicherheit von der äußeren Durchsetzung über Regeln, Kontrollen und Sanktionen hin zur inneren Funktionsweise des Systems. Durch die Vernetzung wird Sicherheit selbst zu einem Merkmal des Straßenverkehrs. Gleichsam gilt: Entsteht Verkehrssicherheit durch Vernetzung, wird auch die Absicherung dieser Vernetzung selbst sicherheitsrelevant.

Diese Entwicklung folgt keinem politisch geplanten Gesamtprozess. Sie entsteht vor allem aus technologischen Innovationsdynamiken: Assistenzsysteme, Kommunikationstechnologien, Datenplattformen und automatisierte Steuerungsfunktionen wachsen Schritt für Schritt zusammen. Politische Steuerung steht vor der Herausforderung, mit der Geschwindigkeit technologischer Entwicklung Schritt zu halten, ohne einzelne technische Pfade vorschnell festzulegen oder ihre Weiterentwicklung zu blockieren.

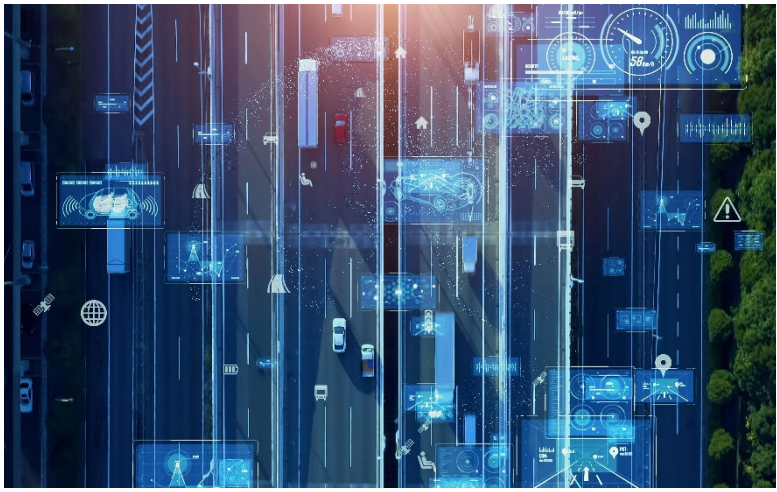
Kooperative intelligente Verkehrssysteme verändern die technische Organisation von Verkehrssicherheit. Und sie werfen neue Fragen nach Verantwortung, Zuständigkeit und rechtlicher Einordnung auf. In Deutschland schafft das Intelligente-Verkehrssysteme-Gesetz (IVSG) dafür den Rahmen: Es lenkt die Technik nicht im Einzelnen, sondern strukturiert und ermöglicht ihre Anwendung.

Hintergrund und Entwicklungsstand

Intelligente Verkehrssysteme (IVS; Intelligent Traffic Systems – ITS) und kooperative intelligente Verkehrssysteme (Cooperative Intelligent Transport System – C-ITS) bezeichnen die Vernetzung von Fahrzeugen (Vehicle to Vehicle – V2V), von Fahrzeugen mit der Verkehrsinfrastruktur (Vehicle to Infrastructure – V2I) sowie zwischen Infrastrukturkomponenten (Infrastructure to Infrastructure – I2I) und digitalen Diensten auf Basis moderner Informations- und Kommunikationstechnologien. Sie integrieren Verkehrsdaten in Echtzeit und bilden adaptive Strukturen, die Informationen zwischen Fahrzeug, Straße und Steuerzentrale kontinuierlich austauschen (Asselin-Miller et al. 2016; WD 2026). Mit dieser technologischen Entwicklung wird das Ziel einer Verbesserung von Verkehrssicherheit, Effizienz und Verkehrsfluss durch interoperable, europaweit harmonisierte Dienste verfolgt (C-ITS Platform 2017).

Die Grundlagen dazu wurden in den 1990er Jahren gelegt, als elektronische Erfassungssysteme, Verkehrsleitrechner und automatische Mautverfahren erstmals großflächig eingesetzt wurden. Parallel dazu wurden Telematikdienste wie das RDS-TMC[1] etabliert, mit denen Verkehrsinformationen digital verbreitet werden konnten (Sussman 2005). In den 2000er Jahren verlagerte sich der technologische Schwerpunkt von der Datenerfassung auf die Vernetzung. Mobile Kommunikation, GPS-basierte Navigation und erste Pilotprojekte zur Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation schufen die technische Grundlage für kooperative Systeme. Forschungsinitiativen wie CarTalk 2000[2] und Coopers[3] markieren zentrale Entwicklungsschritte hin zu vernetzten und kooperativen Verkehrssystemen: CarTalk 2000 entwickelte und testete fahrzeugseitige Kommunikation auf Basis selbstorganisierender Ad-hoc-Netzwerke (V2V) und legte damit Grundlagen für kooperative Assistenzfunktionen, während Coopers den bidirektionalen Datenaustausch zwischen Fahrzeug und Infrastruktur (V2I) unter realen Bedingungen demonstrierte und Konzepte für die Integration von Echtzeitinformationen in bestehende Verkehrsleitnetze erprobte.

Im nachfolgenden Jahrzehnt rückte die Integration dieser zuvor weitgehend getrennten Erfassungs-, Leit-, Navigations- und Kommunikationssysteme in interoperable intelligente Verkehrssysteme (IVS/ITS) bzw. später in kooperative intelligente Verkehrssysteme (C-ITS) ins Zentrum. Im Unterschied zu ITS, die vor allem auf Erfassung, Verarbeitung und Bereitstellung von Verkehrsinformationen ausgerichtet waren, zielen C-ITS auf den digitalen Datenaustausch zwischen Fahrzeugen, Infrastruktur und Verkehrszentralen. Mit der Richtlinie 2010/40/EU[4] und dem Aktionsplan zur Einführung intelligenter Verkehrssysteme in Europa (EK 2009) wurde Anfang der 2010er Jahre der Rahmen geschaffen, um intelligente Verkehrssysteme im Straßenverkehr und an den Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern zu entwickeln, technische Standards zu harmonisieren und interoperable Dienste zu ermöglichen. In Deutschland wurde 2013 das erste Intelligente-Verkehrssysteme-Gesetz (IVSG)[5] verabschiedet. Einen wichtigen institutionellen Bezugspunkt bildete die von der Europäischen Kommission im Juli 2014 eingerichtete C-ITS Platform, die technische, rechtliche und organisatorische Voraussetzungen in eine gemeinsame europäische Umsetzungsagenda überführte. Dabei bildeten die „Day-1-Dienste“[6] den ersten Bestand unmittelbar einführbarer C-ITS-Anwendungen (C-ITS Platform 2016).



Mit dem im Mai 2026 in Kraft getretenen Intelligente-Verkehrssysteme-Gesetz (IVSG)[7] wurde das ursprüngliche Gesetz von 2013 neu gefasst und die 2023 überarbeitete Richtlinie (EU) 2010/40/EU in deutsches Recht umgesetzt. Das neue IVSG erweitert den bisherigen Fokus, der auf dem Einsatz digitaler Verkehrs- und Mobilitätsmanagementsysteme lag, auf die Bereitstellung, Qualitätssicherung und Nachnutzung von Mobilitätsdaten über den Nationalen Zugangspunkt. Damit wird es stärker als zuvor zu einem Rechtsrahmen für interoperable, qualitätsgesicherte und digital nutzbare Mobilitätsdaten (Bundesregierung 2021; BSI 2021a; Deutscher Verkehrssicherheitsrat 2018).

1 Radio Data System-Traffic Message Channel (RDS-TMC) ist ein digitaler Verkehrsinformationsdienst, der Verkehrsmeldungen über UKW-Funk an Navigationssysteme überträgt.
2 CarTalk 2000 – Safe and Comfortable Driving based upon inter-vehicle communication (2001-2004) (https://cordis.europa.eu/project/id/IST-2000-28185; 3.11.2026)
3 COOPERS – Cooperative Systems for Intelligent Road Safety (2006-2010) (https://cordis.europa.eu/project/id/026814; 3.11.2026)
4 Richtlinie 2010/40/EU vom 7. Juli 2010 zum Rahmen für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern, zuletzt konsolidiert am 20. Dezember 2023
5 Gesetz über intelligente Verkehrssysteme im Straßenverkehr (Intelligente-Verkehrssysteme-Gesetz – IVSG) vom 20. Juni 2013, außer Kraft
6 „Day-1-Dienste“: Gruppe erster priorisierter C-ITS-Anwendungen für die koordinierte Einführung in Europa, insbesondere Warn- und Informationsdienste zu Gefahrenstellen, Baustellen, Stauenden, Einsatzfahrzeugen, Verkehrszeichen, Geschwindigkeitsbegrenzungen und Ampelphasen.
7 Gesetz über intelligente Verkehrssysteme im Straßenverkehr und deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern und über die Datenbereitstellung über den Nationalen Zugangspunkt (Intelligente-Verkehrssysteme-Gesetz – IVSG) vom 15. Mai 2026

Technologische Grundlagen intelligenter (kooperativer) Verkehrssysteme

Kooperative intelligente Verkehrssysteme beruhen darauf, dass Fahrzeuge mit anderen Fahrzeugen, mit Lichtsignalanlagen, Straßeninfrastruktur und weiteren Verkehrsteilnehmenden kommunizieren können (C-ITS Platform 2016). Die Grundlage bilden Sensor- und Kommunikationssysteme, die physische Bewegungsvorgänge in digitale Informationen überführen (Botsch/Huber 2026; Ji et al. 2024). Während Fahrzeuge selbst als mobile Sensoren fungieren und positions- sowie zustandsbezogene Daten in Form von Floating Car Data[8] bereitstellen, erfassen infrastrukturseitige Systeme wie Induktionsschleifen, Radarsensoren und videobasierte Detektion die Verkehrsdichte, Geschwindigkeit und Fahrzeugbewegungen entlang der Straße (Combe et al. 2025; ETSI 2011). Externe Datenquellen wie Umweltsensoren und Wetterstationen ergänzen diese Informationen um Kontextdaten zu Witterung, Sichtverhältnissen und weiteren Umfeldbedingungen, sodass ein situationsbezogenes Abbild des Verkehrsgeschehens entsteht (Combe et al. 2025; Hesse et al. 2026, S. 24). Die technische Grundlage für C-ITS bildet ein hybrider Kommunikationsansatz. Er verbindet die lokale, unmittelbare Kommunikation auf der Straße mit netzwerk- und plattformbasierten Datenflüssen. Ad-hoc-Netzwerke[9] ermöglichen eine direkte Kommunikation zwischen Fahrzeugen sowie zwischen Fahrzeugen und lokaler Infrastruktur. Diese Kommunikationsebene ist dort unverzichtbar, wo Informationen mit möglichst geringer Verzögerung übertragen werden müssen, weil der unmittelbare Schutz von Verkehrsteilnehmenden im Vordergrund steht. Auf der übergeordneten Ebene erweitern Mobilfunknetze und Datenplattformen den Wahrnehmungshorizont des Fahrzeugs. Sie bringen Informationen aus Verkehrsleitzentralen, städtischen Infrastrukturen, Parkraumsystemen, öffentlichen Verkehrsangeboten und weiteren Mobilitätsdiensten zusammen und machen sie für vorausschauende Entscheidungen nutzbar (C-ITS Platform 2016; Song et al. 2023). Die Leistungsfähigkeit dieser hybriden Kommunikationsstruktur bemisst sich daher nicht allein an Reichweite, Übertragungsgeschwindigkeit und Latenz. Für sicherheitsrelevante C-ITS-Dienste ist ebenso entscheidend, dass die beteiligten Fahrzeuge, Infrastruktureinheiten und Backend-Systeme als vertrauenswürdige Kommunikationspartner auftreten und die ausgetauschten Nachrichten nicht manipuliert, gefälscht oder unbemerkt verzögert werden können (Asselin-Miller et al. 2016, S. 5; C-ITS Platform 2016, S. 10; 2017, S. 7; Pape 2017, S. 5).

Datenerfassung, -verarbeitung und -nutzung in intelligenten (kooperativen) Verkehrssystemen

Die in C-ITS verarbeiteten Informationen lassen sich in statische, dynamische und kontextuelle Daten unterteilen. Ihre Verarbeitung ist nicht an eine einzelne Systemebene gebunden, sondern verteilt sich auf Fahrzeuge, straßenseitige Infrastruktur, Verkehrsmanagementsysteme und übergeordnete Datenplattformen.

Auf der ersten Ebene erfasst das Fahrzeug seine eigene Bewegung und sein unmittelbares Umfeld. Sensoren und Fahrzeugsysteme erzeugen Daten zu Position, Geschwindigkeit, Fahrtrichtung, Fahrzustand und Ereignissen wie Hindernissen, Stauenden oder Gefahrensituationen. Über standardisierte Nachrichtenformate (CAM[10], DENM[11]) können status- und ereignisbezogene Informationen an andere Fahrzeuge, an die Infrastruktur oder an Backend-Systeme übermittelt werden (Asselin-Miller et al. 2016; C-ITS Platform 2016; Combe et al. 2025; ETSI 2011; Finger/Petrozziello 2024; Ji et al. 2024; WD 2026). Da statusbezogene Nachrichten Bewegungs- und Zustandsdaten und ereignisbezogene Nachrichten Warn- und Gefahreninformationen übermitteln, ist ihre Vertrauenswürdigkeit Teil der technischen Funktionsfähigkeit von C-ITS. Fahrzeuge und Infrastruktureinheiten müssen erkennen können, ob eine Nachricht von einer berechtigten C-ITS-Station stammt, ob ihr Inhalt unverändert ist und ob der sendende Teilnehmer als vertrauenswürdig gilt. Cybersecurity wird damit nicht erst auf der Ebene zentraler Datenplattformen relevant, sondern bereits in der unmittelbaren Fahrzeug- und Infrastrukturkommunikation (C-ITS Platform 2016; 2017; ETSI 2011; Pape 2017).

Auf der zweiten Ebene ergänzt die straßenseitige Infrastruktur die von den Fahrzeugen bereitgestellten Informationen um weitere Verkehrs- und Umgebungsdaten (BMVI o. J. 2024). Roadside Units (RSU)[12], Kameras[13], Radar, LiDAR[14], Lichtsignalanlagen und lokale Edge-Systeme[15] erfassen Verkehrsräume unabhängig vom einzelnen Fahrzeug. Über mobiles Edge Computing werden die Sensordaten in unmittelbarer Nähe der Sensoren, der RSU und Fahrzeuge auf lokalen Servern der straßenseitigen Infrastruktur verarbeitet, wodurch

8 Floating Car Data: aus Fahrzeugpositionen und Bewegungsdaten abgeleitete Verkehrsinformationen.
9 Ad-hoc-Netzwerke: direkte lokale Kommunikationsverbindungen zwischen Fahrzeugen sowie zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur ohne zwingende Vermittlung über zentrale Netze. Dazu zählen ITS-G5 und C-V2X PC5.
10 Cooperative Awareness Messages (CAM): standardisierte C-ITS-Nachrichten, mit denen Fahrzeuge und Infrastruktur grundlegende Statusinformationen wie Position, Geschwindigkeit und Fahrtrichtung austauschen.
11 Decentralized Environmental Notification Messages (DENM): standardisierte C-ITS-Nachrichten zur ereignisbezogenen Warnung vor Gefahren oder Störungen, etwa Unfällen, Hindernissen oder kritischen Straßenbedingungen.
12 Roadside Units (RSU): straßenseitige Kommunikationseinheit zum Datenaustausch zwischen Infrastruktur, Fahrzeugen und weiteren Verkehrsteilnehmenden.
13 Kamerabasierte Verkehrssensorik: straßenseitige Kameras zur lokalen Erfassung von Verkehrsaufkommen, Rückstaus, Fahrbewegungen und Störungen.
14 Light Detection and Ranging (LiDAR): optisches Messverfahren zur präzisen Erfassung von Entfernungen und Oberflächen mittels Laserimpulsen.
15 Edge-Systeme: lokal eingesetzte Recheneinheiten zur unmittelbaren Verarbeitung verkehrsbezogener Sensordaten an Kreuzungen, Straßenabschnitten oder Infrastrukturanlagen. Zu diesen Diensten gehören Green Light Optimal Speed Advisory als Geschwindigkeitsempfehlung für das Erreichen einer Grünphase, Signal Violation beziehungsweise Intersection Safety als Warnung vor Rotlichtverstößen und Konflikten im Kreuzungsbereich sowie Traffic Signal Priority als Bevorzugung bestimmter Fahrzeuge an Lichtsignalanlagen.

Übertragungsverzögerungen gegenüber einer entfernten Cloud reduziert und zeitkritische Anwendungen beschleunigt werden (Bazzi et al. 2024; Ji et al. 2024). Sinnvoll sind RSU und weitere straßenseitige Infrastruktur insbesondere dort, wo Sichtbeeinträchtigung, begrenzte Sensorreichweiten oder komplexe Verkehrslagen die Erfassung durch einzelne Fahrzeuge einschränken. Gerade an urbanen Kreuzungen sind solche Dienste relevant, weil sie signalbezogene, sicherheitskritische und priorisierungsrelevante Informationen[16] rechtzeitig bereitstellen. Auf dieser Basis lassen sich kritische Situationen im Kreuzungsbereich früher erkennen und in Warnungen, Priorisierungen oder kooperative Fahrinformationen übersetzen (DatenPlus o. J.).

Das Projekt „KIVI" in Ingolstadt zeigt, wie straßenseitige Systeme kritische Verkehrssituationen an urbanen Knotenpunkten erfassen und nutzbar machen können. An drei hochbelasteten Kreuzungen wurde ein High-Definition-Testfeld mit Laserscannern, Thermalkameras und lokalen Edge-Rechnern aufgebaut, das Verkehrsteilnehmer/innen in Echtzeit erkennt, die Daten KI-basiert auswertet und daraus Warnungen für potenziell gefährliche Situationen ableitet. Damit wird die Kreuzung selbst zu einer kooperativen Wahrnehmungseinheit, die Fahrzeuge, Fußgänger/innen und Radfahrer/innen unabhängig von der fahrzeugseitigen Sensorik beobachtet und Sicherheitsrisiken frühzeitig adressierbar macht (BMV 2020).

Die Infrastruktur wird damit von einem passiven Verkehrsraum zu einer lokalen Wahrnehmungs- und Kommunikationsebene, die fahrzeugseitige Informationen ergänzt (C-ITS Platform 2016; Ji et al. 2024). Auf der dritten Ebene verdichten zentrale Verkehrsmanagementsysteme die Informationen zu netzweiten Lagebildern. Diese ermöglichen nicht nur punktuelle Warnungen, sondern eine koordinierte Steuerung von Verkehrsflüssen über einzelne Kreuzungen oder Streckenabschnitte hinaus. Verkehrsleitzentralen nutzen dieses Lagebild für übergreifende Steuerungsentscheidungen, die unter anderem mit Diensten wie Probe Vehicle Data,[17] Traffic Information and Smart Routing[18] sowie koordinierten Ampel-, Geschwindigkeits- und Routensteuerungen[19] umgesetzt werden, die als V2I-Dienste in zentrale Verkehrsmanagementsysteme eingebunden sind (Asselin-Miller et al. 2016; C-ITS Platform 2016; Finger/Petrozziello 2024). Erste Pilotprojekte, etwa im Bereich der KI-basierten Verkehrsoptimierung, wie KIBO-NUM, zeigen bereits, dass neue Effizienz- und Nachhaltigkeitspotenziale erschlossen werden können (KIBO-NUM o. J.; [ui!] 2019).

Die vierte Ebene bilden Datenplattformen und Datenräume[20]. Sie stellen sicher, dass verkehrsrelevante Daten über einzelne Anwendungen hinaus auffindbar, austauschbar und kontrolliert weiterverwendbar sind. In Deutschland übernimmt diese Funktion die Mobilithek[21] als Nationaler Zugangspunkt. Die Mobilithek schafft eine gemeinsame Anschlussstruktur für offene und verkehrsrelevante Daten (BMVI 2025). Für sensible, privatwirtschaftliche oder unmittelbar im Fahrzeug erzeugte Daten entstehen ergänzend föderierte Datenräume wie der Mobility Data Space[22]. Es handelt sich dabei um einen Datenraum, in dem Datenanbieter die Souveränität über ihre Daten behalten und selbst steuern können, wer welche Daten empfängt. Unternehmen, Kommunen, Forschungseinrichtungen und Mobilitätsanbieter können Daten für Analysen und KI-basierte Anwendungen sowie für die Entwicklung neuer Dienste nutzen. Auf europäischer Ebene verfolgt der European Mobility Data Space[23] eine ähnliche Logik, indem nationale und sektorale Datenökosysteme in einer föderierten, sicheren und vertrauenswürdigen Umgebung verbunden und interoperabel nutzbar gemacht werden (Asselin-Miller et al. 2016; C-ITS Platform 2017; Combe et al. 2025; DATEX II o. J.; Hesse et al. 2026; Pape 2017; WD 2026). In kommunalen Anwendungen können Datenräume zudem den Aufbau digitaler Zwillinge unterstützen, indem unterschiedliche Datenquellen in einer virtuellen Abbildung des Verkehrsraums zusammengeführt werden. Auf dieser Grundlage ließen sich Szenarien für Verkehrs- und Erreichbarkeitsplanung sowie für die Abstimmung räumlicher Maßnahmen entwickeln (Balta et al. 2026, S. 14).

16 Signalbezogen: Ampelphasen und Rotlichtbezüge; sicherheitskritisch: Konflikte, Rückstau und querende Verkehrsteilnehmende; priorisierungsrelevant: Busse und Einsatzfahrzeuge.

17 Probe Vehicle Data bezeichnet fahrzeugseitig erzeugte Verkehrs- und Zustandsdaten, etwa Position, Geschwindigkeit oder Fahrverlauf, die aggregiert werden, um Verkehrsfluss, Störungen und Netzbelastung besser zu erkennen.

18 Traffic Information and Smart Routing beschreibt Dienste, die aktuelle Verkehrslagen auswerten und daraus netzbezogene Informationen oder Routenempfehlungen ableiten, etwa zur Umfahrung von Staus, Baustellen oder überlasteten Korridoren.

19 Koordinierte Ampel-, Geschwindigkeits- und Routensteuerung meint die netzweite Abstimmung operativer Verkehrsmaßnahmen, bei der Signalprogramme, dynamische Tempovorgaben und Verkehrslenkung nicht isoliert, sondern auf Basis eines gemeinsamen Lagebilds angepasst werden.

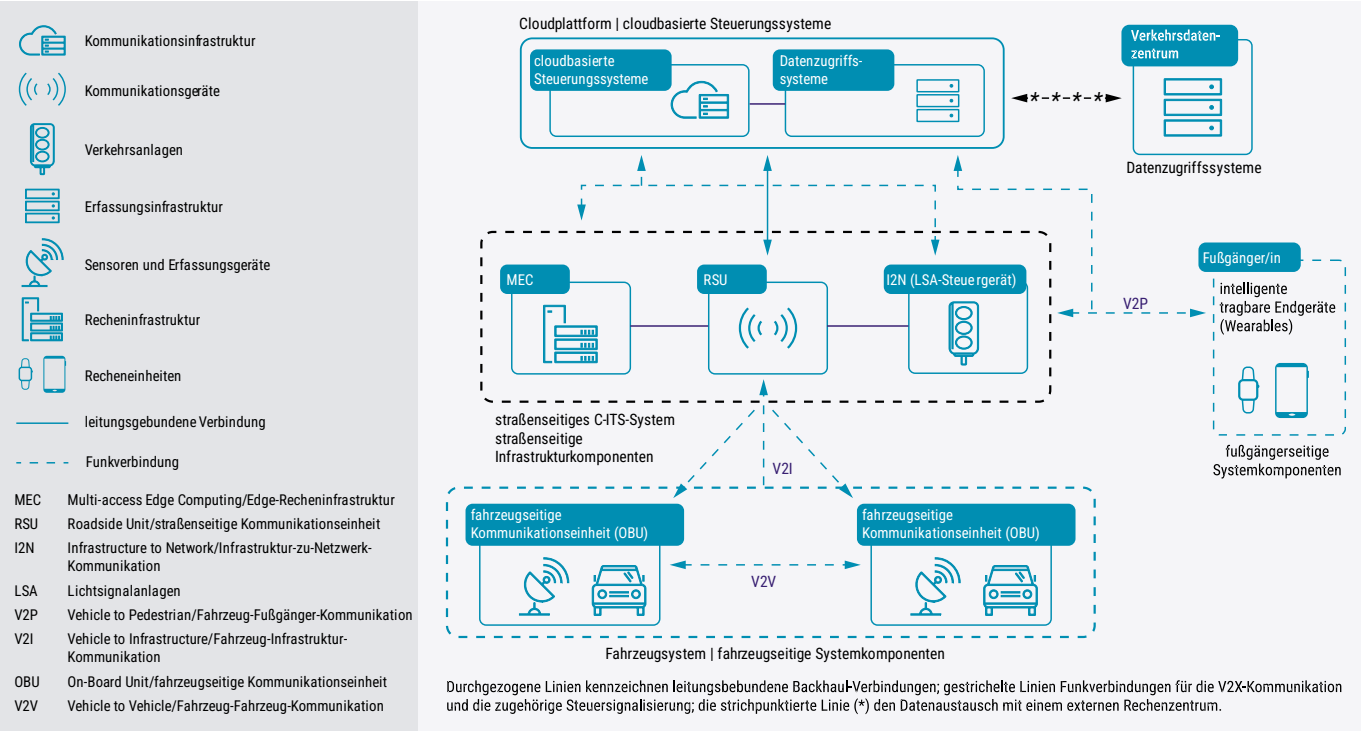
20 Föderierter Datenraum: organisatorisch-technische Umgebung, in der mehrere unabhängige Akteure Daten austauschen, ohne die Kontrolle vollständig an eine zentrale Plattform abzugeben.

21 Mobilithek: institutionelle und rechtliche Zugangsebene. Hier geht es darum, Mobilitätsdaten auffindbar, zugänglich und weiterverwendbar zu machen. (https://mobilithek.info/; 3.11.2026)

22 Mobility Data Space: föderierter Datenraum für den souveränen Austausch von Mobilitätsdaten zwischen Datenanbietern und Datennutzenden. (https://mobility-dataspace.eu/ 3.11.2026)

23 European Mobility Data Space (EMDS): im Aufbau befindlicher gemeinsamer europäischer Mobilitätsdatenraum zur föderierten, sicheren und interoperablen Nutzung von Mobilitätsdaten; Umsetzung unter anderem über das EU-kofinanzierte Projekt „deployEMDS" seit November 2023 (https://deployemds.eu/; 3.11.2026)

Abbildung 1 Schematische Darstellung einer verteilten C-ITS-Architektur mit Fahrzeug-, Infrastruktur-, Edge- und Plattformebene



Durchgezogene Linien kennzeichnen leitungsbebundene Backhaul-Verbindungen; gestrichelte Linien Funkverbindungen für die V2X-Kommunikation und die zugehörige Steuersignalisierung; die strichpunktierte Linie (*) den Datenaustausch mit einem externen Rechenzentrum.

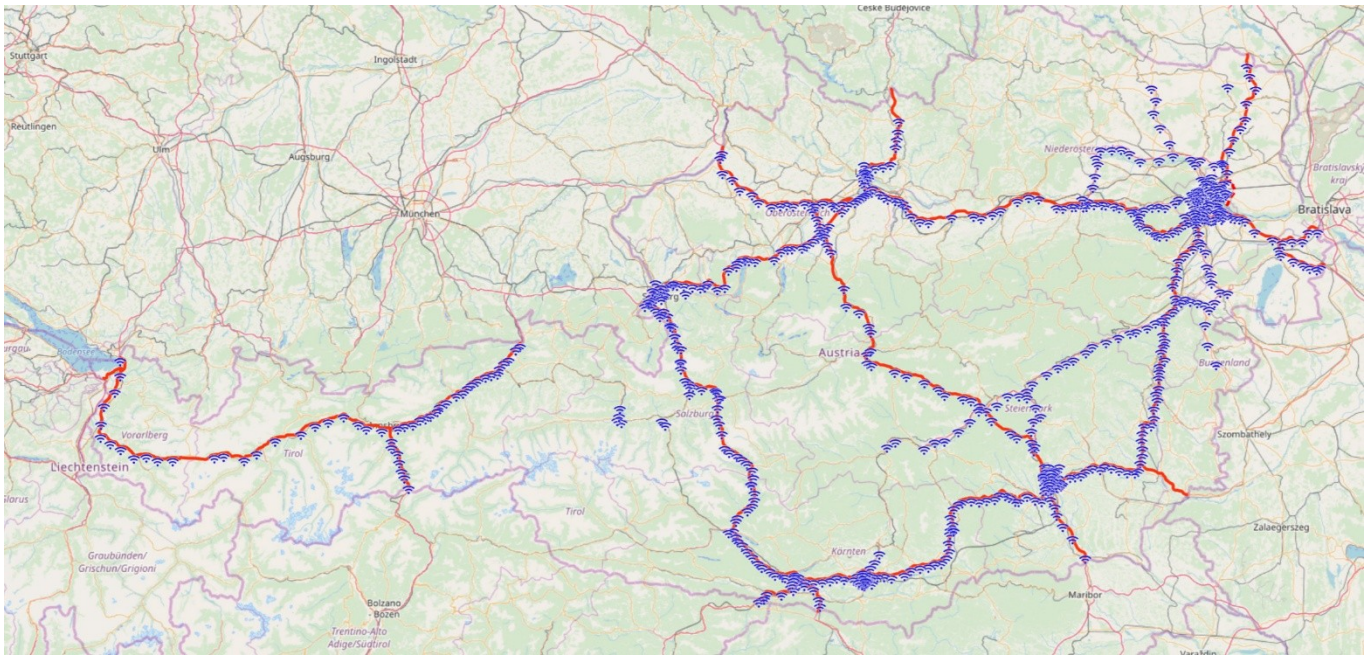
Technische Anwendungsfelder und Projekte

Europaweit werden kooperative intelligente Verkehrssysteme schrittweise in den Regelbetrieb überführt. Das TEN-T-Straßennetz (Transeuropäisches Verkehrsnetz) umfasst Straßenverbindungen, die zentrale Städte und Verkehrsknoten über nationale Grenzen hinweg verknüpfen und als Teil einer EU-weit geplanten, multimodalen Verkehrsinfrastruktur ausgebaut werden. Die Einführung harmonisierter C-ITS-Dienste wird durch die europäische C-Roads-Platform koordiniert. Bereits installierte C-ITS-Stationen werden als straßenseitige Kommunikationspunkte im TEN-T-Straßennetz ausgewiesen. Im Februar 2026 waren laut C-Roads (2024; o. J.) rund 6.000 RSU installiert, die etwa 30 % des TEN-T-Netzes abdecken (Abbildung 2). Der Roll-out folgt in Europa unterschiedlichen Systemlogiken. Österreich beispielsweise setzt auf ein dichtes, stationäres Netz aus ortsfesten RSU und hat damit eine weitgehend flächendeckende Autobahninfrastruktur aufgebaut, die im 5,9-GHz-Band (ITS-G5) ausgeführt wird (BMVIT 2016; Holzedl 2025; Siemens Mobility GmbH o. J.) (Abbildung 3).

Abbildung 2 TENT-T-Straßennetz und C-IST-Infrastruktur in Europa



Abbildung 3 TEN-T-Straßennetz und C-ITS-Infrastruktur in Österreich



Skandinavische Länder wie Norwegen und Schweden nutzen zelluläre Mobilfunknetze und cloudbasierte Vermittlungsknoten. Diese Architektur ersetzt vielerorts die straßenseitigen Sendemasten durch vernetzte Fahrzeuge, kommerzielle Mobilfunknetze und zentrale Cloud Broker, was durch die langen Streckenabschnitte und geringe Bevölkerungsdichte zu erklären ist (Abbildung 4) (Bergstedt et al. 2024; Kilpiö et al. 2024; Schirokoff et al. 2024). Deutschland zeigt eine dritte, stärker gestufte Entwicklung (Abbildung 5).

Abbildung 4 TEN-T-Straßennetz in Skandinavien



Abbildung 5 TEN-T-Straßennetz und C-ITS-Infrastruktur in Deutschland



Im Fernstraßennetz ist C-ITS bereits in den Regelbetrieb überführt. Die Autobahn GmbH nutzt mobile Baustellenwarner beziehungsweise fahrbare Absperrtafeln als ITS RSU, die bei Tagesbaustellen lokale Funkbereiche aufbauen und standardisierte CAM- und DENM-Nachrichten an C-ITS-kompatible Fahrzeuge senden. Kompatible Serienfahrzeuge, etwa die Volkswagen ID-Reihe oder der Golf 8, können die Warnungen direkt im Cockpit empfangen. Der Dienst ist grundsätzlich an einzelne Strecken gebunden und wandert mit den Arbeitsstellen über das Autobahnnetz (Die Autobahn o. J.; 2025). Ergänzend entstehen urbane C-ITS-Anwendungen, etwa in Hamburg und Dresden. Dort werden unter anderem Dienste wie Traffic Signal Priority für den ÖPNV, die Priorisierung von Rettungsfahrzeugen und Green-Light-Optimal-Speed-Advisory(GLOSA)-Anwendungen zur Geschwindigkeitsempfehlung an Lichtsignalanlagen in kommunale Verkehrsmanagementsysteme integriert (Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg 2024; C-Roads 2024; DLR o. J.b). Neben diesen Regel- und Pilotbetrieben sichern Forschungs- und Reallabore den Transfer komplexerer V2X-Funktionen ab. Das Testfeld Niedersachsen[24], SAFARI[25] in Berlin und TEMPUS[26] in München untersuchen unter realitätsnahen Bedingungen unter anderem Sensordatenfusion, HD-Kartenaktualisierung, kooperative Manöver und das Zusammenspiel automatisierter und manuell gesteuerter Fahrzeuge (C-Roads Germany 2022; o. J.). Es zeigt sich, dass C-ITS mehr und mehr verankert wird, jedoch noch nicht als flächendeckende Standardinfrastruktur ausgebaut ist. Die Integration ins Straßenverkehrsnetz konzentriert sich auf Autobahnen, ausgewählte Korridore und urbane Anwendungsräume. Die weitere Entwicklung weist über einzelne C-ITS-Dienste hinaus auf stärker datenbasierte Formen der Verkehrssteuerung. Automatisierte Verkehrserfassung, KI-gestützte Optimierung und digitale Zwillinge können Verkehrsflüsse, Verhaltensmuster und Steuerungseingriffe vorab analysierbar machen, bevor Maßnahmen in den laufenden Verkehr überführt werden (Deutscher Verkehrssicherheitsrat 2025; DLR o. J.a; Hesse et al. 2026, S. 16 ff.; Lämmel et al. 2024). Damit werden C-ITS-Anwendungen zugleich zu einer Grundlage für datenbasierte Innovation und öffentliche Steuerungsfähigkeit.

Interoperabilität und technische Systemdurchdringung

Die technische Leistungsfähigkeit digitaler Verkehrsüberwachung[27] in kooperativen intelligenten Verkehrssystemen hängt davon ab, dass heterogene Echtzeitdaten zuverlässig in verwertbare Verkehrsinformationen übersetzt werden. Dabei ist das Zusammenspiel aus synchronisierter Datenerfassung, konsistenter Datenfusion, geringer Latenz und robuster Verarbeitung unter dynamischen Verkehrsbedingungen entscheidend (Ji et al. 2024). Dazu braucht C-ITS eine hybride Kommunikationsstruktur, die lokale Reaktionsfähigkeit und überregionale Datenverfügbarkeit miteinander verbindet. Konkret benötigen zeitkritische C-ITS-Anwendungen zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur die direkte Nahbereichskommunikation, während überregionale Dienste und Datenräume vor allem über zelluläre Netze[28] angebunden werden (Asselin-Miller et al. 2016; C-ITS Platform 2016).

Hinzukommt, dass es sich bei C-ITS-Anwendungen um einen sicherheitskritischen Informationsaustausch handelt: Daten müssen schnell, authentisch, unverändert und zuverlässig übertragen werden. Cybersecurity ist daher keine nachgelagerte Schutzschicht, sondern eine Funktionsbedingung des kooperativen Verkehrssystems (C-ITS Platform 2016, S. 10; 2017, S. 7; Pape 2017, S. 5). Für diese Absicherung verweist die europäische C-ITS Certificate Policy auf ein auf einer Public-Key-Infrastruktur (PKI) basierendes Vertrauensmodell, mit dem Authentizität und Integrität von C-ITS-Nachrichten über digitale Zertifikate überprüfbar gemacht werden (BSI 2021a; 2021b; C-Roads Germany o. J.; C-Roads 2026, 2025; EK 2020).

Zur infrastrukturellen Bereitstellung erfordert C-ITS auch die fahrzeugseitige Anschlussfähigkeit. Die Wirkung des kooperativen intelligenten Straßenverkehrssystems bleibt begrenzt, solange kompatible Fahrzeuge die ausgesendeten Nachrichten nicht verarbeiten können. Die Verfügbarkeit von Car2X ist bislang modell-, marken- und ausstattungsabhängig. Neben den meisten aktuellen Volkswagen-Modellen ist Car2X bei Audi, BMW, Mercedes und Cupra teilweise optional erhältlich. Bezogen auf den EU-Pkw-Bestand von mehr als 260 Mio. Fahrzeugen im Jahr 2024 entspricht dies einer Größenordnung von etwa einem Prozent (ADAC 2024; 2025; Dörfler 2025; Eurostat 2026).

Veränderung der Sicherheitsarchitektur im Verkehrssystem

Die technologische Entwicklung leistungsfähiger Einzelsysteme verändert die Verkehrssicherheit durch zunehmende Vernetzung. Das Verkehrsverhalten kann präziser, kontinuierlicher und raumübergreifender erfasst werden (BALM 2025). Mit der Integration von C-ITS in interoperable Verkehrsmanagementstrukturen verschiebt sich die sicherheitsbezogene Funktion der Verkehrsüberwachung. An die Stelle nachträglicher Kon-

24 https://www.dlr.de/de/ts/forschung-und-transfer/forschungsdienstleistungen/testfeld-niedersachsen (3.11.2026)

25 https://www.berlin.de/sen/uvk/mobilitaet-und-verkehr/verkehrspolitik/forschungs-und-entwicklungsprojekte/abgeschlossene-projekte/safari-1076689.php; https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/AVF-projekte/safari.html (3.11.2026)

26 https://tempus-muenchen.de/; https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/AVF-projekte/tempus.html (3.11.2026)

27 Zur Verkehrsüberwachung werden zunehmend digitale Technologien, künstliche Intelligenz (KI) und die automatische Nummernschilderkennung (ANPR) eingesetzt, um Verkehrsregeln effizienter durchzusetzen und die Verkehrssicherheit im Sinne der „Vision Zero" (null Verkehrstote) zu erhöhen (Deutscher Verkehrssicherheitsrat 2019; Finger/Petrozziello 2024).

28 Zelluläre Netze: Mobilfunknetze wie LTE/5G, die Daten über Funkzellen und Basisstationen an zentrale Systeme übertragen.



trolle und punktueller Reaktion tritt eine datenbasierte, präventive und kooperativ organisierte Steuerung kritischer Verkehrslagen. Traditionell war Verkehrsüberwachung vor allem auf die Feststellung und Sanktionierung von Regelverstößen ausgerichtet. Geschwindigkeitsüberschreitungen, Rotlichtverstöße oder unzulässige Fahrmanöver wurden registriert, dokumentiert und im Nachhinein geahndet. Diese Logik bleibt auch in automatisierten Überwachungssystemen erhalten, wird aber funktional erweitert. Moderne Systeme der Verkehrsüberwachung dienen weiterhin der Detektion von Verstößen, sie erzeugen zugleich aber auch datenbasierte Informationen über Verkehrsflüsse und Verhaltensmuster, die als Grundlage für weitergehende Steuerungs- und Sicherheitsmaßnahmen genutzt werden können (Deutscher Verkehrssicherheitsrat 2019; Zukowski 2026).

Die Funktionslogik der Verkehrsüberwachung verschiebt sich von reaktiver Kontrolle zu präventiver Systemsteuerung. Parallel dazu verändert sich die Rolle fahrzeugseitiger Assistenzsysteme. Klassische Assistenzsysteme unterstützten Fahrer/innen zunächst in einzelnen Fahrsituationen, etwa durch Antiblockiersysteme, Tempomaten oder Stabilitätskontrollen. Neuere Systeme wie Notbrems-, Spurhalte- oder Abbiegeassistenz greifen bereits direkter in sicherheitsrelevante Fahrvorgänge ein. C-ITS weitet diese Entwicklung auf die Ebene kooperativer Systemkoordination aus: Fahrzeuge werden Teil eines kooperativen Informationsraums. Das Verkehrssystem selbst erzeugt ein erweitertes Lagebild, das auf verteilten Datenquellen beruht und sicherheitsrelevante Informationen dort verfügbar macht, wo sie für Entscheidungen benötigt werden.

Verkehrssicherheit entsteht zunehmend durch Kombination aus regelkonformem Verhalten einzelner Verkehrsteilnehmender und der koordinierten Verarbeitung und Weitergabe von Informationen im Gesamtsystem (Deutscher Verkehrssicherheitsrat 2025). Der technologische Fortschritt verweist auf eine Verkehrsarchitektur, in der Fahrzeuge, Infrastruktur und Steuerzentralen als Bestandteile eines vernetzten, kooperativen Gesamtsystems agieren (Ji et al. 2024). Perspektivisch kann KI-gestützte Echtzeitdatenverarbeitung diese Entwicklung verstärken, indem sie große Datenmengen aus Infrastruktur, Fahrzeugen und Verkehrsleitzentralen zusammenführt, Muster erkennt und Entscheidungsgrundlagen für komplexere Steuerungsmaßnahmen bereitstellt.

Mit dieser Entwicklung verschiebt sich auch das Verhältnis von individueller Verantwortung und systemischer Koordination. Wenngleich Verkehrssicherheit weiterhin auf regelkonformes und aufmerksames Verhalten angewiesen bleibt, wird sie stärker durch technische Infrastrukturen, Datenflüsse, Kommunikationsstandards und institutionelle Steuerungsfähigkeit geprägt. Entscheidend ist daher über die Technologisierung der Verkehrsüberwachung hinaus insbesondere, die Einbindung kooperativer, interoperabler und lernfähiger C-ITS-Architekturen in den Straßenverkehr zu ermöglichen (Ji et al. 2024).

Gesellschaftliche und politische Relevanz

Bei der zunehmenden Integration des Straßenverkehrs handelt es sich nicht um ein zentral gesteuertes Gesamtprojekt zur Erhöhung der Verkehrssicherheit. Die sicherheits- und steuerungs-

relevante Wirkung entsteht gewissermaßen nachgelagert entlang technologischer Innovation. Regulatorische Anpassungen müssen mit der technologischen Entwicklung Schritt halten, ohne einzelne technische Pfade festzulegen. Dabei öffnen sich Gestaltungsräume hinsichtlich interoperabler, cyberresilienter und rechtlich belastbarer Rahmenbedingungen sowie der systemischen Nutzung von Steuerungsdaten beispielsweise hinsichtlich Aspekten der Ressourceneffizienz.

C-ITS macht Verkehrssicherheit zur Systemfrage

Das Leitbild der Vision Zero ist: Verkehrssysteme sollen so gestaltet sein, dass menschliche Fehler möglichst nicht zu tödlichen oder schweren Verletzungen führen (Deutscher Verkehrssicherheitsrat 2019). Kooperative intelligente Verkehrssysteme unterstützen die Umsetzung dieser Vision, indem sicherheitsrelevante Entscheidungen technologisch unterstützt werden, beispielsweise durch Risikowarnungen. Die Sicherheitswirkung entfaltet sich aus der Integration vernetzter Assistenzsysteme, kooperativer Kommunikation und datenbasierter Steuerung. Diese zunehmende Verschiebung vom Menschen auf die Assistenzsysteme betrifft zugleich das Verkehrsmanagement. Wenn Fahrzeuge, Infrastruktur und Steuerungssysteme laufend Informationen austauschen, entsteht eine andere Grundlage für verkehrliche Entscheidungen. Verkehrsflüsse können angepasst, belastete Räume entlastet und multimodale Angebote besser aufeinander bezogen werden. Politisch relevant ist daran, dass Sicherheit nicht mehr nur an einzelne Verkehrsteilnehmende, Fahrzeuge oder Behörden adressiert werden kann. Sie entsteht aus dem Zusammenspiel von technischer Ausstattung, Datenverfügbarkeit und Kommunikationsfähigkeit. Voraussetzung dafür sind eindeutig geregelte Verantwortlichkeiten für den technischen Systembetrieb, die Bereitstellung und Qualität der Daten sowie für verkehrsbezogene Steuerungs- und Eingriffsentscheidungen.

Nicht zuletzt kann die intelligente kooperative Verkehrssteuerung auch klima- und umweltpolitisch relevant werden, weil Verkehrsflüsse beeinflusst, dadurch gezielt beispielsweise Stop-and-Go-Verkehr vermieden und alternative Routen vorgeschlagen werden können. Emissionen und Belastungen werden damit nicht erst nach ihrer Entstehung adressiert, sondern bereits im laufenden Verkehrsgeschehen begrenzt (Hesse et al. 2026, S. 7). Gerade in verdichteten Verkehrsräumen gewinnen datenbasierte und lernende Verfahren an Bedeutung, weil sich dort hohe Verkehrsdichte, knappe Flächen, Umweltbelastungen und unterschiedliche Nutzungsansprüche überlagern. Datenbasierte und lernende Verfahren können hier dazu beitragen, die Verkehrssteuerung zu verbessern und Zielkonflikte zwischen Verkehr und Umweltentlastung besser auszubalancieren (Hesse et al. 2026, S. 9).

Dateninfrastrukturen und Interoperabilität als politische Schlüsselbedingungen

Wenn Verkehrsmanagement kontinuierlich auf Daten angewiesen ist, rückt die Infrastruktur der Datenbereitstellung in den Mittelpunkt. C-ITS bleibt in der möglichen Wirkung begrenzt, solange Informationen nur in einzelnen Fahrzeugen, bei einzelnen Betreibern oder in getrennten Systemen vorliegen. Wirksam werden kooperative Anwendungen erst dann, wenn Daten verlässlich bereitgestellt, gefunden, kombiniert und für öffentliche wie private Akteure nutzbar gemacht werden können. Mobilithek, Mobility Data Space und Nationale Zugangspunkte schaffen die Grundlage, auf der Mobilitätsdaten zusammengeführt und weiterverwendet werden können (WD 2026, S. 17). Diese Verlässlichkeit betrifft nicht nur Datenqualität und Auffindbarkeit, sondern auch Schutz- und Vertrauensanforderungen. Je stärker Fahrzeug-, Infrastruktur- und Plattformdaten für Verkehrssicherheit und Verkehrsmanagement genutzt werden, desto stärker müssen Datenzugang, Datenschutz, Cybersecurity und Rollenverteilung gemeinsam geregelt werden (C-ITS Platform 2016, S. 11; Finger/Petrozziello 2024; WD 2026, S. 27).

Dateninfrastrukturen werden damit zu einem zentralen Instrument politischer Rahmensetzung. Sie geben keine einzelnen Anwendungen vor, schaffen aber die Voraussetzungen, unter denen vernetzte Mobilitätsdienste und multimodales Verkehrsmanagement systemübergreifend nutzbar und sicher betrieben werden (Asselin-Miller et al. 2016; Song et al. 2023; WD 2026). Dazu müssen Zertifikate, Sicherheitsrichtlinien, Widerrufsverfahren und Complianceanforderungen so aufeinander abgestimmt sein, dass Fahrzeuge und Infrastruktureinheiten vertrauenswürdig kommunizieren können und gegen Manipulation, Ausfälle und unbefugte Zugriffe abgesichert sind (C-ITS Platform 2016; 2017; Pape 2017).





Verteilte Verantwortung, die koordiniert werden muss

C-ITS erweitert die Akteursstruktur des Verkehrssystems. Neben öffentlichen Straßen- und Verkehrsbehörden treten Fahrzeugindustrie, Telekommunikationswirtschaft, Softwareanbieter und Plattformbetreiber als relevante Akteure hinzu. Öffentliche Stellen verantworten die rechtliche und sicherheitstechnische Rahmung, während private Akteure wesentliche technische, datenbezogene und analytische Voraussetzungen bereitstellen. Die Realisierung eines nahezu vollständig kooperativen Verkehrssystem wird damit zu einer Frage institutioneller Leistungsfähigkeit. Die Wirkung von C-ITS hängt davon ab, ob Zuständigkeiten, Verwaltungsverfahren, Finanzierung, Datenmanagement und kommunale Steuerungsfähigkeit zusammenpassen. Für den Gesetzgeber stellt sich entsprechend die Frage, ob die bestehenden Strukturen ausreichen, um technische Innovationen in dauerhaft sichere, interoperable und gemeinwohlorientierte Verkehrsanwendungen zu überführen (García et al. 2023; Kueppers et al. 2024; Zanger et al. 2025).

Mobilitätsdaten, Innovation und öffentliche Steuerungsfähigkeit

Perspektivisch werden mit der Skalierung von C-ITS die erzeugten Mobilitätsdaten auch innovationspolitisch relevant. Sofern sie über dokumentierte Programmierschnittstellen oder Datenportale auffindbar und abrufbar sind, durch verständliche Metadaten eingeordnet werden können, in standardisierten Formaten qualitätsgesichert vorliegen und unter klaren Nutzungsbedingungen mit weiteren Datenbeständen verknüpft werden dürfen, können sie die Grundlage für neue Analyseverfahren und Dienste werden. Dies betrifft das Verkehrsmanagement, öffentliche Informationsdienste, künftige KI-gestützte Auswertungen wie auch spezifische Anwendungen in der Stadtplanung. Multidimensionale Systeme von Leistungskennzahlen (Key Performance Indicators) können Effizienz, Sicherheit und Umweltwirkungen gemeinsam abbilden und potenzielle Zielkonflikte nachvollziehbar machen (Hesse et al. 2026, S. 21 ff.; PTV Group o. J.). Die mit der Mobilithek vorgesehene unentgeltliche Nutzung bestimmter Mobilitätsdaten für kommerzielle und nicht kommerzielle Zwecke kann innnovationsfördernde Bedingungen für Forschung, Anbieter und Start-ups schaffen und damit die Entwicklung neuer Betriebs- und Geschäftsmodelle erleichtern (WD 2026, S. 21).

Handlungsoptionen für politische Akteure

Aus der politischen Relevanz von C-ITS ergeben sich weniger einzelne technologiepolitische Maßnahmen als vielmehr übergreifende Gestaltungsaufgaben. Vernetzte und automatisierte Mobilität hängt nicht allein von fahrzeugseitigen Innovationen ab, sondern von der digitalen und physischen Einsatzbereitschaft von Straßeninfrastrukturen, Datenbeständen und Kommunikationssystemen. Dafür müssen der Ausbau der straßenseitigen und digitalen Infrastruktur aufeinander abgestimmt, gemeinsame technische und datenbezogene Standards gesichert und Zuständigkeiten für Bereitstellung, Betrieb und Weiterentwicklung geklärt werden. Zugleich bedarf es einer belastbaren Übersicht darüber, welche Voraussetzungen bereits vorhanden sind, wo infrastrukturelle Lücken bestehen. Darüber hinaus sollte ermittelt werden, welche weiteren Investitionen aufgrund neuer Dienste und technologischer Entwicklungen absehbar werden. Eine solche Planungs- und Bewertungsgrundlage ermöglicht es, Ausbauentscheidungen zu priorisieren, Fehlinvestitionen zu vermeiden und öffentliche Mittel gezielt dort einzusetzen, wo sie für Verkehrssicherheit, Verkehrssteuerung und Ressourceneffizienz den größten Nutzen entfalten. Zuletzt gilt es zu gewährleisten, dass digitale Infrastrukturen über einzelne Förder- und Projektlaufzeiten hinaus gepflegt werden und im System nutzbar bleiben (Aifantopoulou et al. 2020; Balta et al. 2026; Madadi et al. 2023; Mylonas et al. 2023). Die zentrale politische Aufgabe liegt darin, den Übergang von Pilot- und Testumgebungen in skalierbare Regelstrukturen zu ermöglichen. Standardisierung, Frequenzpolitik, Interoperabilität, Datenschutz und Cyberresilienz müssen dabei zusammengedacht werden. Hinzu kommt die dauerhafte Betriebsfähigkeit der Dateninfrastrukturen selbst: Plattformen, Datenräume und digitale Werkzeuge müssen gepflegt, weiterentwickelt, dokumentiert und administrativ unterstützt werden, damit sie im Verwaltungsalltag nicht an Zuständigkeits- und Ressourcengrenzen scheitern (Balta et al. 2026).

Mögliche vertiefte Bearbeitung des Themas

Mit der zunehmenden Skalierung von C-ITS wird die Auseinandersetzung mit Cybersicherheit auch im Verkehrsbereich noch relevanter. C-ITS-Dienste beruhen auf der kontinuierlichen Kommunikation zwischen Fahrzeugen, RSU, Verkehrsmanagementsystemen und weiteren Verkehrsteilnehmenden. CAM- und DENM-Nachrichten enthalten sicherheitsrelevante Informationen zu Position, Geschwindigkeit, Gefahrensituationen,

Baustellen oder Einsatzfahrzeugen. Manipulierte Nachrichten bergen das Risiko, Verkehrsverhalten zu beeinflussen, weswegen Authentizität und Integrität der ausgetauschten Informationen zu einer unmittelbaren Funktionsbedingung kooperativer Verkehrssysteme wird.

Mit der europäischen Public-Key-Infrastruktur ist ein wichtiges Fundament gelegt, um die Authentizität und Integrität der C-ITS-Kommunikation abzusichern. Diese Architektur beantwortet jedoch nicht alle Sicherheitsfragen des großflächigen Betriebs. Offen sind Fragen des dynamischen Vertrauensmanagements und Anomalieerkennung in Echtzeit. V2X-Systeme sind anfällig für Angriffe wie Spoofing, Denial of Service, Dateninjektion, Replay-Angriffe oder Sybil-basierte Identitätsmanipulation. Solche Angriffe können nicht nur Kommunikationsprozesse stören, sondern sicherheitskritische Fahrentscheidungen beeinflussen (Buchholz et al. 2020; Mavromatis et al. 2023; Zolotavkin et al. 2023).

C-ITS ist ein fragmentiertes System diverser Akteure, wodurch die Informationssicherheit zu einer geteilten Verantwortung aller Organisationen wird, die C-ITS-Daten verarbeiten oder entsprechende Ausrüstung herstellen. Daraus ergeben sich offene Fragen zu Rollenverteilung, Compliance Assessment, Schutz physisch exponierter RSU, Widerruf kompromittierter Zertifikate und operativem Risikomanagement. Der Übergang von Pilot- und Korridoranwendungen zu einem breiteren europäischen Betrieb verstärkt diese Fragen, weil Sicherheitsmechanismen nicht nur technisch spezifiziert, sondern herstellerübergreifend, grenzüberschreitend und unter Realbedingungen belastbar sein müssen. Cybersicherheit entwickelt sich damit von einer technischen Zusatzanforderung zu einer Voraussetzung der Systemfähigkeit von C-ITS. Die offenen Fragen könnten in einem TA-Kompakt vertieft bearbeitet werden, um die Voraussetzungen für einen skalierbaren und resilienten Betrieb kooperativer intelligenter Verkehrssysteme systematisch zu klären.

Literatur

- ADAC (2024): Car2X: So verbreitet ist die Technik zur Unfallvermeidung bereits. Hersteller-Umfrage 2024. Allgemeiner Deutscher Automobil-Club, München
- ADAC (2025): Car2X: Wie die Technik Unfälle verhindert. Allgemeiner Deutscher Automobil-Club, https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/assistenzsysteme/car2x/ (13.8.2026)
- Aifantopoulou, G. et al. (2020): National Access Points for Intelligent Transport Systems Data: From Conceptualization to Benefits Recognition and Exploitation. o. O., https://doi.org/10.48550/arXiv.2010.12036
- Asselin-Miller, N. et al. (2016): Study on the Deployment of C-ITS in Europe: Final Report. European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport (DG MOVE). Ricardo Energy & Environment, London
- BALM (2025): Verkehrssicherheitsstrategien. Bundesamt für Logistik und Mobilität, http://mobilitaetsforum.bund.de/DE/Themen/Verkehrssicherheit/Strategien/_documents/strategien_themenkarte.html (13.8.2026)
- Balta, B. et al. (2026): Datenbasierte Mobilitätsinnovationen möglich machen. Impulse für Bund und Länder zur Stärkung kommunaler Handlungsfähigkeit. Deutsche Akademie für Technikwissenschaften, acatech KOOPERATION, München
- Bazzi, A. et al. (2024): Multi-Channel Operation for the Release 2 of ETSI Cooperative Intelligent Transport Systems. In: IEEE Communications Standards Magazine 8(1), S. 28–35, https://doi.org/10.1109/MCOMSTD.0001.2200080
- Bergstedt, T. et al. (2024): Final report on Architecture and service definitions. Nordic Way 3. C-Roads, o. O.
- BMV (2020): Künstliche Intelligenz im Verkehrssystem Ingolstadts – KIVI. Bundesministerium für Verkehr, https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Artikel/mFUND/KI-Projekte/kivi-kuenstliche-intelligenz-im-verkehrssystem-ingolstadts.html (5.11.2026)
- BMVI (o. J.): KI-basierte Optimierung von Fußgängerüberquerungszeiten durch smarte Lichtsignalanlagen – KI4PED. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Artikel/mFUND/Projekte/KI4PED.html (13.8.2026)

- BMVI (2024): Künstliche Intelligenz zur Steuerung von Lichtsignalanlagen für verbundene Verkehrsknoten – KISLEK. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Artikel/mFUND/Projekte/kislek.html (13.8.2026)

- BMVI (2025): Das Ökosystem für Mobilitätsdaten. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/das-oekosystem-fuer-mobilitaetsdaten.html (13.8.2026)

- BMVIT (2016): C-ITS Strategie Österreich. VerkehrsteilnehmerInnen vernetzen, Effizienz und Sicherheit im Verkehr fördern. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien

- Botsch, M.; Huber, W. (2026): Expected Impact of the Deployment of Automated Vehicles in the EU. Study on Technology, Regulation, and Foresight. European Parliament, Panel for the Future of Science and Technology, Brüssel

- BSI (2021a): Guidance for Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS). Part 1: Operation of a Public Key Infrastructure for C-ITS. Technical Guideline BSI TR-03164. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, Bonn

- BSI (2021b): Guidance for Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS). Part 2: Special Requirements for Cooperative Intelligent Transport Systems Stations. Technical Guideline BSI TR-03164. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, Bonn

- Buchholz, M. et al. (2020): Enabling automated driving by ICT infrastructure: A reference architecture. o. O., https://doi.org/10.48550/arXiv.2003.05229

- Bundesregierung (2021): Verkehrssicherheitsprogramm der Bundesregierung 2021 bis 2030. Unterrichtung durch die Bundesregierung. Deutscher Bundestag, Drucksache 19/31263, Berlin

- Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg (2024): Strategie Digitale Mobilität. Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft. Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg, Drucksache 22/14895, Hamburg

- C-ITS Platform (2016): C-ITS Platform: Final report. European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport (DG MOVE), Brüssel

- C-ITS Platform (2017): Security Policy & Governance Framework for Deployment and Operation of European Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS). Result of C-ITS Platform Phase II, Brüssel

- Combe, C. et al. (2025): Data-informed Mobility Governance. ITF Roundtable Report: Summary and Conclusions. ITF (2024), Data-informed Mobility Governance. International Transport Forum, ITF Roundtable Reports 200, Paris

- C-Roads (2024): C-ITS Roadmap. Working Group 2 Technical Aspects, Taskforce 2, o. O.

- C-Roads (2025): Annual C-ITS Deployment Overview Report 2024. Wien

- C-Roads (2026): EU CCMS. https://www.c-roads.eu/deployment/euccms/ (13.8.2026)

- C-Roads (o. J.): The European C-ITS Platform. https://www.c-roads.eu/ (13.8.2026)

- C-Roads Germany (2022): Making cooperative ITS a reality today! o. O.

- C-Roads Germany (o. J.): C-ITS Pilotprojekt. https://www.c-roads-germany.de/ (13.8.2026)

- DatenPlus (o. J.): Beschleunigter Einsatz von Sicherheits- und Rettungsfahrzeugen durch optimiertes Routing und Ansteuerung von Lichtsignalanlagen. SIRENE, Stand 8.1.2025, https://daten.plus/projekte/sirene (13.8.2026)

- DATEX II (o. J.): Welcome To DATEX II. User domains. DATEX II – European Traffic Data Exchange Standard, https://datex2.eu/ (13.8.2026)

- Deutscher Verkehrssicherheitsrat (2018): Verkehrsüberwachung: Staatliche Bevormundung oder Fürsorge? Deutscher Verkehrssicherheitsrat, Bonn

- Deutscher Verkehrssicherheitsrat (2019): Verkehrsüberwachung: Staatliche Bevormundung oder Fürsorge. Bonn

- Deutscher Verkehrssicherheitsrat (2025): Vernetzte Mobilität: Die digitale Zukunft der Verkehrssicherheit. DVR Report 2, Berlin

- Die Autobahn (o. J.): Kooperative intelligente Verkehrssysteme. Vernetzung von Infrastruktur und Fahrzeugen. https://www.autobahn.de/digitales-innovation/digitale-autobahn/c-its (13.8.2026)

- Die Autobahn (2025): 1.000. Baustellenwarner für mehr Sicherheit auf Autobahnen übergeben, Berlin, https://www.autobahn.de/aktuelles/aktuell/1000-baustellenwarner-fuer-mehr-sicherheit-auf-autobahnen-uebergeben (13.8.2026)

- DLR (o. J.a): SUMO – Simulation von multimodaler Mobilität in urbanen Räumen. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, https://www.dlr.de/de/ts/forschung-und-transfer/forschungsdienstleistungen/sumo (13.8.2026)

- DLR (o. J.b): Testfeld Niedersachsen – Innovationslabor für die Mobilität der Zukunft. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, https://www.dlr.de/de/ts/forschung-und-transfer/forschungsdienstleistungen/testfeld-niedersachsen (13.8.2026)

- Dörfler, P. (2025): A milestone for greater road safety: more than two million vehicles produced with Car2X. Volkswagen Newsroom, https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/a-milestone-for-greater-road-safety-more-than-two-million-vehicles-produced-with-car2x-19909 (13.8.2026)

- EK (2009): Aktionsplan zur Einführung intelligenter Verkehrssysteme in Europa. KOM(2008) 886 endgültig/2, Europäische Kommission, Brüssel

- EK (2020): EU C-ITS Security Credential Management System. Europäische Kommission, o. O.

- ETSI (2011): Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications. Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service. European Telecommunications Standards Institute, Sophia Antipolis

- Eurostat (2026): Passenger cars in the EU. Statistics Explained. o. O.

- Finger, M.; Petrozziello, E. (2024): Making use in the public interest of data generated by connected vehicles. Robert Schuman Centre, Florence School of Regulation, European Transport Regulation Observer 2024/33, Florenz

- García, M. et al. (2023): Edge Dynamic Map architecture for C-ITS applications. o. O., https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.02197

- Hesse, T. et al. (2026): KI-basierte Verkehrs- und Mobilitätssteuerung in kommunalen Mobilitätssystemen. Plattform Lernende Systeme, München, https://doi.org/10.48669/pls_2026-1

- Holzedl, A. (2025): Österreichs Autobahnnetz umfassend mit C-ITS Technologie ausgestattet. Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft, Wien, https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20250829_OTS0037/asfinag-oesterreichs-autobahnnetz-umfassend-mit-c-its-technologie-ausgestattet (13.8.2026)

- Ji, Y. et al. (2024): Toward autonomous vehicles. A survey on cooperative vehicle-infrastructure system. In: iScience 27(5), Art. 109751, https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.109751

- KIBO-NUM (o. J.): KI-basierte Online-Verkehrsoptimierung – Nachhaltige Urbane Mobilität. https://kibo-num.de/ (13.8.2026)

- Kilpiö, V. et al. (2024): Utilisation of commercial mobile networks in the deployment of C-ITS services. NordicWay 3 Consortium, Traficom Research Reports 11/2024, o. O.

- Kueppers, G. et al. (2024): V2AIX: A Multi-Modal Real-World Dataset of ETSI ITS V2X Messages in Public Road Traffic. o. O., https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.10221

- Lämmel, P. et al. (2024): Towards Municipal Data Utilities: Experiences Regarding the Development of a Municipal Data Utility for Intra- and Intermunicipal Actors within the German City of Mainz. In: Smart Cities 7(3), S. 1289–1303, https://doi.org/10.3390/smartcities7030054

- Madadi, B. et al. (2023): A connected and automated vehicle readiness framework to support road authorities for C-ITS services. o. O., https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.01268

- Mavromatis, I. et al. (2023): Cybersecurity in Motion: A Survey of Challenges and Requirements for Future Test Facilities of CAVs. In: EAI Endorsed Transactions 10(4), Art. e5, https://doi.org/10.4108/eetinis.v10i4.4237

- Mylonas, C. et al. (2023): All you need is data: the added value of National Access Points as backbone European ITS data exchange infrastructures. o. O., https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.14054

- Pape, M. (2017): EU strategy on cooperative intelligent transport systems. European Parliamentary Research Service, Briefing PE 608.664, Brüssel

- PTV Group (o. J.): PTV Visum – Verkehrsplanung und Verkehrsmodellierung. https://www.ptvgroup.com/de/produkte/ptv-visum (13.8.2026)

- Schirokoff, A. et al. (2024): NordicWay 3 Final report: Coordinated pilot on cooperative, connected and automated mobility. Finnish Transport and Communications Agency, Traficom Research Reports 6/2024, o. O.
- Siemens Mobility GmbH (o. J.): Basis für autonomes Fahren auf Österreichs Autobahnen: Ausbau von bis zu 525 Siemens Road-Side-Units. https://www.mobility.siemens.com/at/de/unternehmen/newsroom/pressemitteilungen/basis-fur-autonomes-fahren-auf-osterreichs-autobahnen.html (17.8.2026)
- Song, R. et al. (2023): V2X-Boosted Federated Learning for Cooperative Intelligent Transportation Systems with Contextual Client Selection. o. O., https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.11654
- Sussman, J. M. (2005): Perspectives on Intelligent Transportation Systems (ITS). Boston, https://doi.org/10.1007/b101063
- [ui!] (2019): UMI startet Zukunftsprojekt KIBO-NUM. Forschungsprojekt zur KI-basierten Online-Verkehrsoptimierung erfolgreich angelaufen. [ui!] Urban Software Institute, https://ui.city/aktuelles/blog-archiv/ui-umi-startet-zukunftsprojekt-kibo-num (4.11.2026)
- WD (2026): Einzelfragen zum Rechtsrahmen für intelligente Verkehrssysteme. Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste, Fachbereich EU 6, Fachbereich WD 3, Berlin
- Zanger, L. et al. (2025): Application Management in C-ITS: Orchestrating Demand-Driven Deployments and Reconfigurations. In: Institute of Electrical and Electronics Engineers (Hg.): International Conference on Intelligent Transportation. 2025 IEEE 28th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). Institute of Electrical and Electronics Engineers. Gold Coast, S. 241–247, https://doi.org/10.1109/ITSC60802.2025.11423445
- Zolotavkin, Y. et al. (2023): Improving unlinkability in C-ITS: a methodology for optimal obfuscation. o. O., https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.04130
- Zukowski, D. (2026): Automated traffic safety cameras: life-saving or revenue-raising? Automated technologies have reduced speeding and red-light violations in some cities. The U.S. Department of Transportation wants to limit their use. Smart Cities Dive, https://www.smartcitiesdive.com/news/automated-traffic-safety-cameras-speeding-red-light/816573/ (5.11.2026)

Herausgeber
Büro für Technikfolgen-Abschätzung
beim Deutschen Bundestag (TAB)

Bildnachweis
metamorworks/iStock (S. 1, 2, 8, 9);
European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport/TENtec Information System 2026 (S. 5, 6);
Scharfsinn86/iStock (S. 10)

KI-Hinweis
Zur Erstellung dieses Textes wurde ChatGPT verwendet. Die Nutzung erfolgte im Rahmen der TAB-Leitlinien für generative KI und umfasste die Unterstützung bei der Auswertung ausgewählter Publikationen sowie die sprachliche und strukturelle Überarbeitung und Verdichtung von Textelementen. Die Verantwortung für die inhaltliche Richtigkeit und die kritische Reflexion der Ergebnisse liegt bei der Autorin.

ISSN: 2629-2874
DOI: 10.5445/IR/1000198766

Horizon SCANNING

Das Horizon-Scanning ist Teil der Foresight-Aktivitäten des TAB und wird vom Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH durchgeführt.
www.tab-beim-bundestag.de/horizon-scanning