Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Marktbeobachtung

Vernetzte Mobilität: V2X-Kommunikation auf der Straße

November 2024

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

MARKTBEOBACHTUNGSBERICHT

Vernetzte Mobilität: V2X-Kommunikation auf der Straße

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Die Vernetzung der Mobilität auf der Straße bietet viel Potential, den Verkehr sicherer und effizienter zu gestalten. Die Implementierung flächendeckender Vernetzung stellt die beteiligten Akteure jedoch vor Herausforderungen, die gemeinsam gelöst werden müssen. Das Kompetenznetzwerk innocam.NRW bringt diese Akteure zusammen.

Der vorliegende Marktbeobachtungsbericht soll als Informationsquelle für diese Akteure aus dem Bereich der automatisierten und vernetzten Mobilität dienen. Der Bericht zielt darauf ab, die Potentiale einer Vernetzung der Mobilität auf der Straße, bestehende Entwicklungsarbeiten und die sich auf dem Weg zur flächendeckenden Vernetzung ergebenden Herausforderungen aufzuzeigen. Es zeigt sich, dass eine Einigung auf Technologiestandards wesentlich ist.

Im vorliegenden Marktbeobachtungsbericht …

- werden die Potentiale vernetzter Mobilität anhand verschiedener Use Cases verdeutlicht;
- wird das 5-Ebenen-Modell zur Strukturierung der Herausforderungen einer flächendeckenden Vernetzung eingeführt. Diese Ebenen lassen sich auch in den in diesem Bericht dargestellten Hintergründen, Fragestellungen und Aktivitäten jederzeit wiederfinden;
- wird ein Überblick über verschiedene Technologien und Standards zur Vernetzung von Verkehrsteilnehmern und -infrastruktur präsentiert;
- werden verschiedene mögliche Stakeholder zur Umsetzung der Vernetzung, realisierte Anwendungen sowie relevante Forschungsprojekte aufgelistet.

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

INHALTSVERZEICHNIS

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

01	POTENTIALE DER VERNETZUNG	S. 4
02	5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN	S. 9
03	TECHNOLOGIE BEGRIFFE UND TECHNOLOGIEN	S. 25
04	STANDARDISIERUNG NACHRICHTENFORMATE UND C-ITS-DIENSTE	S. 32
05	UMSETZUNG STAKEHOLDER, REALISIERTE ANWENDUNGEN, FORSCHUNGSPROJEKTE	S. 36
06	FAZIT	S. 52

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

Kompetenznetzwerk
automatisierte und
vernetzte Mobilität
innocam.NRW

01 POTENTIALE DER VERNETZUNG

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

POTENTIALE DER VERNETZUNG

Vernetzung von Verkehrsteilnehmern und Verkehrsinfrastruktur

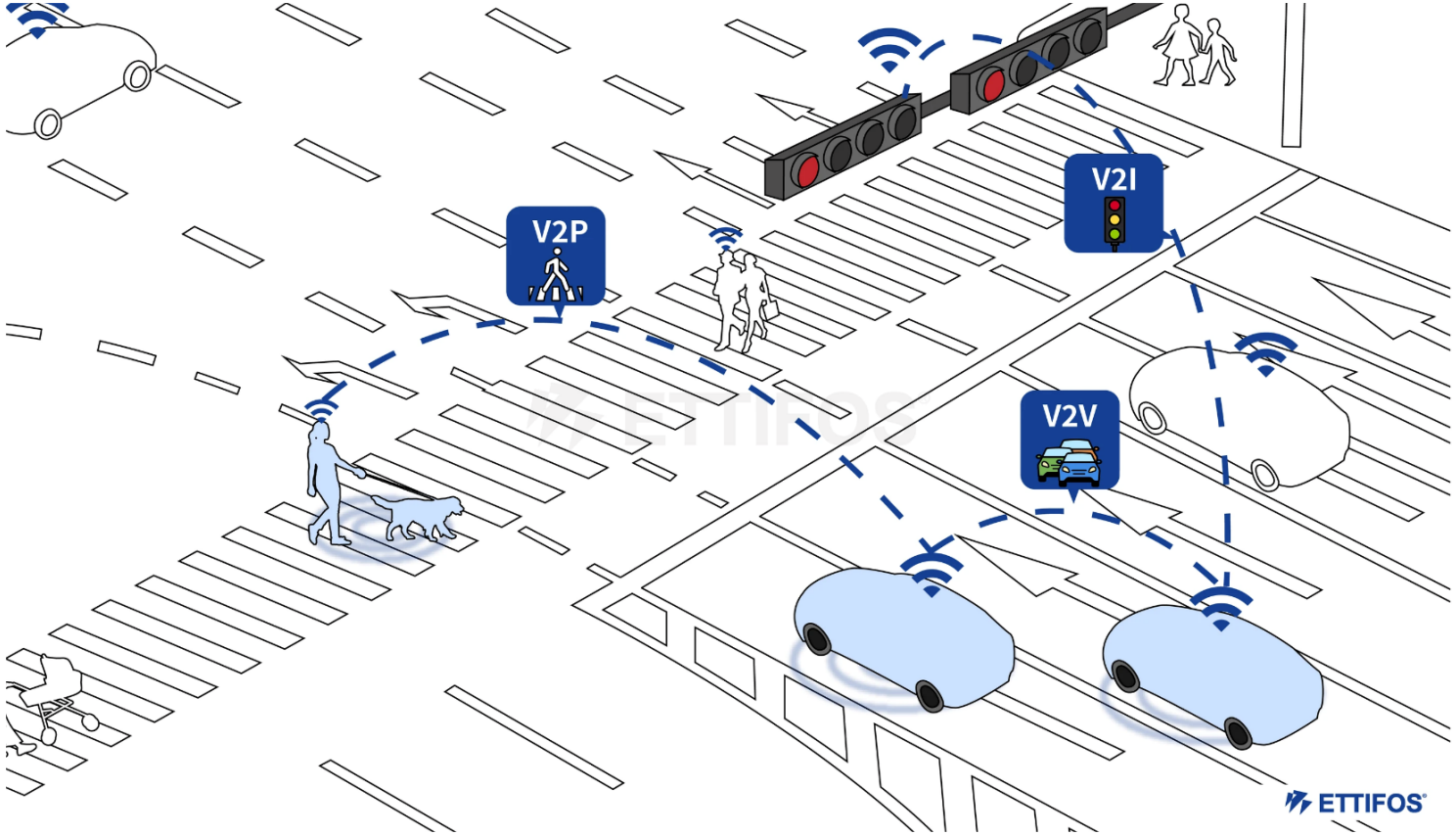
Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

<u>Ziele vernetzter Mobilität</u>

- Steigerung von Verkehrssicherheit [1]
- Verbesserung des Verkehrsflusses (Steigerung von Effizienz und Komfort) [2]

Vernetzung von Verkehrsteilnehmern und Verkehrsinfrastruktur zur Unterstützung unter anderem von:

- Einsatzfahrzeugen
- Vernetzten (nicht-) automatisierten Fahrzeugen
- Radfahrenden und Fußgängern
- Verkehrsmanagementzentren
- (ÖPNV-)Flottenbetreibern



Quelle: ETTIFOS

[1] Artikel der EU-Komission (2024)
[2] Artikel von explained: (2023)

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

POTENTIALE DER VERNETZUNG

Potentiale vernetzter Mobilität – Beispielhafte Use Cases (1): Schutz und Priorisierung von Radfahrern und Fußgängern

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

- Vulnerable (ungeschützte/verletzliche) Road Users (VRU) gemäß C-Roads: “nicht motorisierte Verkehrsteilnehmer, wie Fußgänger und Radfahrer sowie Motorradfahrer und Personen mit Behinderungen oder eingeschränkter Mobilität und Orientierung“
- Erkennung von VRU auf verschiedene Wege möglich: KI-basierte Erkennung durch Infrastruktur- und Fahrzeugsensorik, Vernetzung über mobile Endgeräte
- Schutz von VRU (siehe C-Roads): Reduzierung von Unfällen verursacht durch Kollisionen mit motorisierten Verkehrsteilnehmern (Beispiel Stadt Kassel)
  - ➢ Mögliche Funktionen: Info & Warnung entweder im Fahrzeug oder Warnung des Radfahrers/Fußgängers über mobiles Endgerät
- Priorisierung von Radfahrern/Fußgängern bei Ampelschaltung → Reduktion der Wartezeit durch Absichtserkennung (Beispiel prädiktive KI-Ampelschaltung in Konstanz)
- Hintergrund: Radfahren wird zunehmend als eigenständiges Verkehrsmittel auf der Straße betrachtet. Es wird zunehmend als Schlüssel zur Lösung einiger gesellschaftlicher Herausforderungen angesehen (z.B. Klimawandel, Energieabhängigkeit und öffentliche Gesundheit).
  (Quelle: ECF - European Cyclists' Federation)

Quelle: C-Roads

Quelle: YUNEX Traffic

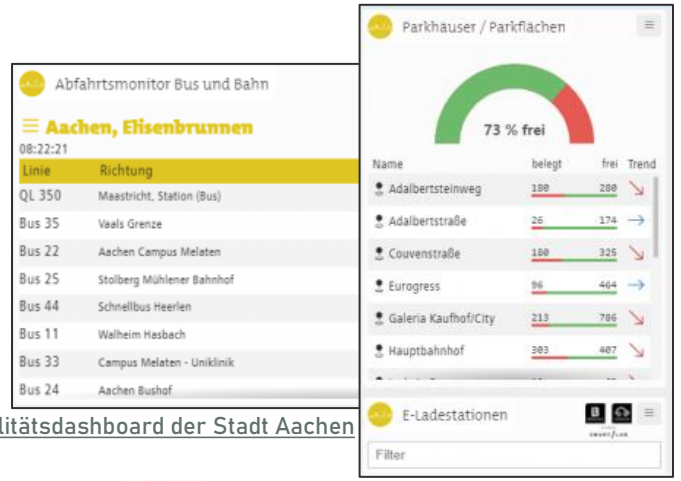
Gefördert von Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

POTENTIALE DER VERNETZUNG

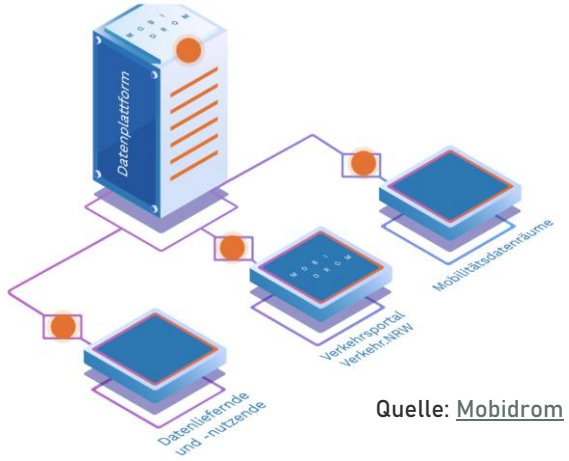
Potentiale vernetzter Mobilität – Beispielhafte Use Cases (2): Datenplattformen zur Bereitstellung von Mobilitätsdaten

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

- Bündeln von Mobilitätsdaten, um Informationen aus unterschiedlichen Quellen zentral zugänglich zu machen
- Beispielhafte Anwendung: Mobilitätsdashboard der Stadt Aachen – Gebündelte Informationen im Dashboard:
  - ➢ Parkplätze, E-Ladestationen, Fahrradaufkommen, Car- und Bike-Sharing, ÖPNV-Abfahrtsmonitor inkl. Fahrplanänderungen, Baustellen, Verkehrslage, usw.
- Mobidrom der NRW.Mobidrom GmbH:
  - Datenplattform als zentraler Zugang zu Mobilitätsdaten
  - Eine der Kernfunktionen: Mobilitätsdaten entgegennehmen, vereinheitlichen und gebündelt bereitstellen
  - Ermöglicht Verbindung von Mobilitätsdaten aus NRW mit weiteren Mobilitätsräumen wie der Mobilithek
  - Das Leistungsangebot richtet sich schwerpunktmäßig an Kommunen, Sharing-Dienste und Akteure aus dem Bereich des ÖPNV.
  - Zugang über mobidrom.nrw



Quelle: Mobilitätsdashboard der Stadt Aachen



Quelle: Mobidrom

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

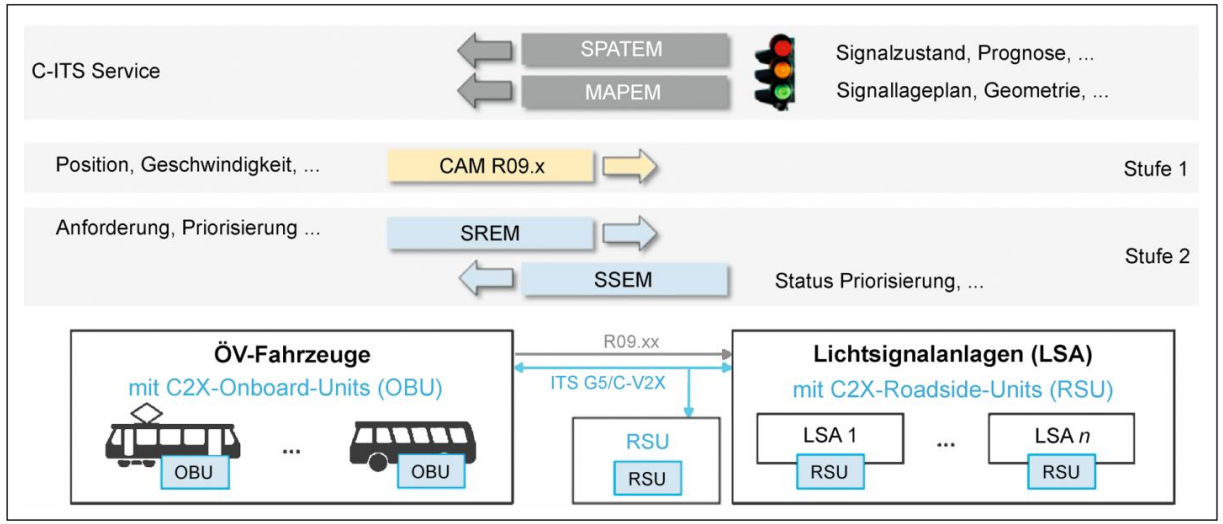
POTENTIALE DER VERNETZUNG

Potentiale vernetzter Mobilität – Beispielhafte Use Cases (3): Verkehrsflusssteuerung und Gefahrenwarnsysteme

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

- Priorisierung des ÖPNV durch V2X-Kommunikation: Gegenseitiger Informationsaustausch zwischen Lichtsignalanlagen (LSA) und Fahrzeugen des ÖPNV;
  - ➢ Bericht der BASt: Handlungsempfehlung zur Nutzung von ITS-G5
- Gefahrenwarnsysteme basierend auf V2X-Vernetzung: Warnung vor Staus, Pannenstellen und Einsatzfahrzeugen
  - ➢ Umsetzung durch die Autobahn GmbH
- Kooperative Navigation auf Basis von Prädikation des Verkehrsaufkommens: Verkehrslageermittlung basierend auf V2X-Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Roadside Units, um Qualität des Verkehrsablaufes zu bestimmen
  - ➢ z.B. Projekt DAVE

Quelle: C-Roads



Quelle: BASt

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

02 5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

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

5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

5-Ebenen-Modell zur Realisierung automatisierter und vernetzter Mobilität

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

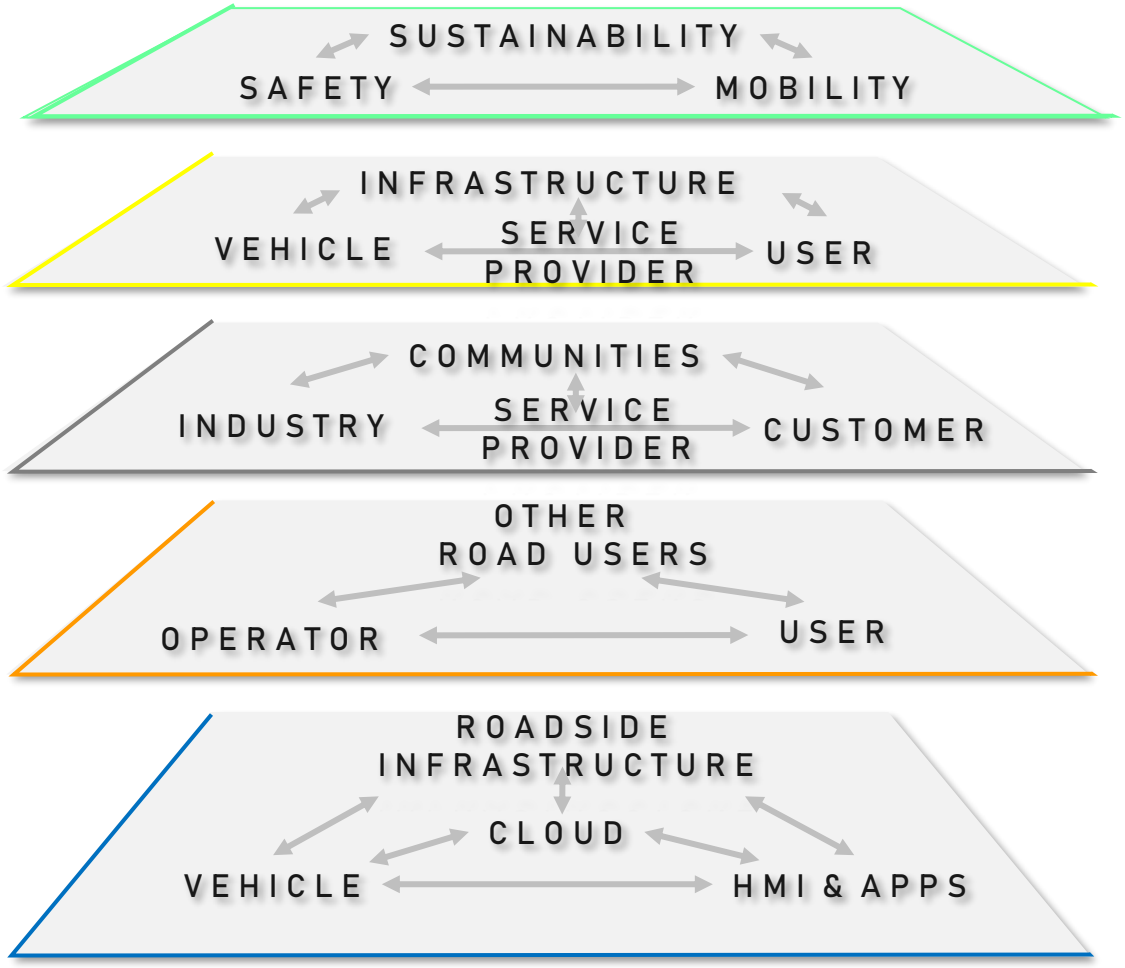
Gesellschaftliche Ebene

Rechtliche Ebene

Ökonomische Ebene

Individuelle Ebene

Technologische Ebene



Quelle: Lutz Eckstein

Automatisierung und Vernetzung sind zwei Dimensionen zukünftiger Mobilität. Viele Funktionen für das automatisierte Fahren profitieren von zunehmendem Vernetzungsgrad. Auf dem Weg zur automatisierten und vernetzten Mobilität der Zukunft stellen sich Herausforderungen auf 5 Ebenen. Diese lassen sich auch in den in diesem Bericht dargestellten Hintergründen, Fragestellungen und Aktivitäten jederzeit wiederfinden.

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

5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

Gesellschaftliche Ebene

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

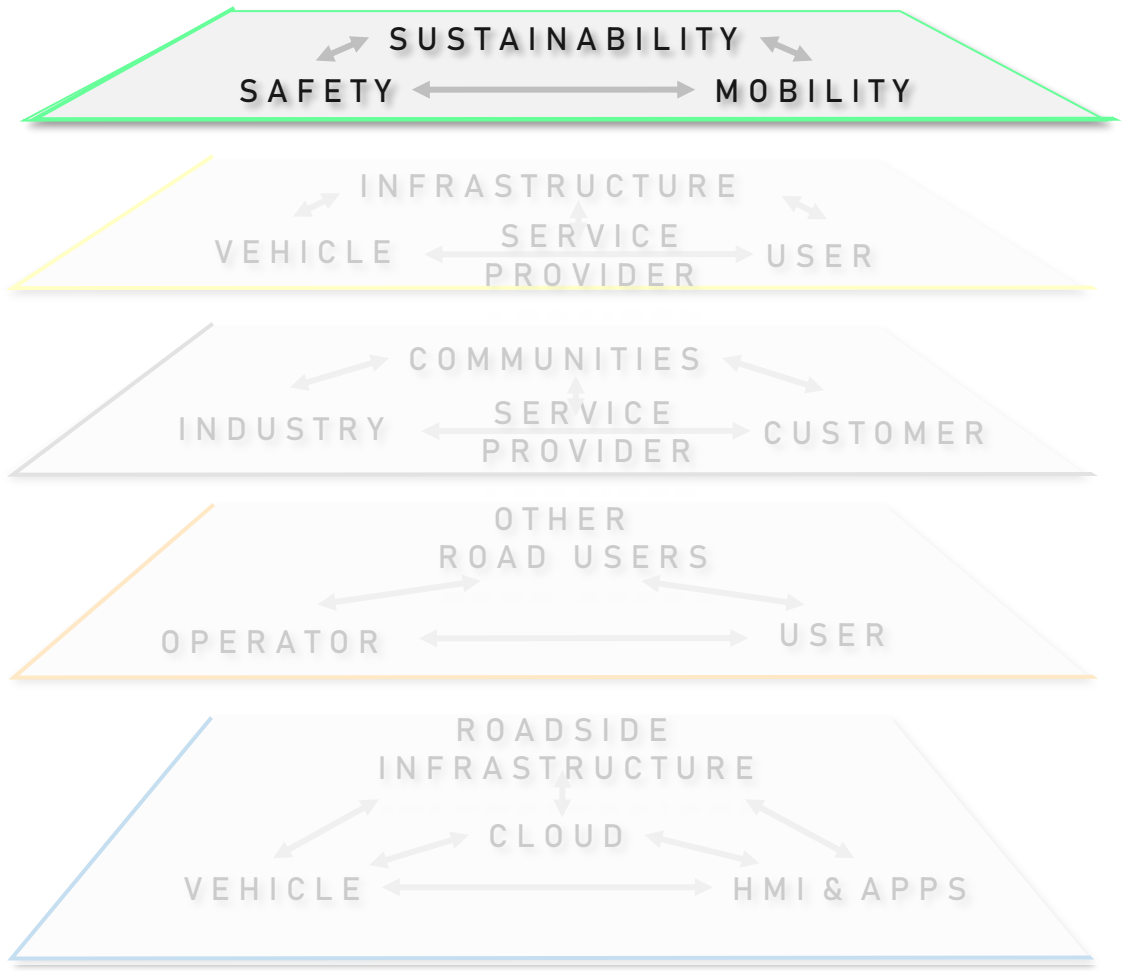
Gesellschaftliche Ebene

Rechtliche Ebene

Ökonomische Ebene

Individuelle Ebene

Technologische Ebene



Quelle: Lutz Eckstein

Wenn eine neue Technologie oder ein neuer Dienst gesellschaftliche Vorteile wie mehr Verkehrssicherheit, Arbeitsplätze, Souveränität bietet, können Gesellschaft und Regierung den Rechtsrahmen entsprechend anpassen.

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

5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

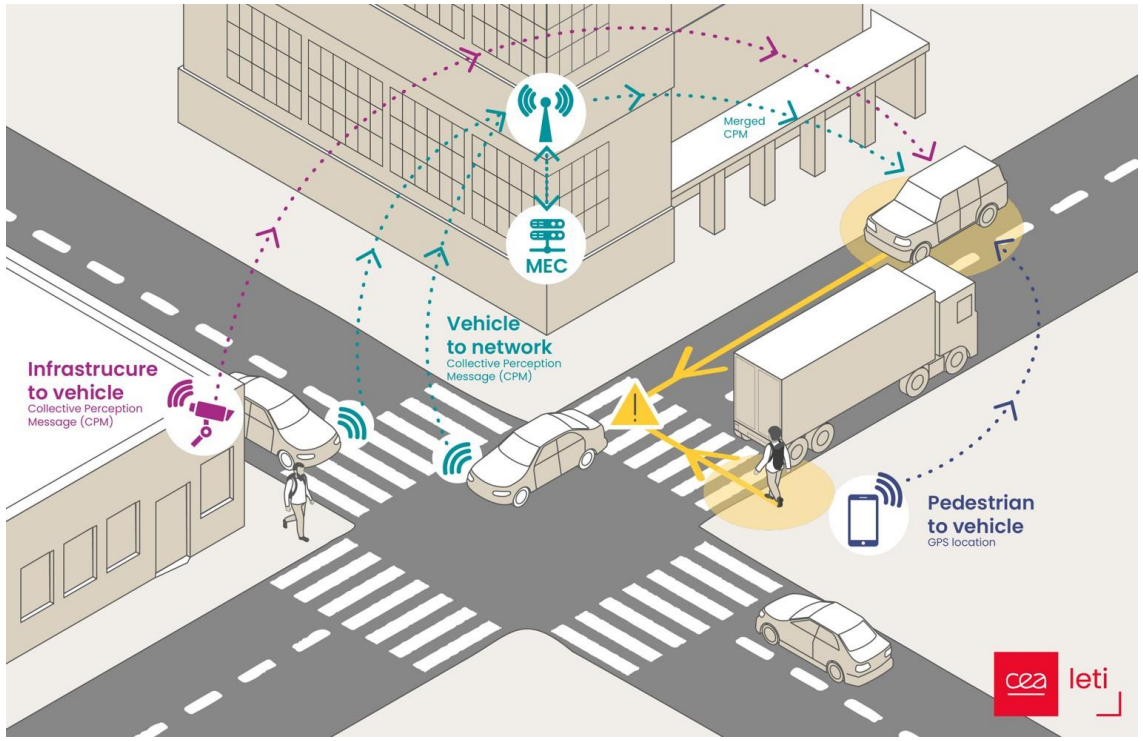
Chancen und Herausforderungen für die Gesellschaft

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Chancen durch Vernetzung im Mobilitätssystem

- Zunehmende Vernetzung der Mobilität bietet Vorteile für das gesamte Verkehrssystem und somit für die Gesellschaft:
  - Steigerung der Attraktivität und Verbesserung des ÖPNV
  - Radfahren und Zufußgehen kann sicherer, attraktiver und komfortabler werden
  - Erhöhung der Effizienz durch Dienste für Verkehrsbeeinflussung und präzisere Verkehrslageermittlung → Dienste profitieren von Vernetzung der Verkehrsteilnehmer
- Volkswirtschaftliches Potential durch Entwicklung innovativer Technologien; u.a. Schaffung von Arbeitsplätzen
- Teilhabe an intermodaler Mobilität: Zugang zu gebündelten Mobilitätsdaten sowie Mobilitätsangeboten via Smartphone

Quelle: CEA-Leti



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

5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

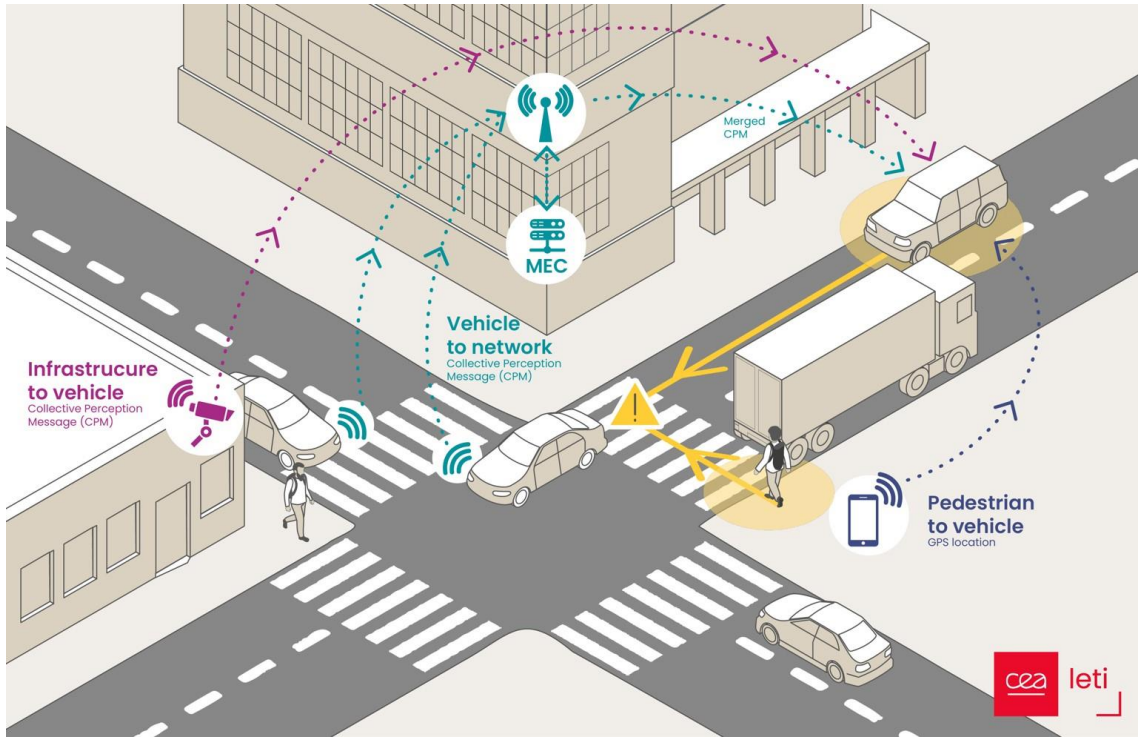
Chancen und Herausforderungen für die Gesellschaft

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

<u>Mögliche gesellschaftliche Herausforderungen</u>

- Akzeptanz, zum Beispiel von Sensoren im öffentlichen Verkehrsraum
- Mangel an Fachkräften zur Umsetzung neuer Technologien
- Technologischer Wettbewerb mit anderen Volkswirtschaften
  - USA [1] und China [2] mit ambitionierten Zielen hinsichtlich V2X-Technologie
- Souveränität über gesammelte Daten

Quelle: CEA-Leti



[1] U.S. Department of Transportation (2024)
[2] 5GAA (2022)

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

5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

Aktionsplan der Regierung unterstreicht gesellschaftliches Interesse an automatisierter und vernetzter Mobilität (AVM)

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität innocam.NRW

Aktionsplan "Forschung für autonomes Fahren" (2019)

- Beschlossen durch Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)
- Ziel ist die optimale Abdeckung der folgenden Forschungsschwerpunkte (u.a. Adressierung von Themen zur Vernetzung des Mobilitätssystems):

Bundesministerium für Bildung und Forschung

BMBF: Elektronik und Sensorik, Künstliche Intelligenz (KI) und Softwaretechnologien, IT-Sicherheit inkl. Kommunikationssysteme, Technologien für die Mensch-Technik-Interaktion, Nachhaltigkeitseffekte sowie gesellschaftliche und kommunale Anforderungen.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

BMWK: Systemische Aspekte des Transportmittels, neue Hard- und Software-Architekturen, Sicherheit von Systemen des autonomen Fahrens, KI-Verfahren für hochautomatisiertes Fahren, Datenfusion und -verarbeitung, Testverfahren und Validierung.

Bundesministerium für Digitales und Verkehr

BMDV: Infrastruktur, Mensch-Maschine-Interaktion, Organisation des Straßenverkehrs/Verkehrsmanagement (auch unter Einsatz von KI), Kooperation und Vernetzung, gesellschaftliche Aspekte und Erprobung im Straßenverkehr.

Quelle: BMDV Forschungsförderung

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

5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

Berücksichtigung ethischer Grundsätze bei der Gestaltung von Innovationen für AVM

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Bundesministerium für Digitales und Verkehr

Europäische Kommission

Bericht der Ethik-Kommission des BMDV: Automatisiertes und vernetztes Fahren (veröffentlicht 2017)

- Zu erwarten: „bessere Unterscheidung von Verkehrsteilnehmern, Hindernissen und Gefahrensituation“ → „Straßenverkehrssicherheit […] zu steigern“
- „Ethische Regeln für den automatisierten und vernetzten Fahrzeugverkehr“ werden aufgestellt
- U.a. Thematisierung einer Gesamtarchitektur des „kooperativen Straßenverkehrs“: Wie kann die Verantwortung für Software und Infrastruktur ausgestaltet und aufgeteilt werden?

Quelle: Ethik-Kommission: Automatisiertes und vernetztes Fahren (veröffentlicht 2017)

Bericht der Europäischen Kommission: “Ethics of Connected and Automated Vehicles” (veröffentlicht 2020)

- Unterstützung beim sicheren und verantwortungsvollen Übergang zur vernetzten und automatisierten Mobilität
- Berücksichtigung ethischer Grundsätze und moralischer Werte bei der Gestaltung von Innovationen für automatisierte und vernetzte Mobilität
- Straßenverkehrssicherheit: Verbesserung der Sicherheit sollte unter Berücksichtigung ethischer und rechtlicher Grundsätze erfolgen → Schützen von Grundrechten einschließlich derer von vulnerablen Straßenverkehrsteilnehmern

Quelle: Ethics of connected and automated vehicles (veröffentlicht 2020)

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

5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

Rechtliche Ebene

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

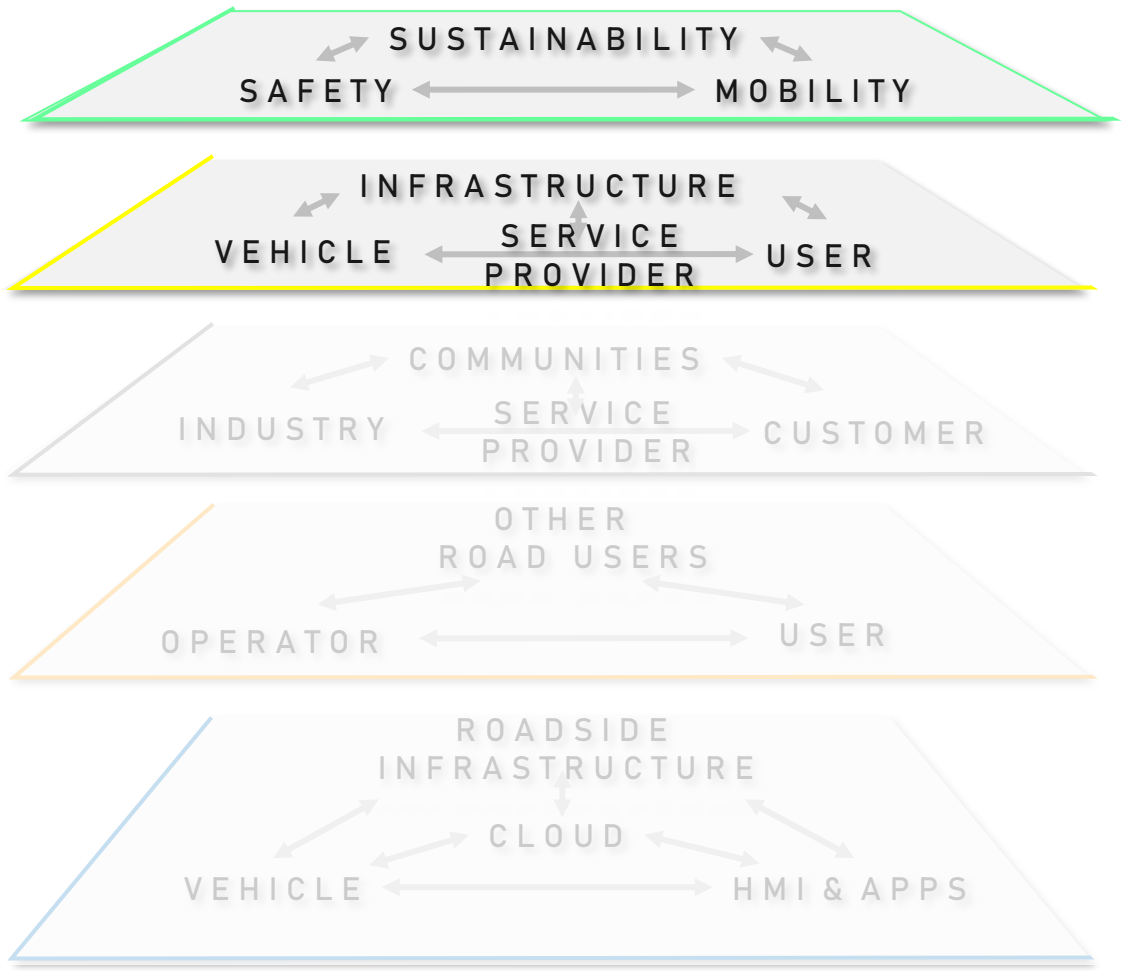
Gesellschaftliche Ebene

Rechtliche Ebene

Ökonomische Ebene

Individuelle Ebene

Technologische Ebene



Quelle: Lutz Eckstein

Wenn eine neue Technologie oder ein neuer Dienst gesellschaftliche Vorteile wie mehr Verkehrssicherheit, Arbeitsplätze, Souveränität bietet, können Gesellschaft und Regierung den Rechtsrahmen entsprechend anpassen.

Die Gesetzgebung setzt den Rahmen für die ökonomische Ebene, individuelles Verhalten und Technologie.

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

5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) der europäischen Union ist als Rechtsrahmen durch Mobilitätsdatenanbieter zu berücksichtigen

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO)

- Im Mai 2016 angenommen: Bildet datenschutzrechtlichen Rahmen innerhalb der europäischen Union
- Anpassung nationaler Gesetzgebung an neue Rechtslage erfolgte bis 2018 (EU-rechtskonforme Auslegung)
- Vereinheitlichung von Regeln zur Verarbeitung personenbezogener Daten → Einheitliches Datenschutzniveau, Rechtsgrundlagen für Datenverarbeitungen
- Mögliche Herausforderung: Nationale Implementierung der europäischen Gesetzgebung ist in einigen Ländern möglicherweise strikter als in anderen. → Mögliche Einschränkungen auf technischer und ökonomischer Ebene

Quelle: BMWK

Quelle: Europäische Datenschutz-Grundverordnung (BMWK)

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

5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

Verordnung zum autonomen Fahren (AFGBV) ist als Rechtsrahmen zu berücksichtigen durch Mobilitätsanbieter, Kommunen und Hersteller

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Bundesministerium für Digitales und Verkehr

Quelle: BMDV

Verordnung zum autonomen Fahren (AFGBV) [1,2]

- Mai 2022: Bundesrat verabschiedet die vom Bundesminister für Digitales und Verkehr vorgelegte Verordnung
- Die Verordnung regelt unter anderem:
  - Betrieb, Betriebserlaubnis, Erprobung und Zulassung von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion in festgelegten Betriebsbereichen
  - Genehmigung festgelegter Betriebsbereiche
- Mögliche Herausforderungen:
  - Regelungen müssen kontinuierlich vor dem Hintergrund technologischer Entwicklungen evaluiert werden [3]
  - Umfangreiche Dokumentations- und Nachweispflichten [4]
  - Für die Umsetzung bedarf es verlässlicher digitaler Infrastruktur [3]

Aus der AFGBV ergeben sich Anforderungen und Pflichten für Hersteller, Fahrzeughalter und Kommunen.

[1] Gesetze im Internet: AFGBV
[2] BMDV
[3] VDA: Verband der Automobilindustrie e. V.
[4] Bird & Bird LLP

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

5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

Mobilitätsdatengesetz: Regelung der freien Zugänglichkeit von Verkehrsdaten für nahtlose multimodale Mobilität

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Bundesministerium für Digitales und Verkehr

<u>Mobilitätsdatengesetz</u>

- Mai 2024: Vom BMDV vorgelegter Referentenentwurf zum Mobilitätsdatengesetz
- Stellt freie Zugänglichkeit von Verkehrsdaten sicher
- Verkehrsunternehmen und Mobilitätsanbieter sollen ihre Echtzeitdaten unter fairen Bedingungen bereitstellen.
- Vernetzung und Koordination von Mobilitätsdaten soll Reisen effizienter und nutzerfreundlicher gestalten.
- Daten sind der Mobilithek (nationaler Datenzugangspunkt) bereitzustellen.

➢ Ziel: Nutzen der Daten für nahtlose multimodale Mobilität

Quelle: BMDV

Quelle: Veröffentlichung Eckpunkte Mobilitätsdatengesetz (veröffentlicht am 25.07.2023)

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

5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

Ökonomische Ebene

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

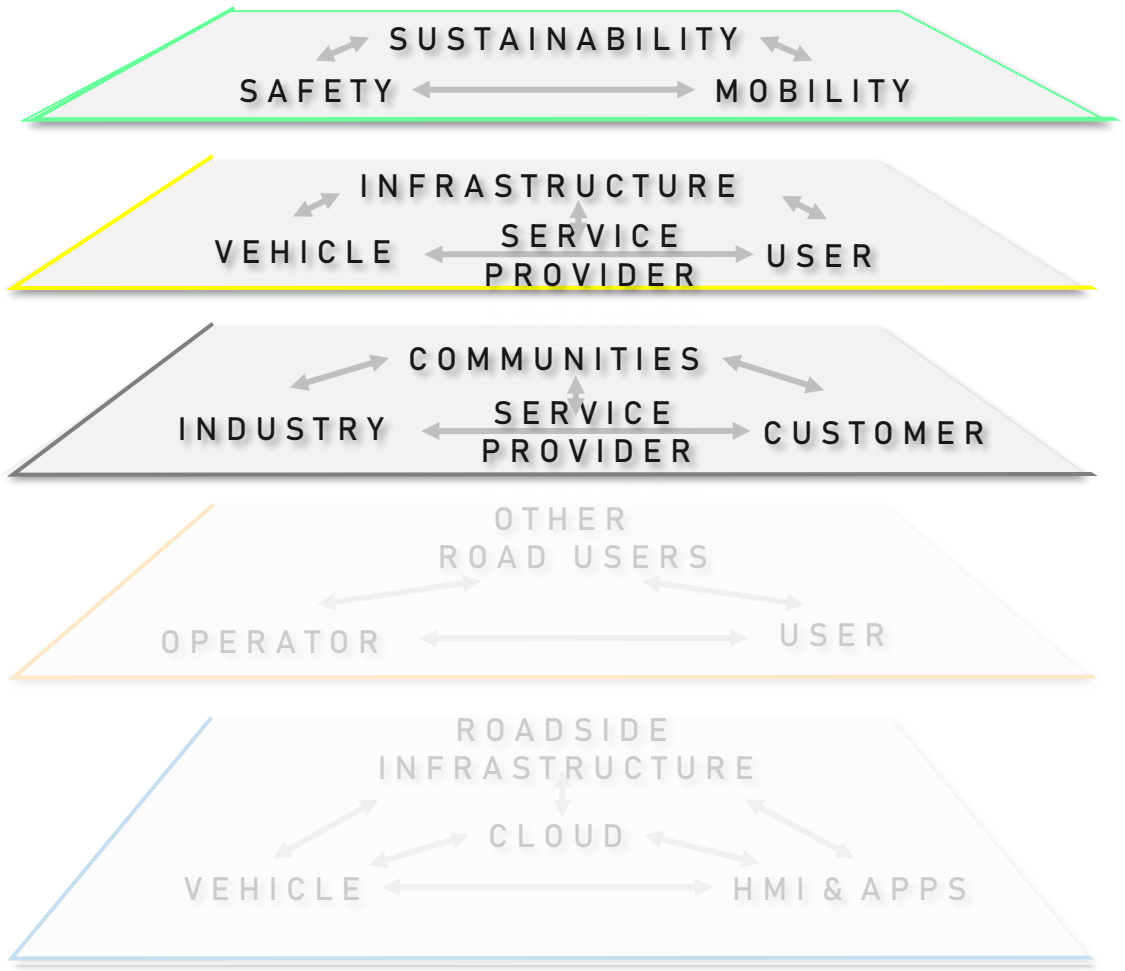
Gesellschaftliche Ebene

Rechtliche Ebene

Ökonomische Ebene

Individuelle Ebene

Technologische Ebene



Quelle: Lutz Eckstein

Wenn eine neue Technologie oder ein neuer Dienst gesellschaftliche Vorteile wie mehr Verkehrssicherheit, Arbeitsplätze, Souveränität bietet, können Gesellschaft und Regierung den Rechtsrahmen entsprechend anpassen.

Die Gesetzgebung setzt den Rahmen für die ökonomische Ebene, individuelles Verhalten und Technologie.

Technologie muss für Produzenten, Infrastruktur- und Dienstleistungsanbieter und Kunden wirtschaftlich tragfähig sein, um nachhaltig zu sein.

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

5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

Chancen und Herausforderungen für verschiedene Stakeholder auf der ökonomischen Ebene

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Stakeholder	Chancen	Herausforderungen
Kommune	• Erlöse durch Vermarktung von Daten • Einsparung von Kosten durch Digitalisierung aufgrund effizienterer Prozesse	• Kosten für den Ausbau von Infrastruktur
Unternehmen	• Innovative Produkte erhöhen die Wettbewerbsfähigkeit	• Kosten für die Entwicklung und Absicherung der Produkte • Marktunsicherheiten: Wechselnde Technologien und Standards • Wettbewerb mit großen IT-Konzernen
Service Provider	• Bereitstellung eines attraktiven Mobilitätsangebots	• Berücksichtigung von DSGVO hat Einfluss auf die Nutzung und den Absatz von Daten • Zu geringe Erlöse, falls Akzeptanz nicht gegeben
Kunde / Nutzer	• Teilhabe durch einfachen Zugang zu Mobilitätsangeboten, z.B. via Smartphone	• Kostentransparenz bei möglicherweise großem Mobilitätsangebot

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

5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

Individuelle Ebene

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

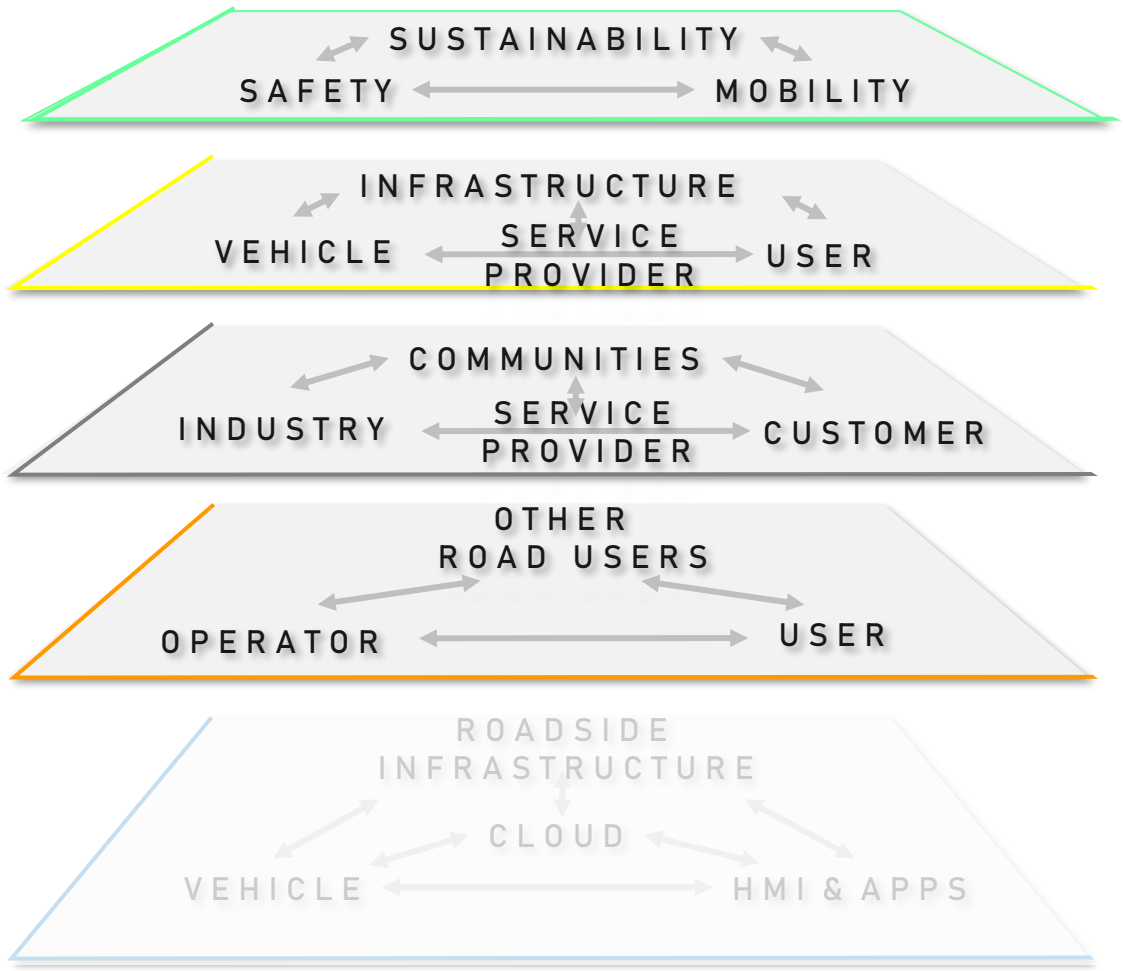
Gesellschaftliche Ebene

Rechtliche Ebene

Ökonomische Ebene

Individuelle Ebene

Technologische Ebene



Quelle: Lutz Eckstein

Wenn eine neue Technologie oder ein neuer Dienst gesellschaftliche Vorteile wie mehr Verkehrssicherheit, Arbeitsplätze, Souveränität bietet, können Gesellschaft und Regierung den Rechtsrahmen entsprechend anpassen.

Die Gesetzgebung setzt den Rahmen für die ökonomische Ebene, individuelles Verhalten und Technologie.

Technologie muss für Produzenten, Infrastruktur- und Dienstleistungsanbieter und Kunden wirtschaftlich tragfähig sein, um nachhaltig zu sein.

Menschen in der Rolle von Nutzern, Betreibern oder anderen Verkehrsteilnehmern haben Erwartungen und Fähigkeiten, die zu Anforderungen auf anderen Ebenen führen können.

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

5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

Chancen und Herausforderungen auf individueller Ebene

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Chancen auf individueller Ebene

- Erhöhung der Sicherheit im Verkehr, zum Beispiel durch rechtzeitige Warnung vor Gefahrenstellen
- Erhöhung der Effizienz, zum Beispiel durch
  - aktuelle Verkehrslageermittlung,
  - intelligente Routenvorschläge,
  - die Nutzung gebündelt bereitgestellter Mobilitätsdaten
- Erhöhung der Attraktivität von Zufußgehen und Radfahren, zum Beispiel durch
  - erhöhte Sicherheit,
  - Priorisierung basierend auf bedarfsgerechter Schaltung von Lichtsignalanlagen

Herausforderungen bei der Berücksichtigung des Individuums

- Ableitung von Anforderungen des Operators bzw. an den Operator („technische Aufsicht“ laut AFGBV)
- Intuitives Verständnis der Nutzenden ermitteln → Ableitung von HMI-Standards im Rahmen der Nutzung von Mobilitätsangeboten

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

5 EBENEN DER HERAUSFORDERUNGEN

Technologische Ebene

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

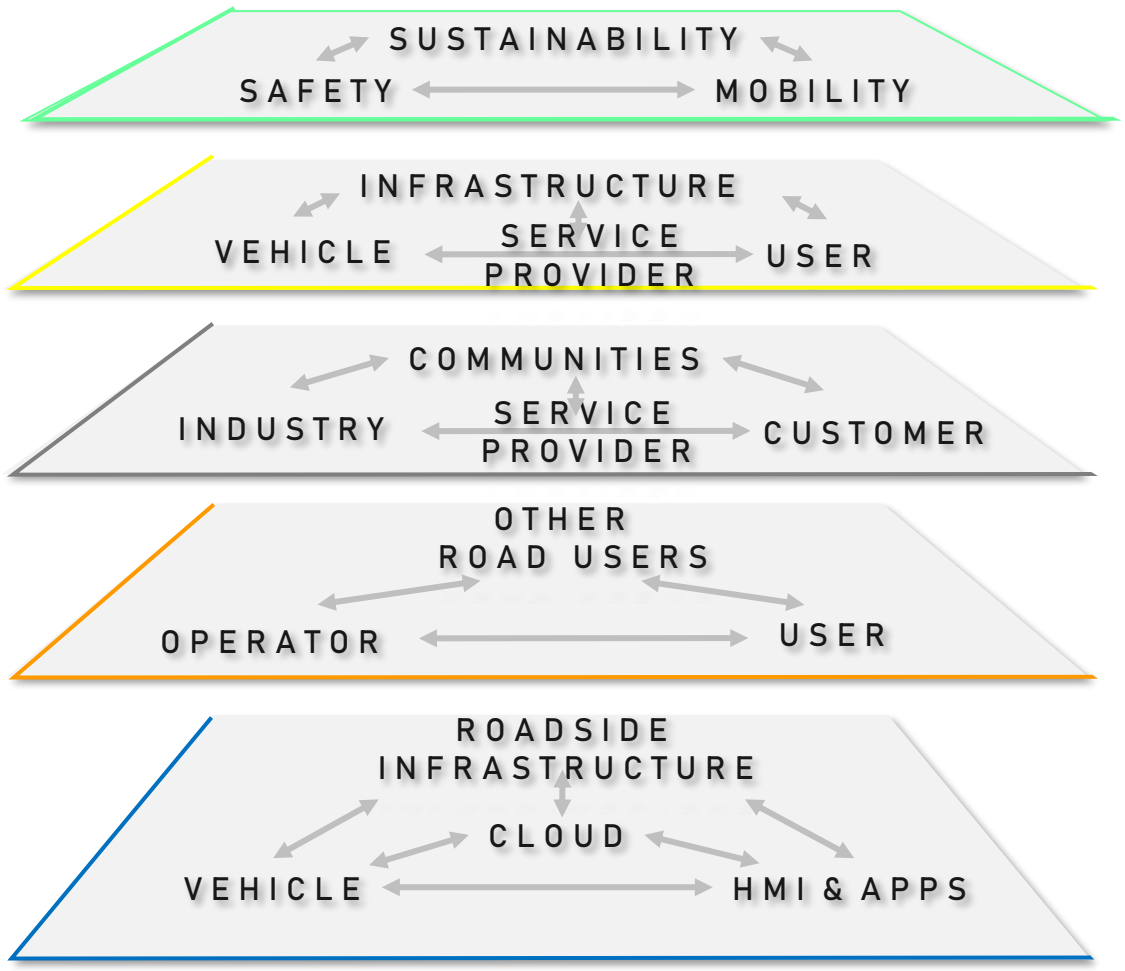
Gesellschaftliche Ebene

Rechtliche Ebene

Ökonomische Ebene

Individuelle Ebene

Technologische Ebene



Quelle: Lutz Eckstein

Wenn eine neue Technologie oder ein neuer Dienst gesellschaftliche Vorteile wie mehr Verkehrssicherheit, Arbeitsplätze, Souveränität bietet, können Gesellschaft und Regierung den Rechtsrahmen entsprechend anpassen.

Die Gesetzgebung setzt den Rahmen für die ökonomische Ebene, individuelles Verhalten und Technologie.

Technologie muss für Produzenten, Infrastruktur- und Dienstleistungsanbieter und Kunden wirtschaftlich tragfähig sein, um nachhaltig zu sein.

Menschen in der Rolle von Nutzern, Betreibern oder anderen Verkehrsteilnehmern haben Erwartungen und Fähigkeiten, die zu Anforderungen auf anderen Ebenen führen können.

Auf technologischer Ebene müssen alle Anforderungen, die sich aus allen Ebenen ergeben, durch geeignete Lösungen und Methoden erfüllt werden.

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

Kompetenznetzwerk
automatisierte und
vernetzte Mobilität
innocam.NRW

03 TECHNOLOGIE

BEGRIFFE UND TECHNOLOGIEN

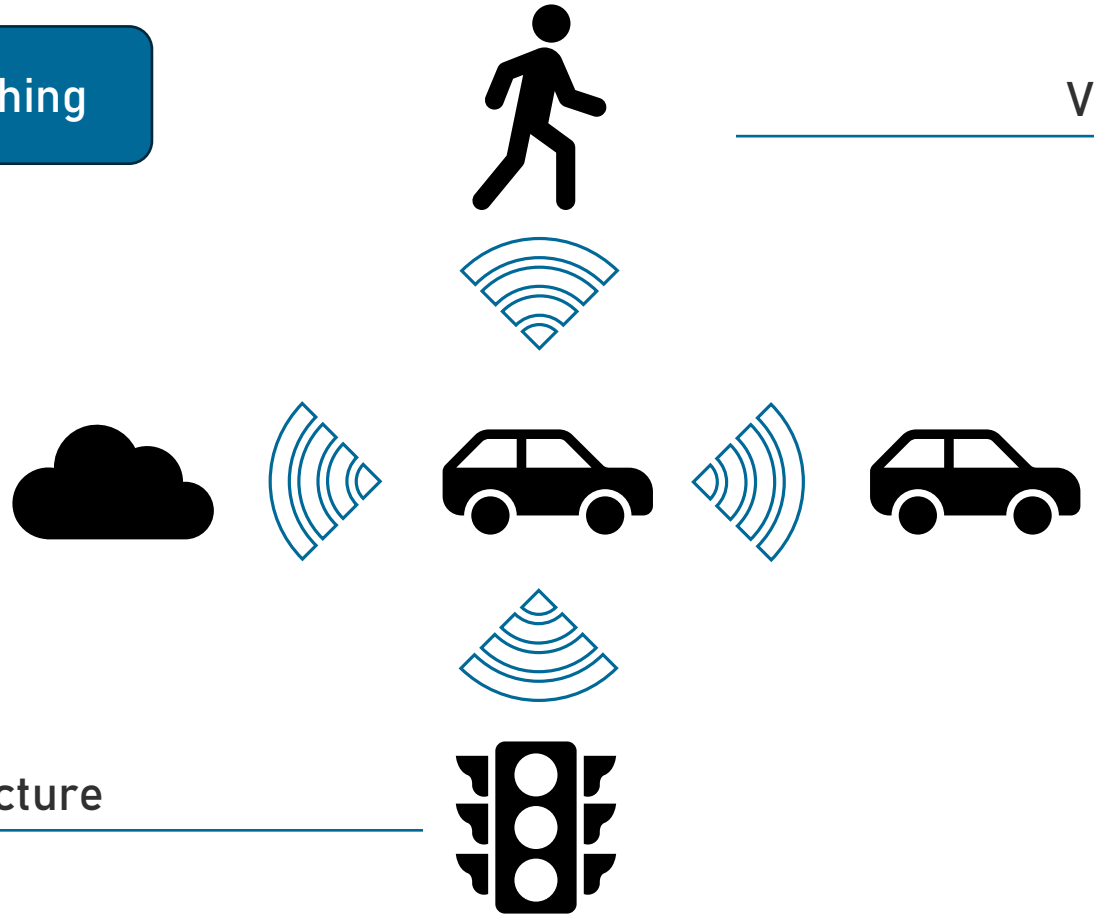
Gefördert von
Ministerium für Umwelt,
Naturschutz und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen

TECHNOLOGIE

Ausprägungen von V2X-Kommunikation

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

V2X – Vehicle to everything



V2P – Vehicle to pedestrian

V2C – Vehicle to cloud

V2V – Vehicle to vehicle

V2I – Vehicle to infrastructure

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

TECHNOLOGIE

Unterschiedliche Technologien zur Vernetzung: Die Kommunikation kann entweder direkt oder indirekt erfolgen

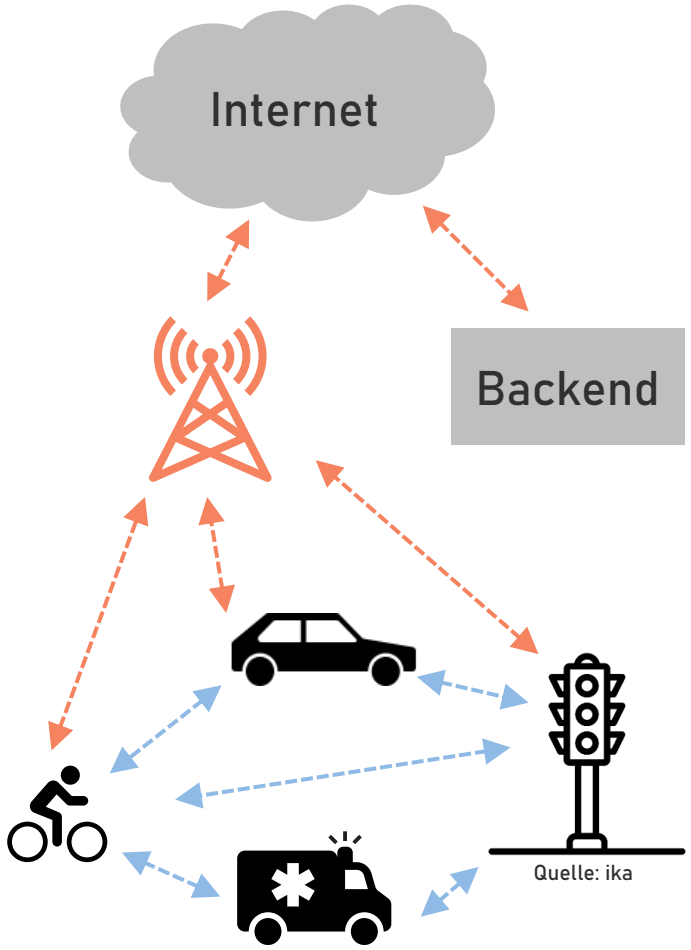
Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Direkte Kommunikation

- Limitierte Reichweite (–)
- Geringe Latenz (+)
- ITS-G5 (Europa) / DSRC (USA) basierend auf pWLAN-Standard (IEEE 802.11p)
- C-V2X auf Basis von Mobilfunk mit PC5-Sidelink-Schnittstelle

Indirekte Kommunikation

- Unbegrenzte Reichweite (+)
- Erhöhte Latenz durch Zwischeninstanz und Distanz (–)
- C-V2X auf Basis von Mobilfunk mit Uu-Schnittstelle



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

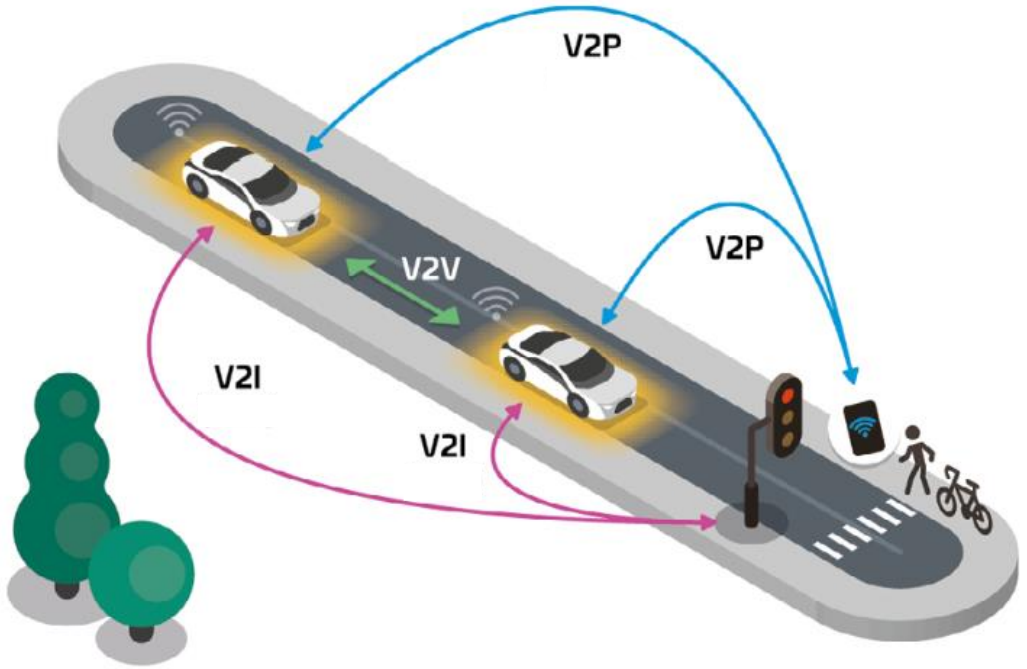
TECHNOLOGIE

ITS-G5 / DSRC: Direkte Kommunikation basierend auf WLAN-Standard

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

ITS-G5 / DSRC

- Standardisiert in Europa durch ETSI (European Telecommunications Standards Institute)
- Direkte Kommunikation zwischen Endpunkten oh Zwischeninstanz
- Hopping: Weiterleitung einer Information über me Fahrzeuge hinweg
- 5,9 GHz Frequenzband
- Beruht auf dem pWLAN-Standard nach IEEE 802. Fahrzeugvernetzung
- Standardisiert seit 2010
- Reichweite bis zu 800 m
- Hardware: Kommunikationsmodule (WiFi) als On-Board-Unit (Fahrzeug) und Roadside-Unit (Infrastruktur)
- Übertragungsrate: 3-27 Mbps bei 10 MHz Bandbreite; 6-54 Mbps bei 20 MHz Bandbreite



Quelle: 5GAA

Vorteil dieser Technologie für Kommunen: Der Betrieb von ITS-G5 / DSRC ist ohne Abhängigkeit von Telekommunikationsunternehmen möglich.

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

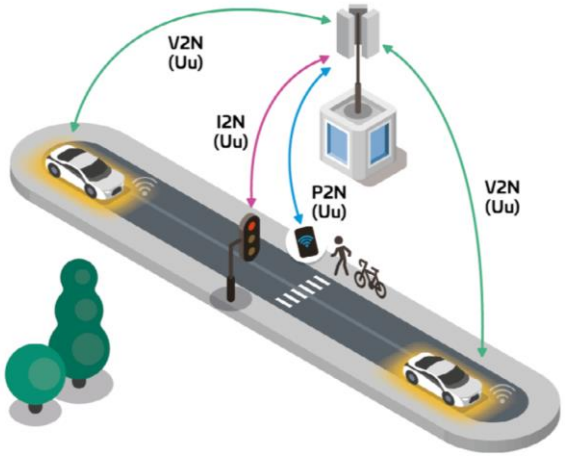
TECHNOLOGIE

Cellular V2X (C-V2X): Direkte/Indirekte Kommunikation basierend auf Mobilfunk-Standard

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

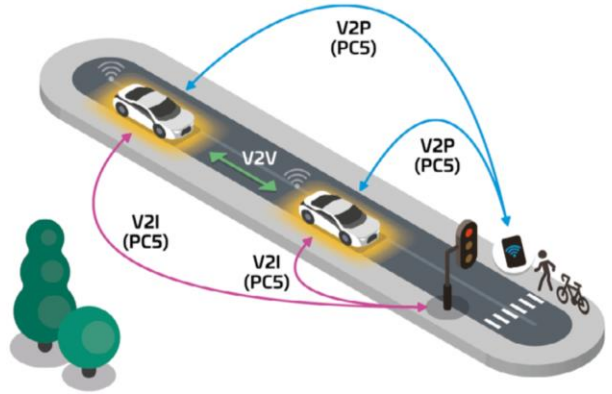
C-V2X (Uu-Schnittstelle) / netzwerkbasiert

- Basiert auf Mobilfunkstandards der 3GPP wie 3G, 4G, 5(
- Indirekte Kommunikation via Mobilfunk über zentrale Zwischeninstanz
- Unlimitierte Reichweite
- Hardware: Mobilfunkmodule mit eSIM (in der EU verpflichtend für Neuwagen seit 2018)

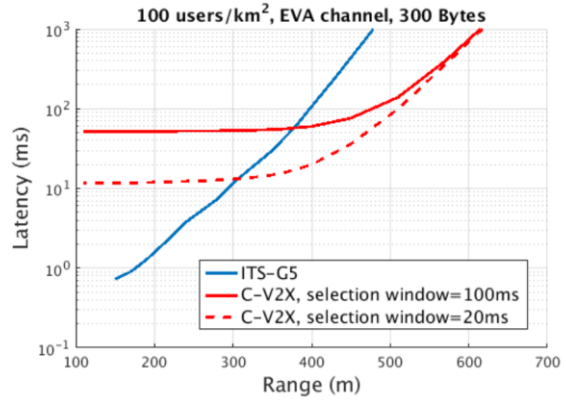


C-V2X (PC5-Sidelink-Schnittstelle)

- Direkte mobilfunkbasierte Datenübertragung
- 5.9 GHz Frequenzband
- Unabhängig von Mobilfunkstation und -netzwerk
- Hardware: Mobilfunkmodule, die den Standard unterstützen, mit eSIM



Quelle: 5GAA



Latenz als Funktion über die Reichweite – C-V2X vs. ITS-G5; Quelle: IEEE

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

TECHNOLOGIE

Beispiel für hardwareseitige Umsetzung der Kommunikationsstandards

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

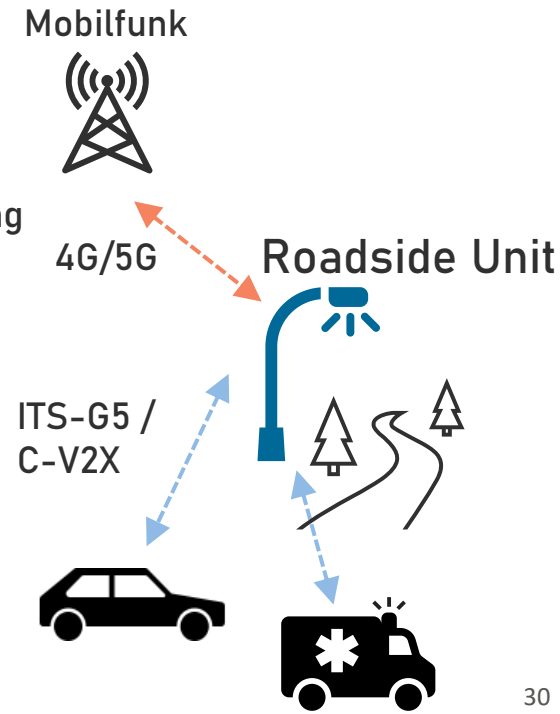
Roadside Unit (RSU)

Aus mehreren Komponenten bestehende Einheit, die entlang von Straßen und Autobahnen installiert wird, um die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Verkehrs-infrastruktur zu ermöglichen

Mögliche Komponenten:

- Netzwerkkomponenten
- Funkmodul
- Sensorik zur Umfelderfassung

[Siehe auch Definition der ETSI zu Roadside ITS station in EN 302 665 - V1.1.1]



Funkmodul

Komponente einer RSU zur bidirektionalen Kommunikation mit den Teilnehmenden des Mobilitätssystems:

- Unterstützt die Standards ITS-G5 (DSRC) und/oder C-V2X zur V2X-Kommunikation
- Kommunikation:
  - Einerseits mit Teilnehmenden des Mobilitätssystems
  - Andererseits über das Internet verbunden mit Server-Backends
- Beispielhafte Anwendung: Versenden und Empfangen von standardisierten Nachrichten; Versenden von Positionsdaten, Objektlisten oder sonstigen Mobilitätsdaten an Server-Backends
- Liste mit Anbietern der Hardware auf der folgenden Folie

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

TECHNOLOGIE

Beispiel für hardwareseitige Umsetzung der Kommunikationsstandards

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Mögliche Anbieter von Funkmodulen für RSU

- Cohda Wireless aus Australien
  - MK6 RSU: Unterstützt DSRC/ITS-G5, C-V2X, 4G/5G
- nfiniity aus Deutschland
  - CUBE V2X Module: Unterstützt DSRC/ITS-G5, C-V2X, 4G
- Keysight aus den USA
  - WaveBee V2X RSU: Unterstützt DSRC/ITS-G5, C-V2X
- Yunex Traffic aus Deutschland
  - Roadside Unit 2X: Unterstützt DSRC/ITS-G5, C-V2X, 4G
- ZERO aus Deutschland
  - V2X Node: Unterstützt C-V2X, 4G/5G
- Ettifos aus den USA
  - Prometheus V2X RSU: Unterstützt DSRC/ITS-G5, C-V2X, 4G/5G

Quelle: Cohda Wireless

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

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

04 STANDARDISIERUNG

NACHRICHTENFORMATE UND C-ITS-DIENSTE

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

STANDARDISIERUNG

Organisationen beschäftigen sich mit der Standardisierung von Kommunikationsprotokollen und Nachrichtenformaten

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Konnektivität zwischen allen Verkehrsteilnehmern erfordert hersteller-, plattform- und produktunabhängige, standardisierte Kommunikationsprotokolle und Nachrichtenformate

Zwei Organisationen, die sich mit der Standardisierung von Kommunikationsprotokollen und Nachrichtenformaten beschäftigen:

<u>European Telecommunications Standards Institute (ETSI)</u>

- Europäische Normungsorganisation: Entwickelt Normen für Informations- und Kommunikationstechnologien
- Standardisierung von Telekommunikationsnetzen, -systemen und -diensten
- Standards basierend auf der ITS-G5-Technologie entwickelt: U.a. standardisierte Nachrichtenformate für V2X-Kommunikation (ETSI EN 302-637)

<u>The 3rd Generation Partnership Project (3GPP)</u>

- Kooperation von Standardisierungsgremien für Standardisierung von Mobilfunk
- Partner des Projekts ist u.a. ETSI
- Entwicklung globaler Standards für Mobilfunknetze (z.B. 4G, 5G)
- Verantwortlich für die Standardisierung von Cellular V2X (C-V2X) → Unter Verwendung von 4G LTE, 5G

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

STANDARDISIERUNG

Ansatz zur Standardisierung: ETSI ITS-Nachrichtenformate

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Die ETSI bietet eine Reihe von technischen Spezifikationen für Nachrichtenformate, die in C-ITS zum Einsatz kommen können. Sie adressieren die Kommunikation z.B. zwischen Fahrzeugen, Lichtsignalanlagen, Wechselverkehrszeichen und Baustelleneinrichtungen, um die Verkehrssicherheit zu erhöhen, Unfälle zu verhindern und den Verkehrsfluss zu verbessern. Im Folgenden ist ein Auszug der Nachrichtenformate der ETSI dargestellt:

Quelle: BSI Bund

- CAM: Cooperative Awareness Message
  - Position und Zustandsinformationen des Fahrzeugs
- DENM: Decentralized Environmental Notification Message
  - Informationen über Gefährdungen oder gewisse Verkehrszustände (z.B. Stau)
- MAPEM: MAP (topology) Extended Message
  - Informationen über die Straßen- und Spurtopologie (z.B. einer Kreuzung)
- IVIM: Infrastructure to Vehicle Information Message
  - Inhalt von Verkehrsschildern
- SPATEM: Signal Phase And Timing Extended Message
  - Informationen über die Ampelphase und das zugehörige Timing jeder Phase

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

STANDARDISIERUNG

Ansatz zur Standardisierung von C-ITS-Diensten gemäß C-Roads Germany

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität innocam.NRW

Der Rollout von C-ITS in Deutschland wird u.a. durch den Einsatz von C-ITS-Diensten im Rahmen nationaler Aktivitäten von C-Roads gefördert. Die C-ITS-Dienste werden über verschiedene Pilotstandorte verteilt, umgesetzt und von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) harmonisiert. Im Folgenden ist ein Auszug der (implementierten und geplanten) C-ITS-Dienste in Deutschland dargestellt:

- RWW: Roadworks Warning
  - Warnung vor Baustellen
- VRU: Vulnerable Road User Protection
  - Warnsystem für vulnerable Verkehrsteilnehmer
- MVW: Maintainence Vehicle Warning
  - Warnung vor Fahrzeugen des Straßenbetriebsdienstes
- EVA: Emergency Vehicle Approaching
  - Warnung vor Einsatzfahrzeugen
- IVS: In-Vehicle Signage
  - Informationen über statische und dynamische Straßenverkehrszeichen
- GLOSA: Green Light Optimal Speed Advisory
  - Optimale Geschwindigkeiten zur Abpassung von Grünphase
- TJW: Traffic Jam Ahead Warning
  - Warnung vor vorausgehenden Staus

Quelle: C-Roads Germany

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

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

05 UMSETZUNG

STAKEHOLDER, REALISIERTE ANWENDUNGEN, FORSCHUNGSPROJEKTE

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

UMSETZUNG

Stakeholder in Gesellschaft, Wirtschaft und Forschung

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Stakeholder

Gesellschaft

- Regierungsbehörden
  - Verkehrsministerien
  - Datenschutzbehörden
- Kommunalverwaltung
  - Öffentliche Sicherheitsbehörden
  - Städtische Verkehrsbehörden
- Nichtregierungsorganisationen (NGOs)
  - Umweltschutzorganisationen
  - Verkehrssicherheitsorganisationen
- Normungsorganisationen
- Straßenbetreiber

Wirtschaft

- Automobilsteller (OEM) und –zulieferer (Tier-X)
- Logistik- und Transportunternehmen, Mobilitätsanbieter
- Technologieunternehmen
  - Telekommunikationsunternehmen
  - Softwareentwickler
  - IT-Service-Provider
- Infrastrukturunternehmen
  - Infrastrukturbetreiber
  - Hersteller von Infrastruktur

Forschung

- Universitäten und Forschungseinrichtungen
- Förderungseinrichtungen / Fördermittelgeber
- Forschungskonsortien

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

UMSETZUNG

Bedeutung von V2X-Vernetzung für verschiedene Stakeholder

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Beispielhafte Interessen verschiedener Stakeholder

Gesellschaft

- Verkehrssicherheit: Gefahrenwarnungen, Warnung von VRU, Priorisierung von Einsatzfahrzeugen/VRU, Koordination sicherer Manöver
- Effizienz: Bessere Entscheidungen über Routen und Geschwindigkeiten (z.B. zur Vermeidung von Staus), Verkehrslageermittlung, intelligente bedarfsgerechte Steuerung von Ampeln
- Komfort: Bereitstellung von Routenoptimierung, Parkraummanagement, Steigerung der Attraktivität des ÖPNV, von Zufußgehen und von Radfahren (z.B. durch Priorisierung an Ampeln)

Wirtschaft

- Entwicklung neuer Services und Features: Durch Vernetzung entstehen neue Märkte und Nachfrage nach neuen Technologien.
- Optimierung von Lieferketten: Optimierte vernetzte Liefersysteme steigern die Effizienz von Logistikprozessen.
- Infrastrukturanbieter: Neue Märkte und Absatzmöglichkeiten
- Mobilitätsdienstleister: Neue Geschäftsmodelle, bedarfsgerechte Sharing-Modelle
- Profit durch Effizienzsteigerung: Reduzierte CO2-Emissionen, Verkauf von CO2-Zertifikaten

Forschung

- Innovative Erkenntnisse auf Grundlage der Sammlung von Datensätzen
- Nutzen der Datengrundlage zur Erforschung neuer Funktionen zur Verbesserung von Verkehrssicherheit und –effizienz (genauere Modelle/Simulation von Verkehrssystemen)
- Entwicklung und Validierung neuer Algorithmen für Verkehrsmanagement
- Harmonisierung von Datenformaten und Kommunikation: Daher Unterstützung bei der Standardisierung und Entwicklung von Kommunikationsprotokollen
- Erforschung neuer KI-gestützter Methoden für Verkehrsprognosen und -studien

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

UMSETZUNG

Stakeholder: Konsortien aus Gesellschaft, Wirtschaft und Forschung

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

CAR 2 CAR Communication Consortium (C2C-CC)

- Konsortium aus europäischen und internationalen Fahrzeugherstellen, Zulieferern, Straßenbetreibern und Forschungsinstitutionen
- Erforschung und Entwicklung von C-ITS-Lösungen
- Motivation ist die Harmonisierung und Förderung von C-ITS

Quelle: C2C-CC

CAR 2 CAR COMMUNICATION CONSORTIUM

Connected, Cooperative and Automated Mobility (CCAM)

- Verband mit mehr als 200 Stakeholdern aus Industrie, Forschung und Politik
- Ziel: Beschleunigung der Entwicklung und des Einsatzes neuer Technologien im Bereich automatisierter und vernetzter Mobilität
- Ziel: Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit europäischer Unternehmen

Quelle: CCAM

CCAM
CONNECTED, COOPERATIVE & AUTOMATED MOBILITY

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

UMSETZUNG

Stakeholder: Konsortien aus Gesellschaft, Wirtschaft und Forschung

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

The Connected Vehicle Systems Alliance (COVESA)

- Offene, kollaborative Technologieallianz mit Organisationen aus aller Welt
- Ziel: Vorantreiben gemeinsamer Ansätze und innovativer Technologien für vernetzte Fahrzeugsysteme
- Schaffen eines vielfältigen, nachhaltigen und integrierten Mobilitätsökosystems

Quelle: COVESA

COVESA

Connected Motorcycle Consortium (CMC)

- Zusammenschluss von Herstellern, Zulieferern, Forschenden und Verbänden
- Ziel ist es, motorisierte Zweiräder (Motorräder und Roller) in die zukünftige vernetzte Mobilität zu integrieren.
- Gemeinnützige Organisation zur Förderung und Entwicklung kooperativer intelligenter Transportsysteme (C-ITS) weltweit

Quelle: CMC

Connected Motorcycle Consortium

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

UMSETZUNG

Stakeholder: Konsortien aus Gesellschaft, Wirtschaft und Forschung

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

C-Roads

- Zusammenschluss europäischer Mitgliedsstaaten und Straßenbetreiber
- Implementierung und Testen von C-ITS-Diensten in Europa
- Erstellung von Spezifizierungen zur Anwendung in Europa
- Ziel: Interoperabilität und Harmonisierung der C-ITS-Dienste

Quelle: C-Roads

C-ROADS

National Access Point Coordination Organisation for Europe (NAPCORE)

- Organisation zur Koordinierung und Harmonisierung von mehr als 30 Mobilitätsdatenplattformen in ganz Europa (National Access Points – NAP)
- NAP: Digitale Ebene zum Informations- und Datenaustausch für verschiedene Ebenen des Verkehrs in Europa
- Forderung nach offenen und gemeinsamen Normen und Schnittstellen zum Datenaustausch

Quelle: NAPCORE

napcore

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

UMSETZUNG

Mobilithek: Deutschlands Implementierung eines Nationalen Zugangspunktes (NAP) für Mobilitätsdaten (1/2)

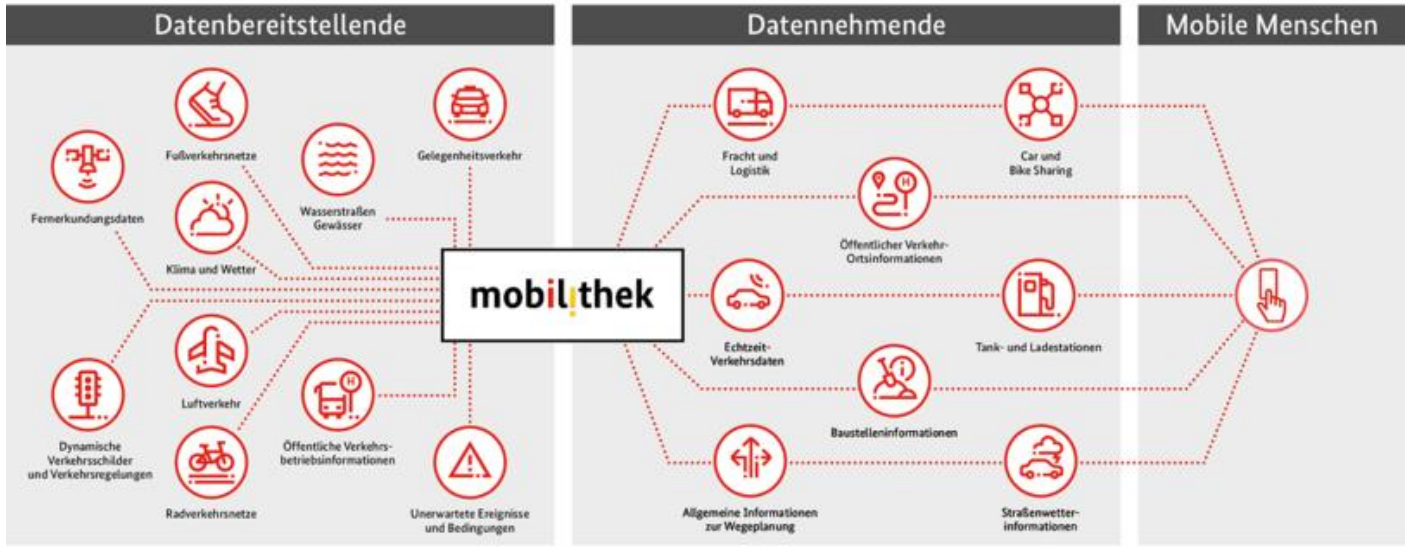
Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Mobilithek

- Mobilithek als nationaler Zugangspunkt (siehe National Access Point) für Mobilitätsdaten
- Deutschlands Plattform zum Austausch digitaler Informationen von Mobilitätsanbietern, Infrastrukturbetreibern und Verkehrsbehörden sowie Informationsanbietern
- Bereitgestellt durch das BMDV
- Zugang über mobilithek.info
- Datenangebot der Mobilithek auf der nächsten Folie

Quelle: Mobilithek

mobilithek



Quelle: Mobilithek

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

UMSETZUNG

Mobilithek: Deutschlands Implementierung eines Nationalen Zugangspunktes (NAP) für Mobilitätsdaten (2/2)

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

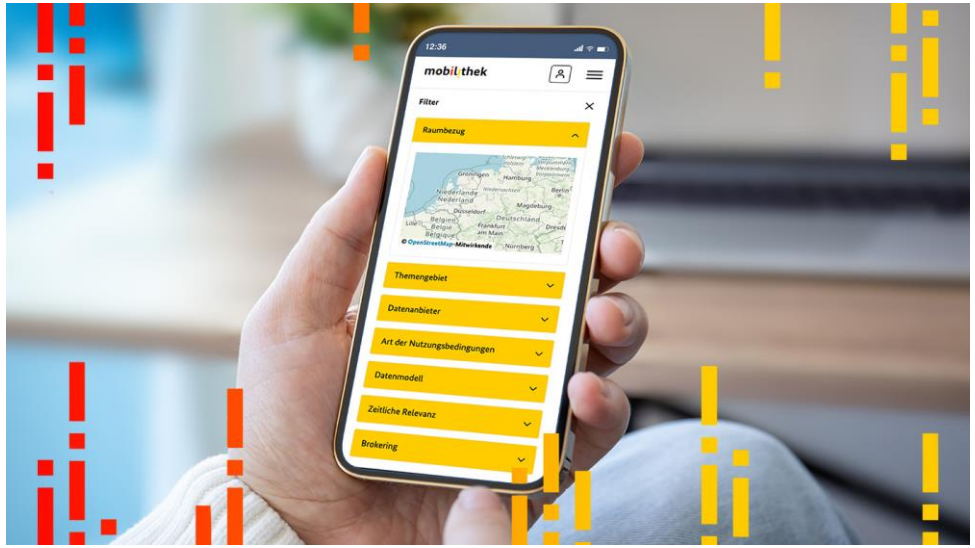
Datenangebot der Mobilithek

- Statische Mobilitätsdaten: Zum Beispiel Informationen über Verkehrsnetze, Fahrpläne oder Tarifinformationen
- Dynamische Mobilitätsdaten: Echtzeitdaten, wie zum Beispiel zur Verspätung von Bussen und Bahnen, zum Verkehrsaufkommen oder zur Verfügbarkeit von Sharing-Angeboten und Parkplätzen; Daten der kommunalen Lichtsignalschaltung und Baustellen
- Metadaten: Zur Beschreibung der bereitgestellten Daten; enthalten Informationen zur bereitstellenden Organisation und den Bedingungen zur Weiterverarbeitung der Daten

Quelle: Mobilithek

mobilithek

Quelle: Mobilithek



Nutzungsbedingungen

- Im Spektrum von Lizenzfreiheit über offene Lizenzen bis hin zu vertraglichen Regelungen
- Sowohl freie als auch eingeschränkte bis hin zu kostenpflichtiger Nutzung möglich

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

UMSETZUNG

Realisierte Anwendungen (1): C-CALL von GEVAS software GmbH

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

C-CALL: Software für zentralenbasierte Priorisierung

- Software für Verkehrsbeschleunigung unter Berücksichtigung beliebiger Nutzergruppen
- Beispielhafte Anwendung: Gezielte Beschleunigung des ÖPNV an Ampeln → Erhöhung der Effizienz für Verkehrsbetriebe, Attraktivitätssteigerung des ÖPNV
- C-CALL implementiert „zentralenbasierte Priorisierung [von Verkehrsteilnehmern] auf der Grundlage der gemeldeten Positions- und Fahrtdaten“
- Positionsdaten bereitgestellt durch: Zentrale, Smartphone-App, On-Board-Units, Roadside-Units
- Benutzerschnittstelle: Anzeigen von Informationen z.B. zu erfolgten Priorisierungen sowie Reiseverläufen

ÖPNV

- Reduzierung von **Verlustzeiten**
- Reduzierung von **Treibstoff** und **Emissionen**
- Erhöhung der **Attraktivität** (MIV/ÖV Reisezeitverhältnis)
- Berücksichtigung von **Verspätung** sowie **Fahrgastauslastung**

Sondereinsatz-fahrzeuge

- Reduzierung **Fahrzeit** zum Einsatzort
- Erhöhte **Verkehrssicherheit** aller Verkehrsteilnehmer während der Einsatzfahrt
- Verringerung der Stärke des **verkehrlichen Eingriffs** gegenüber Disponenten

Radverkehr

- Erhöhung des **Fahrkomforts** durch Reduzierung unnötiger Stopps
- Förderung des Modal Shift zum **Radverkehr** (Stadtbild, Emissionen)
- Bereitstellung **zusätzlicher Informationen** an die Lichtsignalanlagen-Steuerung

KFZ-Verkehr

- Erhöhung des **Fahrkomforts** durch Reduzierung von unnötiger Stopps
- Reduzierung **Emissionen**
- Bereitstellung zusätzlicher **Informationen** an die Lichtsignalanlagen-Steuerung

GEVAS software

Quelle: GEVAS

Quelle: GEVAS C-CALL

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

UMSETZUNG

Realisierte Anwendungen (2): Intelligente Lösungen für VRU von YUNEX Traffic

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

YUNEX Traffic

- Entwicklung und Vertrieb von (End-to-End-)Lösungen für intelligente Verkehrssysteme
- YuBike:
  - „Grüne Welle“ für Radfahrende
  - Per Smartphone-App werden Radfahrende an Ampeln bevorzugt behandelt → App informiert Nutzende über beteiligte Ampeln entlang einer Route
- Verkehrsdetektoren an „smarten Kreuzungen“:
  - U.a. Detektion von Fußgängern und Radfahrern mittels Sensorik und KI-gestützter Detektoren
  - Anbindung an Verkehrsmanagementsysteme

YUNEX TRAFFIC Quelle: YUNEX Traffic

Quelle: YUNEX Traffic

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

UMSETZUNG

Realisierte Anwendungen (3): Baustellenwarnsystem von ADAC und Autobahn GmbH

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität innocam.NRW

<u>Baustellenwarnsystem auf deutschen Autobahnen</u>

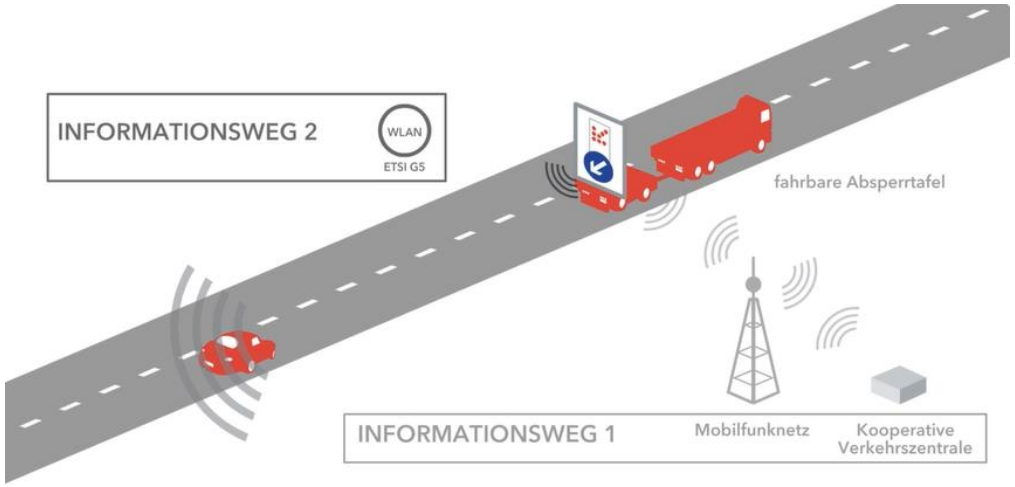
- Baustellenwarnsystem wird ermöglicht durch die Vernetzung von Fahrzeugen mit Infrastruktur an Autobahnen.
- Der Baustellenwarner als C-ITS-Dienst befindet sich flächendeckend bundesweit im Rollout durch die Autobahn GmbH .
- Deutschlandweiter Regelbetrieb: Baustellenabsicherungsanhänger werden mit Kommunikationseinheiten für V2X-Kommunikation (ITS-G5) ausgestattet.
- Zusammenarbeit zwischen Autobahn GmbH und ADAC:
  - Ausstattung von ADAC-Straßenwacht-Fahrzeugen mit Kommunikationseinheiten
  - Übermittlung von gemeldeten Pannenstellen an Verkehrszentralen der Autobahn GmbH

Die Autobahn

Quelle: Die Autobahn

ADAC

Quelle: ADAC



Quelle: Die Autobahn

Quellen: ADAC, Die Autobahn, Die Autobahn

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

UMSETZUNG

Realisierte Anwendungen (4): Umsetzung von V2X-Vernetzung durch Automobilhersteller

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Audi Online Traffic Information

- V2I: Information über Ampelstatus und Verkehrszeichen über indirekte Mobilfunkkommunikation (LTE/4G)
- Benötigt C-V2X-fähige Infrastruktur: In 4 Städten Deutschlands an ausgewählten Kreuzungen umgesetzt

Mercedes-Benz Car-to-X

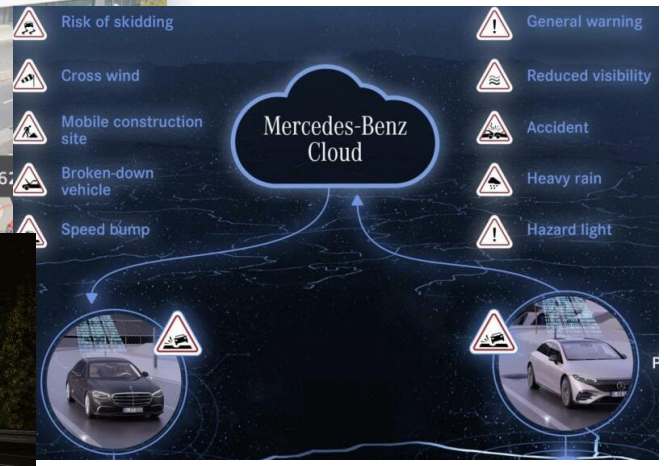
- Erkennung und Verteilung von sicherheitsrelevanten Informationen über Mercedes-Benz-Cloud über indirekte Mobilfunkkommunikation (LTE/4G)
- Geschlossenes System mit proprietärem Nachrichtenformat

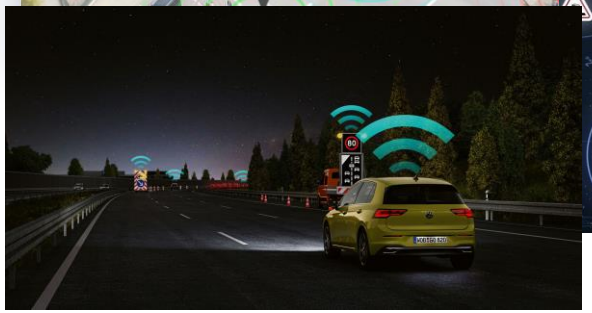
Volkswagen Car2X

- Direktkommunikation über ITS-G5 (pWLAN) mit allen Fahrzeugen / Infrastruktur, die den Standard unterstützen
- Versand und Empfang von standardisierten ETSI ITS-Nachrichten

Quelle: Audi TTS

Quelle: eeNews Europe





Quelle: Volkswagen

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

UMSETZUNG

Umsetzung V2X-Vernetzung in Serie: ADAC-Hersteller-Umfrage 2024

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Hersteller	Modelle / Baureihen	Anzahl Fahrzeuge* (Stand 04/2024)	Übertragungstechnik**
Volkswagen	Golf, Tiguan, Passat, Modelle der ID. Familie, Cupra Born	Über 1 Mio. mit ITS-G5 Außerdem: Ausstattung diverser Baureihen mit Mobilfunk	direkt: ITS-G5 indirekt: 4G/5G
Mercedes-Benz	Diverse Baureihen, abhängig von Ausstattung (u.a. PKW und Transporter mit Navigation)	Keine Angabe	indirekt: 4G/5G
BMW	Diverse Baureihen	Weltweit über 22 Mio. Fahrzeuge mit Mobilfunk	indirekt: 4G/5G
Audi	Serienmäßig	Keine Angabe	indirekt: 4G/5G
Volvo	Serienmäßig	Keine Angabe	indirekt: 4G/5G

Daten aus Quelle: ADAC Hersteller-Umfrage 2024

* Fahrzeuge in Deutschland zugelassen
** 5G in Zukunft

Fazit der Hersteller-Umfrage:
- Einige Automobilhersteller verfolgen teilweise eigene Lösungen statt einheitlicher Standards.
- Warnungen vor Gefahrenstellen vielfach nur an Fahrzeuge der eigenen Marke
- Die EU-standardisierte Direktkommunikation via ITS-G5 wird bisher nur von wenigen Herstellern verwendet.

Handlungsempfehlung: Es ist notwendig, einheitliche Standards zu vereinbaren, damit Verkehrsteilnehmer effektiv und ohne proprietäre Systemgrenzen untereinander sowie mit der Infrastruktur, wie beispielsweise mit Wechselverkehrszeichen oder temporären Baustelleneinrichtungen der Autobahn GmbH, kommunizieren können.

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

UMSETZUNG

Laufende Forschungsprojekte gefördert durch das BMDV (Liste unvollständig): Automatisierung und Vernetzung im ÖPNV

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

MINGA: Münchens automatisierter Nahverkehr mit Ridepooling, Solobus und Bus-Platoons

- Aufbau neuer, innovativer, flexibler und kundenorientierter Angebote, die Fahrgäste bequem, umsteigefrei und autonom befördern, sogenannte On-Demand-Verkehre (ODM)
- Projektvolumen: 20,08 Mio. Euro
- Projektlaufzeit: 2,75 Jahre

AHOI: Automatisierung des Hamburger On-Demand-Angebots mit Integration in den ÖPNV

- Erforschung und Umsetzung bisher nicht gelöster Aufgaben rund um den Betrieb einer gemischten Flotte aus manuell gesteuerten und autonomen Fahrzeugen im On-Demand-Betrieb sowie dem Aufbau einer zugehörigen Leitstelle
- Projektvolumen: 37,02 Mio. Euro
- Projektlaufzeit: 2,75 Jahre

NoWeL4: NordWestraum Level 4

- Anbindung des Nordwestens Berlins durch den Einsatz einer Flotte selbstfahrender Shuttles an den konventionellen ÖPNV
- Projektvolumen: 17,16 Mio. Euro
- Projektlaufzeit: 2,75 Jahre

APR: Autonomer People Mover Regensburg

- Ziel ist es, die verschiedenen sozialen und technischen Aspekte, welche für das Erreichen einer höheren Automatisierungsstufe notwendig sind, zu erforschen und zu verstehen
- Projektvolumen: 4,80 Mio. Euro
- Projektlaufzeit: 2,25 Jahre

KIRA: KI-basierter Regelbetrieb Autonomer On-Demand-Verkehre

- Erstmalige Erforschung von autonomen On-Demand-Flotten im ÖPNV unter verkehrlichen Realbedingungen
- Projektvolumen: 3,28 Mio. Euro
- Projektlaufzeit: 2 Jahre

ALBUS: Integration von drei Autonomen Linien-BUSsen in der Region Hannover

- Integration von drei großen vollautomatisierten (Level 4) Elektrobussen in den regulären ÖV-Betrieb der Region Hannover
- Projektvolumen: 6,28 Mio. Euro
- Projektlaufzeit: 2,75 Jahre

Quelle bzw. vollständige Liste: BMDV - AVF-Projekte

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

UMSETZUNG

Laufende Forschungsprojekte gefördert durch das BMDV (Liste unvollständig): Vernetzung und Kooperation automatisierter Fahrzeuge*

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität innocam.NRW

* Inklusive Lastenräder im Falle des Projektes HELIOS

SMO-II: Shuttle-Modellregion Oberfranken II

- Erforschung der KI-unterstützten ganzheitlichen Automatisierung des Transportvorgangs und der Digitalisierung möglichst aller Abläufe rund um die Mobilitätskette
- Projektvolumen: 14,77 Mio. Euro
- Projektlaufzeit: 2,5 Jahre

KoSi

KoSi: Kooperatives Autonomes Fahren mit Sicherheitsgarantien

- Neuartiger Ansatz, in dem automatisierte Fahrzeuge Fahrstrategien kooperativ abstimmen, die anschließend optimiert und verifiziert werden
- Projektvolumen: 2,54 Mio. Euro
- Projektlaufzeit: 2,25 Jahre

HELIOS SMART MOBILITY

HELIOS: Hochautomatisiertes Lastenrad für symbiotische Mobilität in urbanen und suburbanen Umgebungen

- Intelligente Integration automatisierter Lastenräder in den innerstädtischen Verkehr für das Konzept einer „symbiotischen Mobilität“
- Projektvolumen: 1,55 Mio. Euro
- Projektlaufzeit: 2,25 Jahre

KIS‘M DIGITALES TESTFELD STADTVERKEHR

KIS‘M: KI-basiertes System für vernetzte Mobilität

- Experimentelle Umsetzung eines fahrerlosen Bedarfsverkehrs; Entwicklung sicherer und zuverlässiger Abläufe für die technische Aufsicht; Vernetzung und Kooperation automatisierter Fahrzeuge
- Projektvolumen: 9,25 Mio. Euro
- Projektlaufzeit: 3,25 Jahre

ÖV-LeitmotiF-KI

ÖV-LeitmotiF-KI:

- Entwicklung eines sicherheitsgerechten und standardisierten Referenzmodells für die Integration von AF der Automatisierungsstufe 4 und höher in den ÖV
- Projektvolumen: 3,69 Mio. Euro
- Projektlaufzeit: 2,5 Jahre

LEAF

LEAF: Ländliche Erschließung mit autonomen Fahrzeugen

- Einsatz autonom fahrender Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr im ländlichen Raum; Probebetrieb in zwei Landkreisen mit einem gemeinsamen technischen Operator
- Projektvolumen: 5,15 Mio. Euro
- Projektlaufzeit: 3,75 Jahre

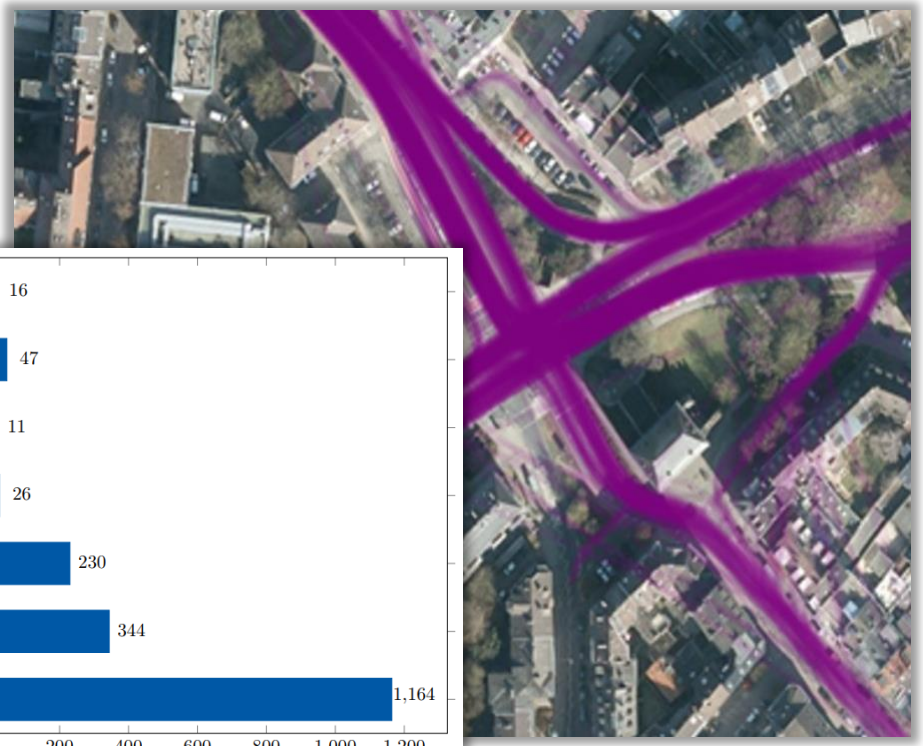
Quelle bzw. vollständige Liste: BMDV - AVF-Projekte

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

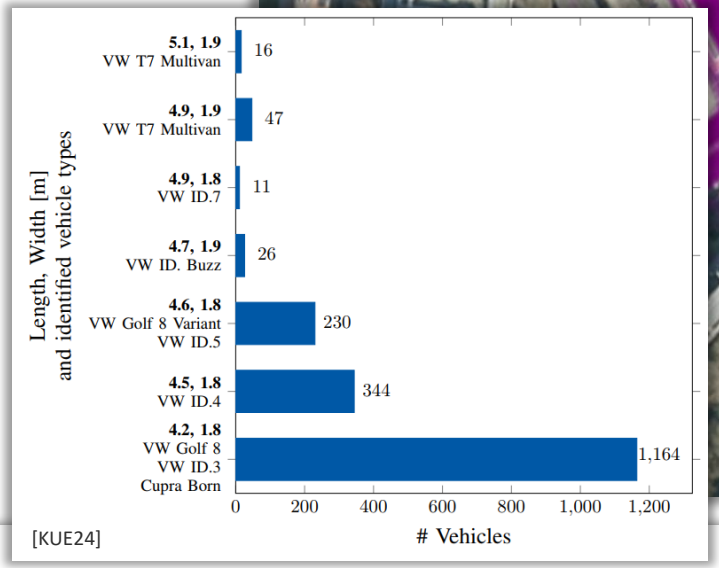
UMSETZUNG

Beispiel für Forschungsaktivität: V2AIX Datensatz mit ETSI ITS-Nachrichten

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

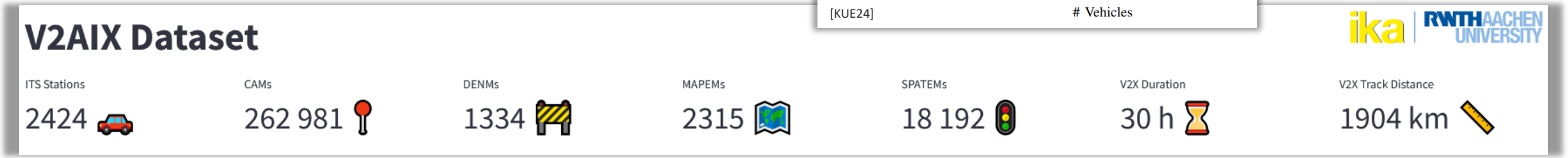


Quelle: [KUE24]



V2AIX Datensatz

- Multimodaler Realdatensatz mit im öffentlichen Verkehr gesammelten ETSI-ITS-Nachrichten
- V2X-Nachrichten wurden über ITS-G5-Technologie aufgezeichnet
  - ➢ Hauptsächlich gesendet von VW-Fahrzeugen sowie V2X-fähiger Infrastruktur
- Über 284.000 gesammelte V2X-Nachrichten
- Entstanden im Rahmen der Projekte Althena (gefördert von Horizon Europe der EU), 6GEM und autotech.agil (gefördert durch BMBF)



ika | RWTH AACHEN UNIVERSITY

Quelle: V2AIX Datensatz

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

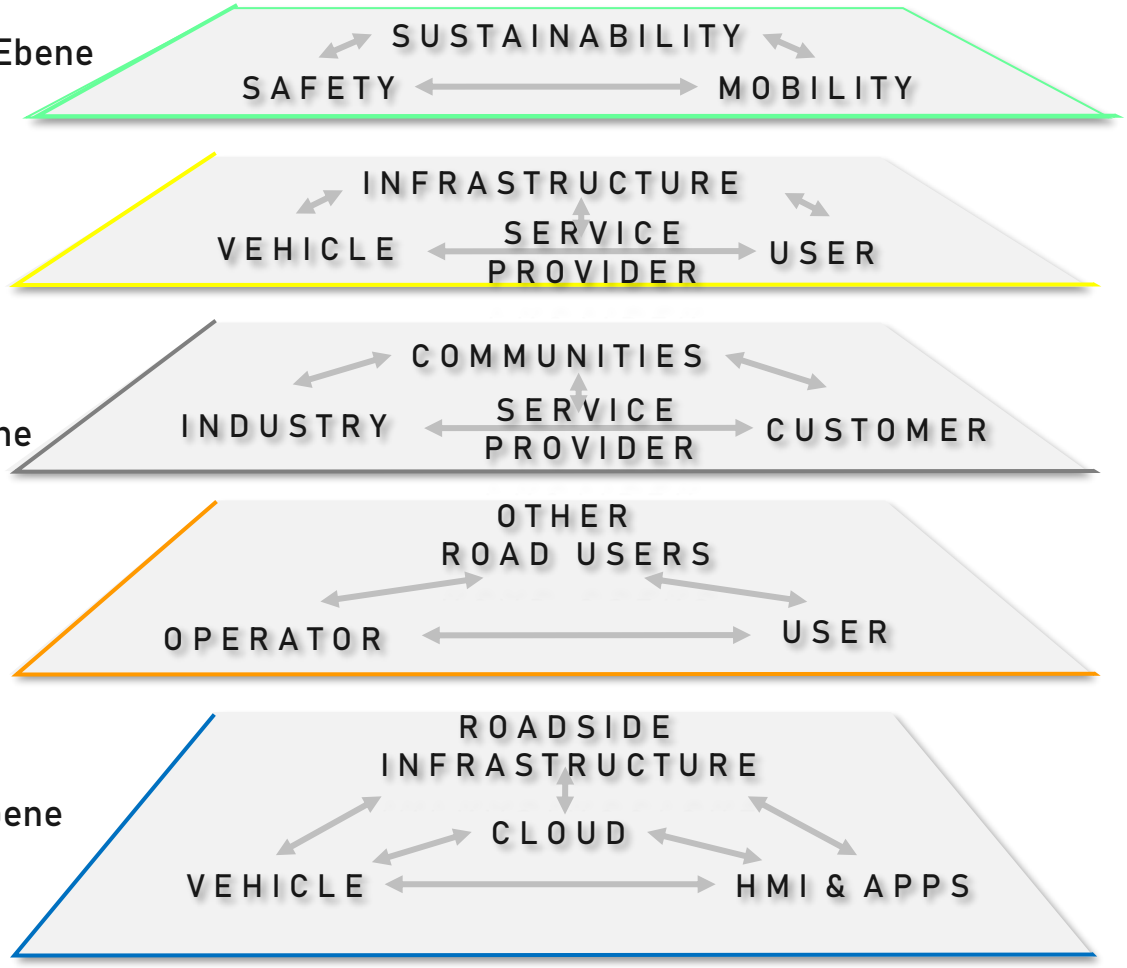
06 FAZIT

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

FAZIT

Es lassen sich bereits einige positive Entwicklungen hin zu vernetzter Mobilität identifizieren

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW



Quelle: Lutz Eckstein

AVM bietet großes gesellschaftliches Potential, sowohl im Hinblick auf die Steigerung von Verkehrssicherheit und -effizienz als auch hinsichtlich der Volkswirtschaft

Es wurden rechtliche Rahmenbedingungen zur Verarbeitung personenbezogener Daten bzw. zur Bereitstellung von Mobilitätsdaten geschaffen.

Zahlreiche laufende (öffentlich geförderte) Forschungsprojekte im Bereich vernetzter Mobilität

Zahlreiche V2X-Dienste bereits in der Anwendung – zum Beispiel: Priorisierung von Nutzergruppen, Schutz von Fußgängern und Radfahrern, Gefahrenwarnsysteme, Mobilitätsdashboard

Organisationen und Konsortien setzen sich für grenzüberschreitende Harmonisierung von C-ITS-Diensten ein.

Es gibt Bemühungen um einheitliche Standards: Zum Beispiel ETSI ITS-Nachrichten und Technologien wie ITS-G5 und C-V2X

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

FAZIT

Vernetzung bietet hohes Potential für alle Verkehrsteilnehmer – doch es sind noch einige Schritte zur flächendeckenden Umsetzung notwendig

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Entfaltung des Potentials vernetzter Mobilität

- Vernetzte Mobilität verbreitet sich bereits heute an vielen Stellen und macht den Verkehr sicherer, intelligenter und effizienter.
- Das volle Potential von V2X-Kommunikation entfaltet sich erst bei flächendeckender Vernetzung möglichst vieler Verkehrsteilnehmer sowie der Infrastruktur.
- Eine umfängliche Vernetzung fällt aufgrund fehlender Einigung auf einheitliche Technologiestandards schwer:
  - V2X-Kommunikation ist bei einigen OEM noch nicht serienmäßig bzw. es werden teilweise proprietäre Lösungen verfolgt.
  - Die zur Aufrüstung der Infrastruktur notwendigen Investitionen werden aufgrund von technologischen Unsicherheiten nur zurückhaltend getätigt.

Forderungen und Empfehlungen

- Forderungen des Umweltbundesamtes: [Broschüre zur Digitalisierung und Automatisierung im Verkehr]
  - Interoperabilität (Standardisierung von Kommunikationstechnik und von Nachrichtenprotokollen) und verbindliche Standards für Schnittstellen (Datenaustauschformate und -protokolle)
- Konkrete Empfehlungen und Maßnahmen im Rahmen einer europäischen Strategie für Connected, Cooperative, and Automated Mobility (CCAM): [ITS-CCAM der EU, EUR-Lex der EU]
  - Eine der Hauptinitiativen: Festlegung und Weiterentwicklung eines Mindeststandards für die V2X-Kommunikation (Nennung von ETSI ITS-G5)
  - Bei der Entwicklung und Erweiterung von V2X-Standards spielen Normungsorganisationen wie die ETSI eine Schlüsselrolle.

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

Kompetenznetzwerk
automatisierte und
vernetzte Mobilität
innocam.NRW

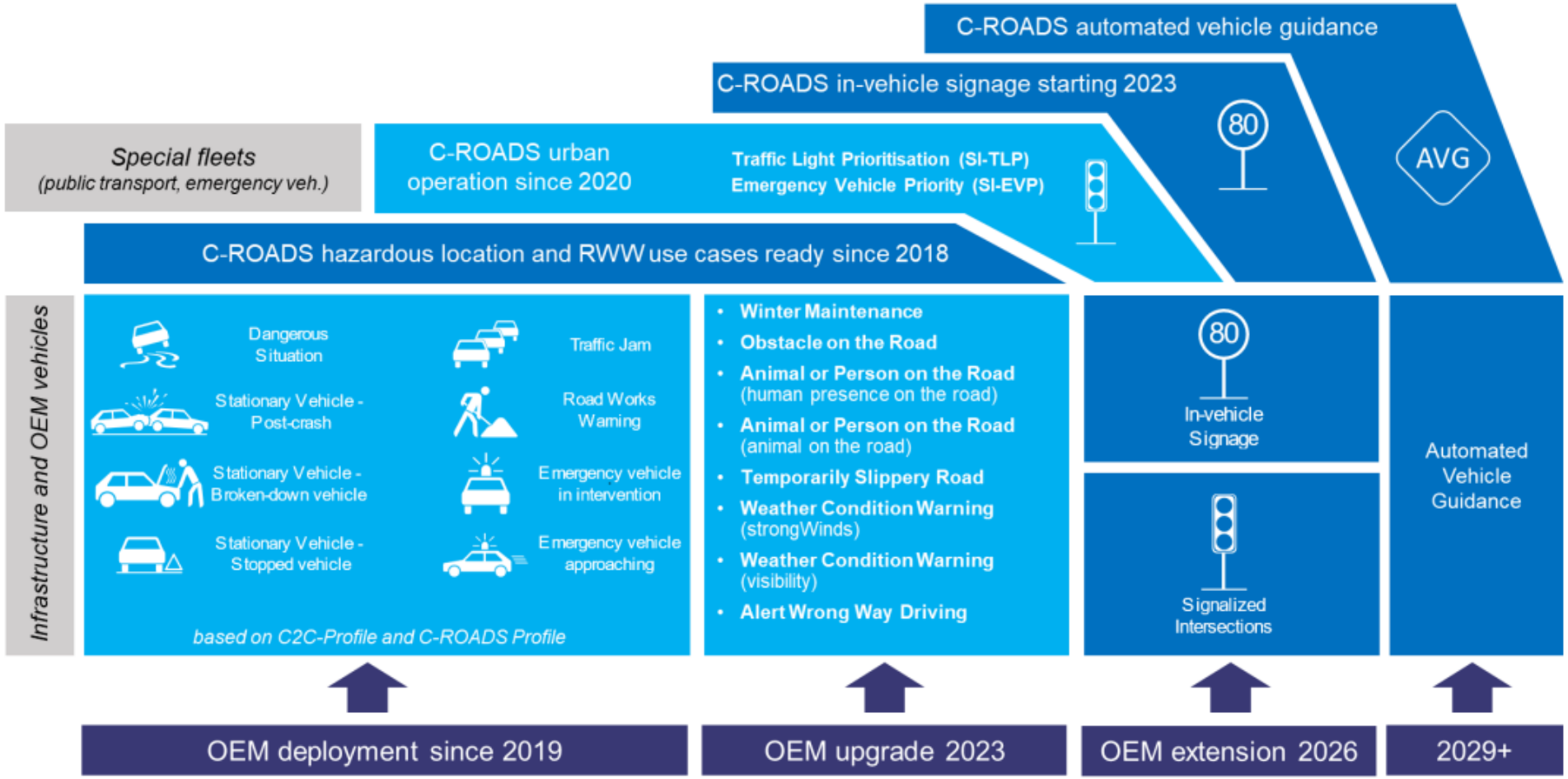
ANHANG

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

ANHANG

Roadmap von C-Roads als mögliche Informationsquelle hinsichtlich (zukünftiger) Entwicklungen von C-ITS-Anwendungsfällen

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW



Seit dem Rollout erster C-ITS-Anwendungsfälle informiert C-Roads über zukünftige C-ITS-Anwendungsfälle in Form einer Roadmap. Es sind unter anderem Anwendungsfälle unter Berücksichtigung von ÖPNV und Einsatzfahrzeugen enthalten.

Quelle: C-Roads C-ITS-Roadmap (veröffentlicht am 18.04.2024)

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

ANHANG

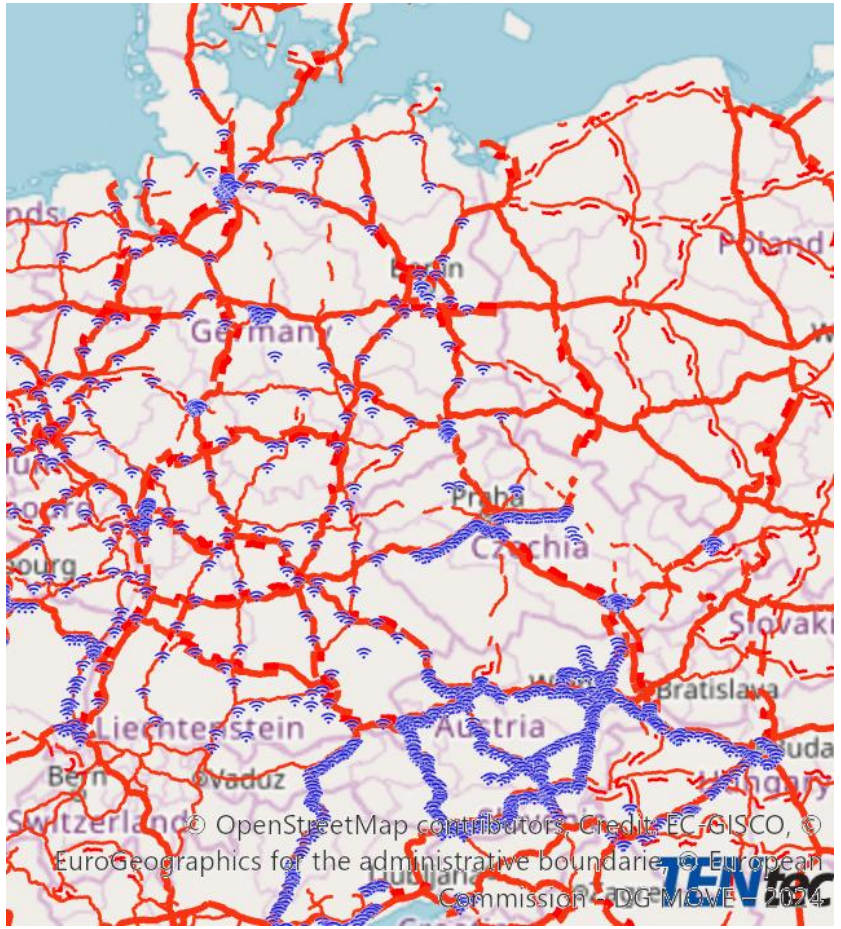
TENtec der Europäischen Kommission als mögliche Informationsquelle bzgl. der Verbreitung von Roadside Units in Europa

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Quelle: TENtec Public Portal (Stand 05.2024)

TENtec der Europäischen Kommission

- TENtec: Informationssystem der Europäischen Kommission zur Unterstützung des TEN-T (Trans-European Transport Network)
- TENtec Public Portal mit Interactive Map enthält „C-ITS stations“ (mit Ort und C-ITS-Diensten)
  - „C-ITS stations“: Infrastruktur ausgestattet mit ITS-G5-Technologie und entsprechend den Spezifikationen von C-Roads (nicht enthalten: Infrastruktur basierend auf Mobilfunk)
  - Informationen kommen von Mitgliedstaaten, die an der C-Roads-Plattform teilnehmen
  - Entwicklung und Umsetzung des C-ITS-Netzwerks mitfinanziert von der Europäischen Kommission im Rahmen des CEF-Programms
    - CEF (Connecting Europe Facility): Finanzierungsinstrument der EU *



Installierte „C-ITS stations“ blau markiert

* CEF Connecting Europe Facility

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

KONTAKT

Kompetenznetzwerk automatisierte und vernetzte Mobilität
innocam.NRW

Leitung Arbeitskreis Straße

Lukas Zanger
+49 241 8025630
lukas.zanger@innocam.nrw

Innovationsmanager

Matthis Hötter
+49 241 8023548
matthis.hoetter@innocam.nrw

Leitung der Geschäftsstelle

Janice Sievers
+49 162 4861673
janice.sievers@innocam.nrw

Wissenschaftlicher Leiter

Univ. -Prof. Dr. –Ing. Lutz Eckstein
info@innocam.nrw

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