



© metamorworks | Shutterstock

# Mehr Verkehrssicherheit durch V2X-Informationsaustausch

## AUTOREN



**Dr. Gerd Schmitz**  
ist Geschäftsführer der  
S.E.A. Datentechnik GmbH  
in Troisdorf.



**Dr. Jonas Weinen**  
ist Leiter V2X-Testsysteme bei  
der S.E.A. Datentechnik GmbH  
in Troisdorf.

Die Vernetzung des eigenen Fahrzeugs mit anderen Verkehrsteilnehmern und der Infrastruktur eröffnet neue Möglichkeiten der Datenübertragung über die Cloud. Damit lassen sich Komfort und Verkehrssicherheit weiter steigern. S.E.A. Datentechnik hat zusammengestellt, welche Konzepte verfolgt werden, und gibt eine Einschätzung, welchen Reifegrad sie für die Serieneinführung haben.

### CONNECTED MOBILITY

Die weltweit zunehmende Mobilität trifft auf eine überlastete Infrastruktur und den Wunsch nach immer höherem Komfort und mehr Sicherheit. Gleichzeitig gibt es eine rasante Entwicklung der Kommunikationsmöglichkeiten auf Basis neuer Technologien. Das Schlagwort Connected Car – das Fahrzeug, das mit seiner Umwelt ständig Informationen austauscht – steht für eine der Technologien zur disruptiven Veränderung und Verbesserung der Verkehrswelt. Über Funkverbindungen stehen dem Fahrer umfangreiche Infotainmentfunktionen zur Verfügung; das Fahr-

zeug kann Updates der Firmware, Verkehrsinformationen zur Steuerung des Verkehrsflusses oder hochpräzise Karten für autonomes Fahren empfangen. Die Übertragung von Sensordaten des Fahrzeugs in die Infrastruktur (Cloud), zum Beispiel zur Verbesserung des Kartenmaterials, ist in Vorbereitung.

Diese Funktionen des weitgehend überregionalen Informationsaustauschs sind typischerweise nicht zeitkritisch, erfordern aber teils hohe Bandbreiten zur Übertragung großer Datenmengen. Die existierenden (3G, 4G) oder insbesondere kommenden (5G) Mobilfunktechnologien stellen diese Eigenschaften bereit.

### V2X-KOMMUNIKATION

Ein weiterer wichtiger Baustein des Connected-Vehicle-Ansatzes ist die sogenannte Vehicle-to-X-Kommunikation (V2X, Vehicle-to-Everything). Diese hat im Gegensatz zu den zuvor genannten Infotainmentfunktionen als grundlegende Zielsetzung die Verbesserung der Verkehrssicherheit und des Verkehrs-

flusses auf kurzen Distanzen (bis circa 600 m). Im V2X-Konzept (X = V (Fahrzeug), M (Motorrad), P (Fußgänger/Pedestrian), I (Infrastruktur), N (Netzwerk)) sendet jeder Teilnehmer seine Zustandsdaten über Direktkommunikation in Echtzeit mit geringer Latenz. Diese versendeten Nachrichten ermöglichen es jedem V2X-Teilnehmer, eine ständig aktuelle Verkehrssituationskarte der Umgebung zu erzeugen, die kurzfristige Entscheidungen ermöglicht. Spezielle V2X-Infrastrukturkomponenten geben Informationen weiter, die über die nähere Umgebung hinausreichen (zum Beispiel Verkehrsfluss), oder kommunizieren mit der Verkehrsinfrastruktur (etwa Ampeln). Diese Funktionen werden und können auch in Zukunft teilweise durch Mobilfunkkommunikation wahrgenommen werden, während die sicherheitskritische Direktkommunikation auch außerhalb der Mobilfunkabdeckung funktioniert.

## ANFORDERUNGEN

Standardisierte Übertragungsmedien (Frequenzbänder), Übertragungsverfahren (Protokolle), Nachrichteninhalte und Kontrollmechanismen sind wesentliche Voraussetzungen für V2X. Das grundlegende Konzept des Informationsaustauschs ist der zyklische oder ereignisbasierte Versand des aktuellen Zustands eines Verkehrsobjekts (Broadcasting) ohne den Aufbau eines Netzwerks. Dies erlaubt eine schnelle, verwaltungsfreie Informationsübertragung. Die ersten V2X-Anwendungen (sogenannte Day One Use Cases) dienen der Fahrerinformation. Für zukünftig geplante Anwendungen des sogenannten Cooperative Autonomous Driving ist der gezielte Austausch von

Informationen zwischen zwei oder mehreren Fahrzeugen erforderlich, zum Beispiel für das Fahren im Konvoi (Platooning) oder beim Einfädeln auf der Autobahn (Cooperative Maneuvering). Zusätzlich können zukünftig über V2X auch Sensordaten zwischen den Fahrzeugen ausgetauscht werden, um Sicherheit und Qualität autonomer Fahrentscheidungen zu verbessern (Cooperative Sensing) [1]. Hierzu sind zusätzliche Funktionen sowie mittelfristig verbesserte Robustheit, geringere Latenz und erhöhter Datendurchsatz in der V2X-Kommunikation erforderlich. Eine spezielle Situation bei der V2X-Kommunikation sind Kanaleffekte bei der Radiofrequenz(RF)-Übertragung, die durch die Umgebung (Topografie, Bebauung), atmosphärische Effekte (unter anderem Wetter) und Geschwindigkeitseffekte (Doppler-Verschiebung) entstehen. Diese beeinträchtigen die Empfangsqualität und müssen vom Übertragungsverfahren und bei der Prozessor-entwicklung berücksichtigt werden.

Zusätzlich stellen Situationen mit hoher Verkehrsdichte und damit einer Vielzahl von Sendern eine Herausforderung dar. Dies kann zu einer Überlastung des Kommunikationskanals (Congestion) führen und muss im V2X-Gesamtkonzept gelöst werden. Hierzu sind unterschiedliche Kontrollmechanismen in verschiedenen Protokollschichten, wie die Reduktion der Nachrichtenerzeugung bei hoher Last, in den Standards definiert. Sicherheit, Integrität und Datenschutz sind entscheidende Bestandteile der V2X-Standarddefinitionen. Die Authentizität von V2X-Nachrichten wird durch Signaturen gewährleistet, im Hintergrund steht ein aufwendiges Zertifikatsmanagement.

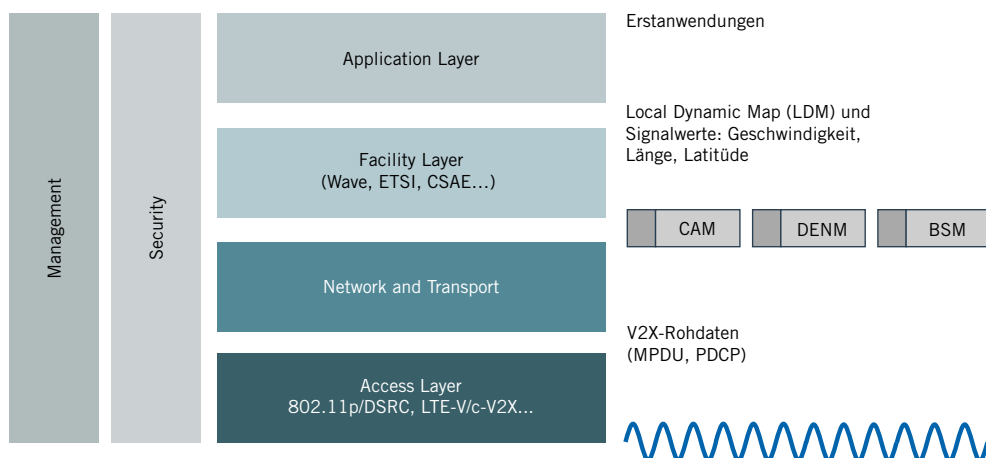
## SYSTEMSTRUKTUR

Die V2X-Informationsverarbeitung ist in einer Schichtstruktur mit jeweils festgelegten Schnittstellen definiert. **BILD 1** zeigt die Schichten in einer stark vereinfachten Form. Die meist strikt modulare Definition ermöglicht den Austausch einzelner Module wie des Access Layers durch alternative Technologien sowie die Testbarkeit auf Modulebene.

## KOMMUNIKATIONSSTANDARDS (ACCESS LAYER)

Der direkte, robuste Echtzeit-Informationsaustausch zwischen den Verkehrsteilnehmern erfordert angepasste Kommunikationstechnik und festgelegte Frequenzbänder. Ende der 1990er-Jahre wurden Frequenzen im Bereich zwischen 5,850 und 5,925 GHz exklusiv für die V2X-Kommunikation vorgesehen und reserviert. Aktuell gibt es in den USA eine Initiative der Federal Communications Commission (FCC) zur Reduktion dieses Bereichs zugunsten einer Erweiterung des WLAN-Frequenzbands. Zwei Kommunikationsstandards zur V2X-Datenübertragung konkurrieren weltweit [2]: das 802.11p-Protokoll, in den USA auch DSRC (Dedicated Short Range Communication) genannt, und das aus dem Mobilfunkstandard LTE abgeleitete LTE-V2X, häufig auch als c-V2X bezeichnet. Für beide Technologien sind zukünftige Verbesserungen in Vorbereitung. Als Nachfolger von 802.11p wird derzeit der neue Standard 802.11bd definiert, c-V2X wird auch die 5G-NR-Technologie umfassen (3GPP Release 16 im Jahr 2020) [3].

Das 802.11p-Protokoll wurde im Jahr 2010 für den V2X-Einsatz als IEEE-Stan-



**BILD 1** Schematische Struktur des V2X-Modells (© S.E.A. Datentechnik)

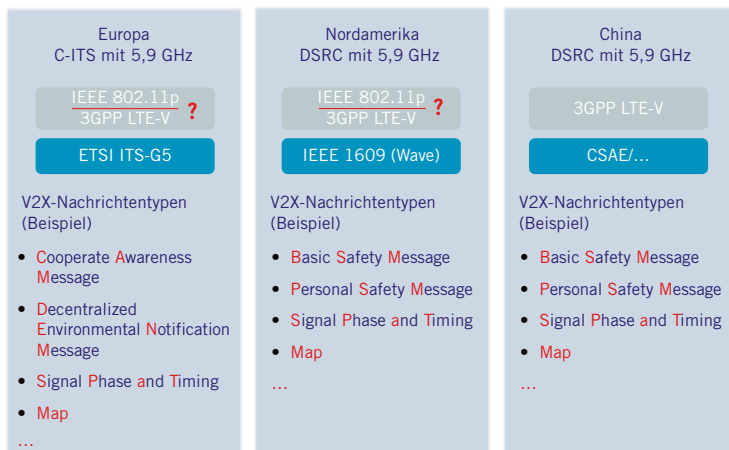


BILD 2 Übersicht der regionalen V2X-Standards (© S.E.A. Datentechnik)

dard definiert. Dieses Protokoll ist eine angepasste Variante der WLAN-Technologie 802.11a. Bei 802.11p werden Nachrichtenpakete mit 10 oder 20 MHz Bandbreite von einem Sender nach dem CSMA/CA-Verfahren (Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance) versendet. Dies bedeutet vereinfacht: Vor dem Versenden einer Nachricht prüft der Sender, ob das Medium frei ist. Wird eine Belegung festgestellt, erfolgt nach einer kurzen zufälligen Zeit eine erneute Prüfung und bei freiem Medium die Versendung. Auf diese Weise wird vermieden, dass es zu einer gestörten Übertragung durch mehrere Sender kommt. Jeder Sender (Fahrzeug) versendet seine Nachricht ereignisbasiert und damit zeitlich unsynchronisiert.

Als Alternative zu 802.11p wurde 2016 vom Mobilfunk-Standardisierungsgremium 3GPP die auf LTE basierende Technologie Cellular-V2X (c-V2X) spezifiziert. Der Kommunikationsstandard wird mit LTE-V2X bezeichnet. Dieser Standard erweitert LTE für die direkte Kommunikation ohne Infrastruktur (Mode 4, sidelink) beziehungsweise mithilfe der Koordination durch eine Basisstation (eNB, Funkzelle) (Mode 3). In beiden Fällen erfolgt die Kommunikation zwischen den Verkehrsteilnehmern direkt über das sogenannte PC5-Interface. Aktuell findet überwiegend der im 3GPP-Standard-Release 14 definierte Mode 4 Verwendung.

Ein wesentlicher Unterschied von LTE-V2X ist die für LTE typische zeitlich synchronisierte Übertragung der Nachrichten. Der Datenaustausch erfolgt im Millisekundenraster. Ein Sender benutzt für eine Paketübertragung einen oder mehrere der

verfügbaren Subcarrier. Kollisionen werden vermieden, indem die Teilnehmer im LTE-V2X Mode 4 versuchen, auf Basis der erfassten Subcarrieraktivität der vorhergehenden Zyklen sozusagen zu erraten, welcher Subcarrier nicht verwendet werden wird, und nutzen diesen für die eigene Übertragung im kommenden Zeitfenster. Bei diesem periodischen zeitbasierten Verfahren wird das Zeitsignal eines GNSS-Empfängers (beispielsweise GPS oder Galileo) als exakter Taktgeber verwendet. Auch eine direkte Synchronisierung ohne GNSS-Signal ist grundsätzlich möglich.

**NACHRICHTENEBENE**

Die Flusssteuerung und inhaltliche Bearbeitung der V2X-Informationen erfolgen

im Layer Network and Transport sowie im übergeordneten Facility Layer. Hier werden die V2X-Nachrichten verarbeitet. Diese Schichten sind für unterschiedliche globale Regionen durch Standardgremien (EU: ETSI ITS-G5, USA: SAE Wave; China: CSAE) definiert, BILD 2. Sie liefern die Sprache, Semantik und Grammatik des Informationsaustauschs. Die teilweise harmonisierten, aber inkompatiblen Standards definieren Nachrichtenstruktur/-Inhalte und Senderverhalten.

Die Steuerung der Kommunikation (zum Beispiel Senderate, Weiterleitung, Priorisierung) des Nachrichtenaustauschs erfolgt im Layer Network and Transport. Typischerweise sendet jeder Teilnehmer seine Daten mit 1 bis 10 Hz. Der Facility Layer definiert den standardkonformen Aufbau der Nachrichtenpakete. Er stellt den Applikationen die extrahierten Inhalte zur Verfügung, beziehungsweise nimmt die Inhalte von ihnen entgegen und kümmert sich mit den untergeordneten Schichten um den Versand.

**ANWENDUNGEN**

Der Schwerpunkt der V2X-Anwendungen liegt auf der Steigerung der Sicherheit. V2X kann vor allen Dingen dort sinnvoll unterstützen, wo die Sicht des Fahrers oder von Sensoren der Fahrerassistenzsysteme wie Radar, Lidar oder Kameras eingeschränkt ist. V2X-Erstanwendungen, BILD 3, beschreiben typische kritische Verkehrssituationen und die gewünschten Verhaltenswei-

Erstanwendungen (C-ITS)	
1	Elektronisches Notfallbremslicht
2	Annäherung Einsatzfahrzeug
3	Langsame oder stehende Fahrzeuge
4	Warnung vor Stauende
5	Benachrichtigung über Gefahrenstelle
6	Warnung vor Baustellen
7	Wetterbedingungen
8	Übertragung der Beschilderung ins Fahrzeug
9	Übertragung der Geschwindigkeitsbegrenzung ins Fahrzeug
10	Abfrage von Fahrzeugdaten
11	Dämpfung von Schockwellen
12	Geschwindigkeitsempfehlung für grün (Green Light Optimal Speed Advisory, GLOSA)/Ampelwartezeit (Time To Green, TTG)
13	Rotlichtverstoß/Kreuzungssicherheit
14	Anforderung Ampelvorrang durch bestimmte Fahrzeuge

BILD 3 Erste europäische Anwendungen gemäß European Telecommunications Standards Institute (ETSI) [4] (© S.E.A. Datentechnik)

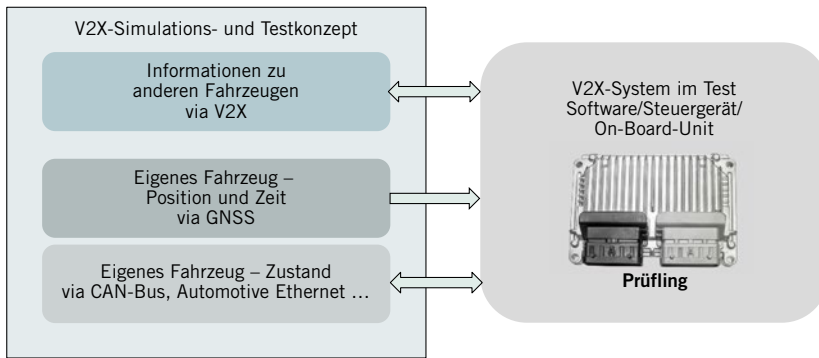


BILD 4 V2X-Testsystem für Funktionstests (schematisch) © S.E.A. Datentechnik

sen der implementierten V2X-Applikationen, die zu Beginn der Einführung zur Verfügung stehen sollen.

### TESTUMFÄNGE

Die V2X-Kommunikation ist in ihrer Gesamtheit eine mehrschichtige, komplexe Technologie. Tests der unterschiedlichen Schichten-RF oder Protokolle stellen unterschiedlichste Anforderungen [5]. RF-Testsysteme für das V2X-Umfeld adressieren zum Beispiel die automatisierte Prüfung der Compliance der Funkchnittstelle mit den Vorgaben der Standards (etwa 3GPP für LTE-V2X) und den gesetzlichen Regelungen der jeweiligen Region. Der funktionale Test eines Systems oder Steuergeräts mit V2X-Applikationen erfordert die reproduzierbare Simulation realer Verkehrssituationen im Labor durch zeithaltige Simulation verschiedener Signale, **BILD 4**: Verkehrsszenario (V2X-Verkehrsteilnehmer), Position des Prüflings im Szenario (GNSS-Simulation) und Fahrsituation des Prüflings (Fahrdynamik). Zur Abdeckung der Vielfalt der möglichen Situationen sind automatisierte Prüfsysteme erforderlich.

### IMPLEMENTIERUNGSSTATUS

Alle grundlegenden Definitionen und Technologien der V2X-Kommunikation sind vorhanden. Über Jahre wurden Erfahrungen in einer Vielzahl von Pilotprojekten und Testreihen gesammelt. Kommerzielle Test- und Simulationssysteme zur Validierung und Qualifikation im Labor und im Feldtest stehen zur Verfügung. Derzeit gibt es in keiner Region der Welt eine gesetzliche Vorgabe zum Einsatz von V2X. Bisher hat nur China sich verbindlich auf die Kommunikations-

technologie (c-V2X) festgelegt. In Europa und USA ist die Entscheidung für eine Funktechnologie noch offen. Wenige Automobilhersteller haben bisher erste Modelle mit V2X-Technologie (DSRC) auf den Markt gebracht.

### ZUSAMMENFASSUNG

Die V2X-Technologie wird in Zukunft einen unabdingbaren Beitrag zur Sicherheit und Koordination des Verkehrs sowohl für das fahrgestützte, teilautonome (SAE-Level 1 bis 3) als auch vollautonome Fahren (SAE-Level 4 und 5) leisten. Langfristig wird die V2X-Kommunikation als weitere Informationsquelle neben Sensoren wie Kamera, Radar und Lidar einen wichtigen Beitrag für das autonome Fahren leisten und ein kooperatives Verhalten ermöglichen.

### LITERATURHINWEISE

- [1] Hobert, L.; Festag, A.; Llatser, I.; Altomare, L.; Visintainer, F.; Kovacs, A.: Enhancements of V2X Communication in Support of Cooperative Autonomous Driving. In: IEEE Communications Magazine 53 (2015), S. 64-70
- [2] Shimizu, T.; Kenney, J.; Nakamura, S.; Hongsheng, L.: Comparison of DSRC and LTE-V2X PC5 Mode 4 Performance in High Vehicle Density Scenarios. Paper ID AM-TP2188, 26<sup>th</sup> ITS World Congress, Singapur, 2019
- [3] Naik, G.; Choudhury, B.; Park, J.: IEEE 802.11bd & 5G NR V2X: Evolution of Radio Access Technologies for V2X Communications. In: IEEE Access, Ausgabe 7, S. 70169-70184, 2019
- [4] C-ITS-Plattform (Hrsg.): Final Report January 2016. Online: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf>, aufgerufen am 19.03.2020
- [5] Meinen, A.; Glöckner, S.: Freie Fahrt für V2X, in: Elektronik automotive 02 (2020), S. 30-33



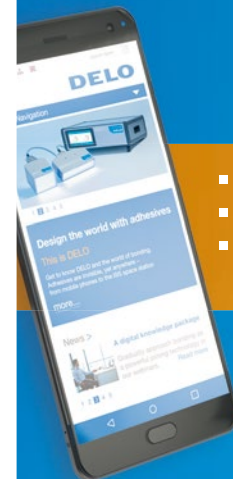
#### READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge:  
[www.ATZelectronics-worldwide.com](http://www.ATZelectronics-worldwide.com)

## Sensorik

# Hochleistungs Klebstoffe

- Fahrerassistenzsysteme
- Antriebsstrangüberwachung
- Optische Sensoren u. v. m.



- Temperatursensor
- IMU-Sensor
- Näherungssensor u. v. m.

Unsere Sensorik-Klebstoffe sind in jedem zweiten Auto und Smartphone. Profitieren auch Sie von diesem Know-How.

Jetzt informieren:

[www.DELO.show/Sensorik](http://www.DELO.show/Sensorik)

# DELO

INDUSTRIE KLEBSTOFFE