

Schwerpunktthema:

Entwicklungen in Nachbarländern bieten Potenziale für Synergien

Themenvertiefung: Telekommunikationstechnologien für Kooperative ITS

Betreut durch: ASTRA

Bericht: 18. Mai 2017

Der Bundesrat ist der Meinung, dass für effizienten Verkehr Vernetzung nötig ist. Um die Technologien für diese Vernetzung ist eine heftige Diskussion ausgebrochen mit einer Vielzahl von Begriffen: ITS-G5, IEEE 802.11p, DSRC, WiFi, Mobilfunk, 5G, 4G, 3G, LTE, GSM. Was bedeuten sie und wie hängen sie zusammen? Mittlerweile zeichnet sich ab, dass WiFi-Technologien einerseits vorhanden sind, andererseits aber den immer steigenden Anforderungen nicht gewachsen sein werden. Für Verkehrsanwendungen sind Mobilfunktechnologien zwar noch nicht ganz bereit und im ersten Umgang teurer, haben aber den Vorteil, dass sie skalierbar sind und mit den schon vorhandenen Mobilfunkanwendungen mitwachsen.

Vertreter:

Markus Riederer

ASTRA, Verkehrs- und Innovationsmanagement, 3003 Bern

markus.riederer@astra.admin.ch

1 Stand und Entwicklung

1.1 Internationale Trends

Die **Consumer Electronics Show (CES)** in Las Vegas läuft weiterhin den konventionellen Automessen wie Detroit den Rang ab, was Automatisierung und Vernetzung von Fahrzeugen betrifft. Im Januar 2017 zeigten weitere etablierte Hersteller vollautomatisierte Fahrzeuge, zumeist auf den Massenmarkt konzentriert, also auf individuellen Besitz hin. Deren Nutzer erwarten, dass sie ihre Apple- und Android-Geräte in ihre Fahrzeuge integrieren können. Die Fahrzeughersteller kommen dem mehr oder weniger begeistert nach und integrieren Apple Car Play und/oder Google Android Auto, dies aber via ihre eigene Lösung SmartDeviceLink, so dass sie weiterhin möglichst umfangreich die Kontrolle über Fahrzeugdaten behalten können [Lardinois 2017]. Der Umgang und die Verarbeitung von Daten war denn auch das andere prominente Thema an der CES.

Das **Verkehrsministerium der USA (DOT)** hat die Vernehmlassung für eine Regulierungsentwurf von automatisiertem Fahren [US DOT 2016] Anfang 2017 abgeschlossen. Darin wurde unter anderem gefordert, dass Hersteller Daten von Versuchen und Betrieb unter gewissen Bedingungen untereinander austauschen. Apple hat sich verhalten positiv zum Entwurf geäußert [Apple 2016]: zwischen den Zeilen befürchten sie, dass der Austausch von Daten die Innovationsbereitschaft bremsen könnte. Apple verlangt zudem ein vereinfachtes Bewilligungsverfahren für Versuche (Apple hat mittlerweile im April 2017 eine Versuchsbevilligung für Kalifornien erhalten). In einem weiteren Schritt haben die US-Behörden einen breit aufgestellten, beratenden Ausschuss für automatisiertes Fahren geschaffen.

Die Vernehmlassung des US DOT für eine obligatorische Vernetzung zwischen Fahrzeugen (**V2V**) [NHTSA 2016] ist Mitte April 2017 abgeschlossen worden. Der Vorschlag beinhaltet keine Anforderungen an die Infrastruktur, beschränkt sich also auf Fahrzeuge. Als Kommunikationstechnologie wird das modifizierte WiFi-Protokoll IEEE 802.11p forciert, andere sollen aber möglich sein.

1.2 EU

Deutschland: Der Bundestag hat am 30.3.2017 einen Gesetzentwurf angenommen, der Änderungen im Strassenverkehrsgesetz vorsieht, um automatisiertes Fahren zu ermöglichen [Bundestag 2017]. Der Entwurf der Regierung ging faktisch nicht über SAE Stufe 2 [SAE 2016] hinaus: die Fahrer hatten weiterhin die Verantwortung. Mit den Änderungen des Bundestags könnten allenfalls Stufe-3-Umsetzungen möglich werden (die Fahrer sollen rechtzeitig zur Uebernahme aufgefordert werden). Der deutsche Bundesrat hat am 12.5.2017 die Vorlage des Bundestages angenommen [D-Bundesrat 299/17].

Strategie C-ITS: Dazu hat sich die EU-Kommission intern abgestimmt [EU COM 2016/766]. Der Bericht vom 30.11.2016 basiert auf den laufenden Arbeiten der C-ITS-Plattform. Er hält fest, dass Automatisierung und Vernetzung zusammen gehören. Letztere soll technologieneutral gestaltet werden im Sinne des Hybridansatzes des ersten Berichts der C-ITS-Plattform [C-ITS 2016]. Grossen Wert wird darauf gelegt, dass schon jetzige Umsetzungen europaweit interoperabel sein sollen. Dazu wurde unter anderem ein Katalog erster Anwendungen aufgeführt.

C-Roads, eine EU-geförderte Plattform für Behörden, will die geforderte Interoperabilität von C-ITS-Umsetzungen koordinieren (www.c-roads.eu). Die Plattform wurde im Dezember 2016 offiziell aus der Taufe gehoben. Das ASTRA ist assoziiertes Mitglied.

ITS-Richtlinie [EC DIR 2010/40]: Sie ist in die Jahre gekommen: zum einen läuft die Kompetenz der EU-Kommission, direkt wirkende Verordnungen (delegierte Rechtsakten) zu erlassen, im August 2017 aus. Die Kommission hat einen Vorschlag zur Verlängerung erarbeitet. Zum anderen haben die Digitalisierung und Automatisierung viele neue Themen aufs Tapet gebracht, so dass eine komplette Ueberarbeitung angebracht ist.

Zugang zu Fahrzeugdaten: Das EU-Parlament hat die Kommission beauftragt, diese Frage zu untersuchen [EC REG 2015/758]. Im Januar 2017 fand dazu ein Workshop aller Beteiligten statt. Leider mauert die Automobilindustrie in dieser Frage noch immer: Daten aus dem Fahrzeug sollen nur über servergestützte Lösungen der Hersteller zur Verfügung stehen. Daten ins Fahrzeug zu senden, soll nur via die Server der Hersteller möglich sein. Die Automobilindustrie begründet das mit Cybersecurity. Aber wäre nicht besser, die IT-Architektur der Fahrzeuge, welche aus den 90iger Jahren stammt (sic!), auf den neusten Stand zu bringen? Eine servergestützte Lösung behindert Neueinsteiger massiv, neue Ideen anzubieten, und somit bleibt die

Auswahl an alternativen Diensten für Fahrzeugbesitzer klein. Die Informationsvermittlung von Seiten Behörden kann durch die Automobilindustrie kontrolliert werden. Denkbar ist, diese Einschränkungen mittels Smartphones zu umgehen. Eine Regulierung durch die EU ist absehbar.

C-ITS-Plattform Phase II: Alle an Kooperativer ITS Interessierte arbeiten unter der Leitung der EU-Kommission weiterhin daran, vernetztes und automatisiertes Fahren in Europa auf die Strasse zu bringen (https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en). Das ASTRA ist prioritär bei folgenden Themen beteiligt:

- **C-ITS und Automatisierung für Städte (Urban):** Viele Anwendungen von C-ITS kennen Städte schon, wie beispielsweise Buspriorisierung, Grüne Welle oder Parkrauminformationen. Sie funktionieren aber grösstenteils isoliert. Mit C-ITS können bestehende Anwendungen untereinander und mit neuen verbunden werden. Mit dieser Idee sollen Städte für C-ITS gewonnen werden.
Auch hier gehen über die Entwicklung der Automatisierung die Ansichten diametral auseinander: einige finden, dass hoch- oder vollautomatisierte Fahrzeuge (also ohne Fahrer) erst 2050 – wenn überhaupt – im Mischverkehr von Städten fahren können, andere weisen auf die vollautomatischen Taxi von Singapur hin, welche kurz vor dem routinemässigen Einsatz stehen würden. Die Einführung hoch- respektive vollautomatischen Fahrens könnte massiv beschleunigt werden mit einer allgemeinen Vernetzung. Einig war man sich, dass Fahrzeug mit SAE Stufe 5 (ohne Einschränkung, ohne Fahrer) sehr viel Entwicklungszeit benötigen, dass aber solche mit SAE Stufe 4 (mit Einschränkungen (z.B. örtlichen), aber ohne Fahrer) recht bald realisiert werden könnten.
- **Sicherheit:** Die Kommunikation zwischen Fahrzeugen selber und mit der Infrastruktur muss vertrauenswürdig sein. Dazu dienen elektronische Zertifikate. Sie funktionieren aber nur Hersteller-, Dienste- und Länder-übergreifend, wenn eine gemeinsame Infrastruktur geschaffen wird: eine sogenannte Public Key Infrastruktur (PKI). Deren Umsetzung soll im Herbst 2017 beginnen. Der nachfolgende Unterhalt der PKI ist ebenso wichtig und so werden die Arbeiten weiterlaufen.
- **Datenschutz:** Im Bericht der Phase I wurde festgehalten, dass Daten aus Fahrzeugen prinzipiell persönlicher Art sind. Deshalb ist das ausdrückliche Einverständnis des Datenursprungs (in der Regel die fahrende Person) nötig. Als Lösung wurde vorgeschlagen, dass Fahrer im Fahrzeug jeweils ihr Einverständnis zur Datenverwendung geben. Das konkret umzusetzen, hat sich nun als zu kompliziert erwiesen. Vom ausdrücklichen Einverständnis kann abgewichen werden, wenn ein öffentliches Interesse vorliegt. Das wäre für gewisse Daten sicher gegeben, nur fehlt dazu die nötige Gesetzesgrundlage. Momentan wird diskutiert, ob ein Vertrag mit allen Beteiligten geschlossen werden soll. Er soll über ein Gesetz organisiert und überwacht werden. Ob dann überhaupt noch ein Vertrag nötig ist, darf bezweifelt werden: ein Gesetz allein könnte genügen, denn ein Vertrag mit allen (also innerhalb der Gesellschaft) ist ja eine möglich Definition eines Gesetzes.
Prinzipiell wird kein Weg daran vorbeiführen, dass Effizienz eines Verkehrssystems und Datenschutz gegeneinander abgewogen werden müssen. Denn ein System funktioniert nur dann effizienter, wenn zusätzliche Informationen zur Verfügung stehen. Beim Verkehr stammen sie aus Fahrzeugen, welche Personen transportieren und somit sind diese Daten immer persönlicher Natur. Zu diesen Fragen steht das ASTRA im Kontakt mit dem Eidgenössischen Datenschutz- und Öffentlichkeitsbeauftragten (EDÖB).
- **Konformität der Ausrüstungen:** Damit C-ITS funktioniert, müssen die Ausrüstungen von Fahrzeugen und Infrastruktur einen Mindeststandard erfüllen und interoperabel sein. Bezüglich Fahrzeugsicherheit wird das heute im Rahmen eines Typenprüfungsverfahrens sichergestellt. Für C-ITS ist eine Selbstzertifizierung anhand von technischen Normen angedacht. Die Arbeiten beschränken sich momentan auf Anwendungen, welchen der Kommunikationsstandard ITS-G5 zugrunde liegt.

Der Bericht zu Phase II ist für den Herbst 2017 vorgesehen.

Conference on Connected and Automated Driving CAD (www.ec-cad-2017.eu): Innerhalb dieser sehr gut besuchten Konferenz diskutierte die EU-Kommission das Thema mit einer breiteren Öffentlichkeit:

- **Gesamtsystem:** CAD wird nur funktionieren, wenn das Gesamtsystem mit all seinen Facetten den politischen Zielen dient. Die Facetten reichen von Individual- zu öffentlichem Verkehr, von letzter Meile zu Langstrecken auf Hochleistungsstrassen, von Eigenbesitz über Sharing zu Flottenbetrieb, und handeln von Fracht und Personen.
- **Die Nutzer im Zentrum:** Für sie müssen die neuen Lösungen stimmen. Das auf den ersten Blick zu poppige Schlagwort "Cocreation of Solutions" ist im heutigen Umfeld von sozialen Medien und technologischen Möglichkeiten durchaus realistisch – so wenn man es denn will. Die Nutzer müssen die neuen Systeme aber erst akzeptieren. Das wird davon abhängen, wie der Datenschutz ausgestaltet wird. Sind

Nutzer bereit, Kompromisse einzugehen für ein besser funktionierendes Verkehrssystem, für eine bessere Durchsetzung von Regeln? Wer trägt welche Verantwortung für das Funktionieren eines Teilsystems wie beispielsweise eines vollautomatisierten Fahrzeuges?

- **Bewegung in der Automobilindustrie:** Renault ist noch immer der Meinung, die Entwicklungskosten für CAD könnten mit dem Massengeschäft mit individuellen Nutzern wieder eingespielt werden. Immerhin bewegen sie sich rhetorisch auf ein gemeinsames CAD-System hin. VW sieht, dass WiFi-Systeme unter Eigenkontrolle (ITS-G5) das Datenaufkommen kaum bewältigen können wird, und räumt deshalb auch Mobilfunk einen Platz ein, und das nicht erst mit 5G-Systemen, sondern auch schon mit 3G/4G-Lösungen. Volvo positionierte sich pointiert: SAE Stufe 3 Fahrzeuge (Fahrer als Rückfallebene bei Problemen) wollen sie überspringen: Personen in Fahrzeugen sollen klar ihrer Verantwortung entbunden werden – Ziel ist SAE Stufe 4 und 5. Datenaustausch ist für Volvo zentral. Er beginnt im Fahrzeug zwischen den einzelnen Sensoren (Sensorfusing) und Systemen, und geht dann weiter hinaus über Fahrzeuge und die Transportsysteme, in denen sie sich bewegen.
- **Daten:** Klar war, dass Daten ausgetauscht werden müssen. Nur wie? Offen oder proprietär, zentral oder verteilt, roh oder aggregiert? Eine Tendenz ist noch nicht in Sicht. Offensichtlich können die grossen Datenmengen nicht mehr immer nach deterministischen Regeln verarbeitet werden: Deep-Learning-Algorithmen werden zum Einsatz kommen. Für vollautomatisierte Fahrzeuge wird das bedeuten, dass vor einem Einsatz weniger das Verhalten des Fahrzeuges selber getestet wird, sondern vermehrt auch dessen Lernverhalten im Bezug auf vorgegebene allgemeine Regeln, wie wir sie im Strassenverkehr schon kennen (beispielsweise Rücksichtnahme auf Schwächere).
- **Geschäftsmodelle:** Das klassische Massengeschäft mit Fahrzeugen wird durch Dienste ersetzt werden. Umstritten war, ob Fahrzeuge überhaupt noch verkauft werden sollen bei dem grossen Aufwand für den Unterhalt der Informatiksysteme und dem allenfalls viel höherem Preis. Leasing und Flottenmodelle wurden vorgeschlagen.

1.3 ITU

Im März 2017 führte die Internationale Telekommunikationsunion ITU – eine UNO-Organ – das Symposium Future Networked Car durch (www.itu.int/en/fnc/2017). Die Zusammenarbeit zwischen Telekommunikations- und Automobilindustrie kommt endlich in die Gänge. Namhafte Vertreter der beiden Zweige haben die 5G Automotive Association ([5GAA](http://www.5gaa.com)) gegründet. Vielversprechend ist, dass von bestehenden Technologien ausgegangen wird: ITS-G5 hat seinen Platz wie auch bestehende 4G-Mobilfunknetze.

Cybersecurity wird als grosses Problem angesehen. Zwischenfälle sind unabwendbar, aber sie sollten so weit wie möglich reduziert werden. Die heutige Informatikarchitektur in Fahrzeugen wurde als "big Frankenstein" bezeichnet, weil über die Jahrzehnte immer mehr Systeme schlecht koordiniert auf bestehende aufgepfropft wurden. Diesem wenig organisiertem Systemkonglomerat steht eine gut organisierte Hackergemeinde gegenüber: eine schlechte Voraussetzung, um Hackerangriffe zu vermeiden. Wenn sie dann vorkommen, muss verstanden werden, wie sie passieren konnten. Dazu gehört vor allem, dass Angriffe entdeckt werden. Erst dann kann sinnvoll gehandelt werden, sei es zur Schadensbegrenzung oder zur Reduktion weiterer Angriffe. Ein derartiges Vorgehen verlangt eine grundsätzlich neue Systemarchitektur in Fahrzeugen, welche dauernd unterhalten werden muss. Die damit verbundenen Kosten und organisatorischen Bedingungen könnten bedeuten, dass Fahrzeuge nicht mehr verkauft, sondern nur noch geleast werden.

1.4 asut-Kolloquium / its-ch Fachtagung

Der Schweizerische Verband der Telekommunikation asut hat zusammen mit its-ch und dem TCS sein Kolloquium unter dem Thema "Mobilitätsstadt Schweiz" am 16. November 2016 organisiert (<https://asut.ch/asut/de/page/publications.xhtml>). In neuen Mobilitätsumfeld wird sich die Automobilindustrie neu erfinden müssen. Dass das nicht ohne Ächzen von sich gehen wird, hat die EU CAD-Konferenz gezeigt (siehe oben). Drei Trends einer Mobilitätsstadt wurden angesprochen: Mobilität wird deprivatisiert – die Verkehrsmittel werden vermehrt geteilt (Sharing, Pooling), dann demotorisiert – der Langsamverkehr wird an Bedeutung gewinnen. Und Reisende verlangen durchgehende Transportketten, welche durch einen Angebotspunkt vermittelt werden. Das bedingt einen umfassenden Datenaustausch.

1.5 Bericht des Bundesrates "Automatisiertes Fahren"

In Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 hat der Bundesrat am 21.12.2016 seinen Bericht "Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen" veröffentlicht [CH 2016]. Er bietet einen Gesamtüberblick zum Thema. Grundidee ist, dass Automatisierung nur dann positive Effekte zeigen wird, wenn sie von flankierenden Massnahmen begleitet wird. Bestandteil ist, dass Automatisierung und Vernetzung zusammen gehören.

2 Themenvertiefung: Telekommunikationstechnologien für Kooperative ITS

Der Bundesrat ist der Meinung, dass für effizienten Verkehr Vernetzung nötig ist. Aber wie soll diese umgesetzt werden? Die Diskussion wird mit einer Vielzahl von Schlagwörtern geführt: ITS-G5, IEEE 802.11p, DSRC, WiFi, Mobilfunk, 5G, 4G, 3G, LTE, GSM. Was bedeuten sie und wie hängen sie zusammen? Welche Technologien sind erfolgsversprechend?

2.1 Erste Ideen zur Vernetzung mit WiFi

Seit den 80iger Jahren wird die Vernetzung von Fahrzeugen untereinander und mit der Infrastruktur diskutiert [Hartenstein 2008]. Die grundsätzliche Idee ist, dass ein Fahrzeug seine Daten in einer Wolke um sich herum allen präsentiert, die in diese Wolke eintreten: seien dies andere Fahrzeuge oder sei dies die Infrastruktur. Die Wolke kann einige zehn bis einige hundert Meter gross sein. 1998 erschien als Technologie WiFi am erfolgsversprechenden. Das ist die drahtlose Variante des Ethernetprotokolls (IEEE 802.3, LAN), um Computer miteinander zu verbinden. Vorläufer davon waren in der Schweiz schon 1993 unter der Bezeichnung RLAN (Radio LAN) erhältlich. Für Fahrzeuge erschien 2010 die Norm **IEEE 802.11p** [IEEE 802.11-2016]. Sie wird in den USA zur Technologiefamilie DSRC (Dedicated Short Range Communications) gezählt. Die europäische Version standardisierte ETSI unter dem Namen **ITS-G5** [ETSI EN 302 663]. Achtung: im Gegensatz zu den USA werden in Europa mit DSRC drahtlose Mautsysteme bezeichnet, wie sie die Schweiz seit 2001 für die LSVA oder Oesterreich für Autobahnen eingesetzt.

Funknetze benötigen Frequenzen. Für Europa ist dafür die CEPT zuständig. Dazu bezeichnete sie im März 2008 das 5.9-GHz-Band zur Mitbenutzung, d.h. die Fahrzeuganwendungen (C2X) dürfen bestehende Benutzer dieses Bandes weder stören, noch können sie Schutz gegenüber ihnen beanspruchen [ECC DEC (08)01]. Im Weiteren melden konventionelle WiFi-Dienste Ansprüche an dieses Band an, weil ihre jetzigen Bänder chronisch überbelegt sind und weil C2X die Frequenzen bisher kaum nutzte. Dazu liegt gar eine Studie der EU vor [Marcus 2013]. Die Nutzung dieses Bandes steht ebenfalls auf der Agenda der alle 4 Jahre stattfindenden ITU WRC (World Radio Conference) von 2019.

2.2 Systeme zur Vernetzung

Kommunikationsprotokolle allein reichen für eine Vernetzung nicht, dazu sind auch eine Architektur und Anwendungsbeschreibungen nötig. ISO TC 206 WG 16 hat 2010 eine derartige Architektur unter dem Namen CALM (Communication Access for Land Mobiles) vorgeschlagen [ISO 21217]. Wenig später hat ETSI seine darauf aufbauende Architektur veröffentlicht [ETSI EN 302 665]. Sie soll prinzipiell unabhängig von Telekommunikationstechnologien sein. Dann wurde die Architektur mit Anwendungsbeschreibungen gefüllt: In den USA durch IEEE in den WAVE-Normen (Wireless Access für Vehicular Environment) und durch SAE. In Europa hat die EU-Kommission detaillierte Normierungsarbeiten angestossen [EU M/453]. ETSI übernahm vorwiegend den technologischen Teil, CEN TC 278 eher den funktionalen. Release 1 dieses Normenpaketes wurde im März 2014 veröffentlicht [ETSI 2014].

2.3 Wieso nicht Mobilfunk?

Heute sind Smartphones permanent über Mobilfunk vernetzt und tauschen Daten aus. Sie bauen aber grundsätzlich eine Verbindung zwischen zwei bekannten Punkten über ein Netzwerk auf, sei es zu einem anderen Smartphone oder zu einem Datenserver. Das Prinzip einer Datenwolke um ein Fahrzeug funktioniert so nur über Umwege und ist zumeist wenig effizient. Für den Netzzugang fallen Kosten an.

Viel früher noch war Mobilfunk nur für Sprache ausgelegt. Die Systeme der ersten Generation (**1G**) waren von Land zu Land verschieden und funktionierten analog. 1982 fanden die europäischen Telekommunikationsbehörden (CEPT), dass das so nicht mehr weitergehen könne und begannen das Projekt **GSM**. Dieses digitale System der zweiten Generation (**2G**) hatte zum Ziel, ganz Europa mit der gleichen Technologie abzudecken. Die Grundspezifikationen waren 1988 fertig. Die CEPT alleine konnte die Details nicht mehr selber normieren und leitete deshalb die Gründung von ETSI in die Wege. 1990 waren die Spezifikationen für GSM komplett. Datenübertragung mit GSM war mehr oder weniger eine teure Behelfslösung: zuerst mit In-Band-Modems, dann mit GPRS/EDGE (1997/2000).

Die ITU verfolgte die Vision eines weltweiten Mobilfunknetzes der dritten Generation (**3G**) unter dem Namen IMT2000, das flexibel mit Daten umgehen konnte. Bis 2000 konnte man sich weltweit "nur" auf Designziele einigen, die Detailspezifikationen waren regional verschieden. ETSI tat sich mit US-amerikanischen, japani-

schen und koreanischen Normierungsgremien zusammen, gründete 1998 3GPP (3rd Generation Partnership Project) und normierte **UMTS** als IMT2000-Detailspezifikation. 3GPP integrierte GSM in seine Arbeiten und führte Neuerungen in ihren Mobilfunktechnologien in etwa jährlichen Releases ein (wie schon ETSI). Die ITU nahm einen weiteren Anlauf für ein weltweites Mobilfunknetz der vierten Generation (**4G**). Es soll vollständig auf IP (Internet Protocol) basieren und IMT-Advanced heissen. Wieder legte die ITU Designziele fest, die regionalen Normierungsorganisationen reichten Detailspezifikationen ein, welche die ITU anhand der Designziele beurteilte und dann in die IMT-Advanced Family aufnahm. 3GPP reichte als Detailspezifikation **LTE-Advanced** ein, das 2010 von der ITU akzeptiert wurde. Bis heute ist LTE-Advanced das einzige kommerziell erfolgreiche 4G-System. 3GPP hat mit Release 8 im März 2009 schon den Funkteil von LTE-Advanced unter dem Namen LTE veröffentlicht. LTE genügt den Designzielen von IMT-Advanced noch nicht, u.a. werden die geforderten Datenraten nicht erreicht. **LTE** wird deshalb als **3.9G** bezeichnet. (Eine ausführliche Beschreibung der Entwicklung von Mobilfunk ist in [Hillebrand 2013] zu finden.) Einige Marketingleute konnten der Versuchung nicht widerstehen und priesen LTE als 4G an. Die GSMA (GSM Association) hat klar zu verstehen geben, dass LTE Advanced keinen Versionssprung erhält und "4G" bleibt [GSMA 2014] (vereinzelt Ausrutscher sind in Marketing- und gar Technikartikeln noch immer zu beobachten. Im Marketing wird nun "4G+" verwendet.) Wird heute auf einem Smartphone "4G" angezeigt, ist zumeist LTE gemeint, allenfalls schon LTE-Advanced. Die Normierung für letzteres hat 3GPP mit Release 10 im Juni 2011 vorgelegt. In der Schweiz wird LTE Advanced seit 2016 angeboten. Mit etwa 10 ms bietet LTE Advanced genügend kleine Latenzen für C2X-Anwendungen an. Aber diese Netze sind noch nicht weit verbreitet und die Latenzen könnten sich bei Roaming erhöhen, also wenn die Daten über mehrere Mobilfunknetze laufen. Direktverbindungen (Device to Device, D2D) mit oder ohne Netzkoordination wurden nur bruchstückhaft umgesetzt. Aussendungen von einem Fahrzeug an viele sind noch nicht zufriedenstellend gelöst. Das Datenwolkenprinzip ums Fahrzeug ist also mit Mobilfunktechnologien noch schwierig umzusetzen.

2.4 Intermezzo eCall

Wie in der EU muss eCall in der Schweiz in neu typengeprüften Personenwagen (mit maximal 9 Sitzplätzen inklusive Fahrer) und leichten Nutzfahrzeugen (bis 3.5 t) ab 31. März 2018 eingebaut sein, denn in der Schweiz gelten im Rahmen der bilateralen Verträge die gleichen Vorschriften für diese Fahrzeugarten [EC REG 2015/758].

eCall (zur Verdeutlichung auch eCall112 genannt) funktioniert über die international harmonisierte Notrufnummer 112. Anrufe über 112 werden automatisch an die bestgeeignete Notrufzentrale geleitet. Die Sprachverbindung von eCall funktioniert so auf jeden Fall, der mitgesendete Mindestdatensatz wird über den Sprachkanal per In-Band-Modem gesendet, also mit einer Technologie prä-1997. Das ist für GSM relativ einfach möglich, wenn auch sehr langsam (300 bit/s), bei UMTS funktioniert das knapp noch, für LTE muss ein sogenannter digitaler Signalisierungskanal verwendet werden. Der Datenschutz ist beim obligatorischen **eCall112** genau geregelt [EC REG 2015/758]. Das Fahrzeug kann nicht verfolgt werden, weil das Mobilfunkgerät sich erst nach einem Unfall mit Netzwerk verbindet (sogenannte dormant SIM card). Es dürfen nur die aktuellen Daten gespeichert werden, bezüglich Ort beispielsweise heisst das die drei letzten Punkte kurz vor dem Unfall.

Sogenannte **Dritt-Parteien-eCall** (wie von Fahrzeugherstellern oder Versicherungen angeboten) werden von privat betriebenen Callcentern über normale Rufnummern entgegengenommen. Sie dürfen optional zu eCall112 weiterbetrieben werden – die Nutzer müssen aber die Wahl haben, welches System aktiv ist. Dritt-Parteien-eCall (auch bCall genannt) benutzen normale Datenverbindungen, sei dies über GSM, UMTS oder LTE. Die übertragenen Daten sind entsprechend der Vertragsbedingungen mit dem Diensteanbieter festgelegt. Meist sind das Statusdaten des Fahrzeuges oder Daten für Fernsperrungen/-Oeffnungen – Suchfunktionen sind auch denkbar.

eCall112 und Dritt-Parteien-eCall sind also **klar abgegrenzt von C2X-Anwendungen**.

2.5 Wieso doch Mobilfunk?

Direkte Verbindungen D2D zwischen Fahrzeugen und der Infrastruktur müssen auch funktionieren können, wenn kein Netzwerk vorhanden ist. 3GPP hat erste Normierungen von **D2D** in den Releases 12 und 13 aufgenommen unter dem Namen ProSe (Proximity based Services). Release 13 wurde im März 2016 abgeschlossen und wird als LTE Advanced Pro bezeichnet (4.5G) [3GPP Releases]. Erste Netze sollen in der Schweiz Anfang 2017 damit ausgerüstet werden mit dem Ziel, höhere Datenraten anzubieten.

In der 5G Automotive Association (5gaa.org) sind namhafte Vertreter der Automobil- und Telekomindustrie zusammengekommen, um C2X mit heutigen LTE-Netzen umzusetzen und eine sanfte Migration in spätere 5G-Technologien zu ermöglichen [5GAA 2016].

Im kommenden 3GPP-Release 14 (Abschluss Juni/September 2017) sind sogenannte V2X-Funktionalitäten enthalten (vehicle to everything). Bei Marktbedarf könnten kommerzielle Produkte 2018 bereit sein. **5GAA** spricht von **C-V2X** (cellular V2X) und unterscheidet drei Modi:

- Device to Device (D2D): Die gleichen Funktionalitäten wie ITS-G5 sollen angeboten werden, also direkte Kommunikation mit kleinen Latenzzeiten zwischen Fahrzeugen selber oder mit der Infrastruktur des Strassenbetreibers (sie wird quasi als stehendes Fahrzeug behandelt). Ein Netzwerk ist nicht mehr zwingend nötig. Wie ITS-G5 soll D2D im 5.9-GHz-Band funktionieren. Eine Geschäftsbeziehung mit einem Mobilfunkbetreiber ist nicht mehr nötig und somit fallen keine Uebertragungskosten an. Die Mobilfunkbetreiber müssen ihre Netzwerke nicht aufrüsten. Fussgänger sollen auch einbezogen werden (V2P).
- Device to Tower (D2T): Die Basisstationen der Mobilfunkbetreiber übernehmen gewisse Verteilfunktionen von Daten ohne Rückgriff auf das dahinterliegende Core-Network. Dem Vernehmen nach wurde das schon erfolgreich im Testfeld A9 in Deutschland ausprobiert.
- Device to Network (D2N): Dieser Anwendungsfall ist für nicht-zeitkritische Kommunikation mit Cloudanwendungen gedacht. Ansätze dazu wurden im Pilot "Nordic Way" in Skandinavien umgesetzt [Nordic Way 2017], wo neben Fahrzeugen und Infrastruktur auch Verkehrsmanagementzentralen untereinander vernetzt werden.

Wie schneidet C-V2X im Vergleich zu ITS-G5 ab?

- Mobilfunktechnologien sind in den meisten modernen Fahrzeugen schon vorhanden. Somit fallen die Kosten für die weiterentwickelten und somit teureren Mobilfunkgeräte in Fahrzeugen nicht mehr stark ins Gewicht. Für D2T respektive D2N könnten Uebertragungskosten anfallen, die aber in der Grössenordnung der schon heute übermittelten Daten liegen werden.
- Ein ITS-G5-Sendegerät verlangt Zugang zu einer Sendefrequenz mittels **CSMA-CA** (Carrier Sense Multiple Access – Collision Avoidance). Um möglichst zu verhindern, dass Geräte gleichzeitig senden (CA), werden Sendezeiten zufällig gewählt, was den Zusatzaufwand beim Zugang zu Frequenzen erhöht. Dieses Problem soll mit Decentralised Congestion Control (DCC) angegangen werden. Die existierenden Algorithmen dafür sind vorerst nur für eine kleine Verbreitung von ITS-G5 geeignet und sind für Sicherheitsanwendungen wie Platooning und Automatisierung ungenügend ([C-ITS 2016], Workgroup DCC). ETSI entwickelt zurzeit diese Algorithmen weiter. Der Abschluss der Arbeiten ist für Anfang 2018 geplant. Für C-V2X erfolgt der Zugang zu Sendefrequenzen mittels spezieller Synchronisierungsverfahren, sei es über ein Mobilfunknetzwerk, und falls nicht vorhanden ad hoc. Im Allgemein bauen Mobilfunkbetreiber Netzwerke dort aus, wo viel Kommunikationsverkehr anfällt, also auch mehr Leute anzutreffen sind. Im Umkehrschluss heisst das, dass Ad-Hoc-Synchronisation nur dort stattfindet, wo auch wenig Bedarf an Zugang zu Sendefrequenzen herrscht, also wenig kritisch sein wird. C-V2X hat also das Potential, die begrenzten Frequenzressourcen besser auszunutzen in Bezug auf Anzahl Sendungen und besserer Dienstqualität (**QoS**).
- Bessere Dienstqualität (QoS) ist von C-V2X zudem zu erwarten, weil diese Technologie mit weiter fortgeschrittenen Uebertragungstechnologien funktioniert als ITS-G5.
- Die verschiedenen Modi von C-V2X erlauben eine bessere Skalierbarkeit, weil die Anwendungsfälle auf die verschiedenen Modi verteilt werden können und somit weitere Frequenzressourcen zur Verfügung stehen.

Warnungen zu diesen Problemen [Shields 2013] wurden bisher in den Wind geschlagen. Nichts desto trotz sind erste Umsetzung mit ITS-G5 sinnvoll, um jetzt Erfahrungen mit verschiedenen Anwendungsfällen und dem Umgang mit Daten zu sammeln.

2.6 Und 5G?

Die ITU bereitet die fünfte Generation (**5G**) unter dem Namen IMT2020 vor. Im Hintergrund soll das Netz per Software handhabbar sein (SDN: Software Defined Networking, NFV: Network Funktion Virtualisation). Im Februar 2017 veröffentlichte die ITU den Entwurf für die Designziele von 5G [ITU 2017 5/40]. Die Nutzer profitieren von höheren Datenraten (eMBB: enhanced Mobile Broad Band) und sehr sicheren Verbindungen mit kleinen Latenzen im ms-Bereich (URLLC: Ultra Reliable Low Latency Communications). Genau Letzteres ist für C-V2X bezüglich Sicherheitsanwendungen sehr wichtig. Ganz allgemein wird die Vernetzung aller mögli-

chen Dinge (IoT) vereinfacht und neue Anwendungen, wie das taktile Internet werden möglich: kurze Latenzen und grosse Datenmengen erlauben Manipulationen in gleicher Art lokal wie auch über grosse Distanzen hinweg [Dohler 2017].

Von Oktober 2017 an nimmt die ITU Vorschläge für Detailspezifikationen an. Deren Beurteilung beginnt vom Oktober 2018 an. Im Oktober 2020 sollen die Detailspezifikationen für IMT2020 stehen. Alle derzeit gross angekündigten 5G-Umsetzungen sind also erst Vorversionen: gemeinsam ausgehandelte Detailspezifikationen für 5G existieren noch nicht.

3GPP arbeitet schon an den Detailspezifikationen wie Nutzungsszenarios (in Release 14) oder an der Funktionsschnittstelle NR (New Radio). Wie bei vorhergehenden Releases sollen frühere Technologien weiter in die neuen Funktionen integriert werden. Somit würde C-V2X der Entwicklung folgen können.

2.7 Wie weiter?

Der Hybridansatz, also ITS-G5 und Mobilfunk gleichzeitig einzuführen, wo auch immer besser geeignet, kann für den Moment durchaus sinnvoll sein – in Zukunft ist aber absehbar, dass Mobilfunktechnologien wie C-V2X im Rahmen der Entwicklung von 4G zu 5G das Rennen machen werden. Bezüglich der ITU WRC19 sollten Frequenzbänder für C-ITS deshalb technologieneutral zugewiesen werden.

3 Literaturverzeichnis

- [Lardinois 2017]: Lardinois, Frederic. «Ford and Toyota launch consortium to help developers build in-car apps | TechCrunch». Zugegriffen 27. Juni 2017. <https://techcrunch.com/2017/01/03/ford-and-toyota-team-up-to-launch-the-smartdevicelink-consortium/>.
- [US DOT 2016]: "Federal Automated Vehicles Policy - September 2016". Department of Transportation, 19. September 2016. <https://www.transportation.gov/AV/federal-automated-vehicles-policy-september-2016>.
- [Apple 2016]: "Apple Regulations.gov – Comment", 22. November 2016. <https://www.regulations.gov/document?D=NHTSA-2016-0090-1115>.
- [NHTSA 2016]: "NHTSA -2016-0126 V2V Regulations.gov - Docket Folder Summary". Zugegriffen 27. Juni 2017. <https://www.regulations.gov/docket?D=NHTSA-2016-0126>.
- [Bundestag 2017]: Hausding, Götz. "Deutscher Bundestag - Straßenverkehrsgesetz für automatisiertes Fahren geändert". Deutscher Bundestag. Zugegriffen 27. Juni 2017. <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2017/kw13-de-automatisiertes-fahren/499928>.
- [SAE J3016]: "J3016A: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles - SAE International". Zugegriffen 4. Juli 2017. http://standards.sae.org/j3016_201609/.
- [D-Bundesrat 299/17]: "Bundesrat - Tagesordnungen & Termine - 957. Sitzung des Bundesrates". Zugegriffen 27. Juni 2017. https://www.bundesrat.de/SharedDocs/TO/957/tagesordnung-957.html?cms_topNr=27#top-27.
- [EU COM 2016/766]: "MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN: Eine europäische Strategie für Kooperative Intelligente Verkehrssysteme – ein Meilenstein auf dem Weg zu einer kooperativen, vernetzten und automatisierten Mobilität, COM(2016) 766 final, Brüssel, den 30.11.2016, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1498638178533&uri=CELEX:52016DC0766>
- [C-ITS 2016]: C-ITS Platform: "Final Report", EU DG MOVE, Brussels, January 2016, http://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en.htm
- [EC DIR 2010/40]: "RICHTLINIE 2010/40/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 7. Juli 2010 zum Rahmen für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern", Amtsblatt der Europäischen Union, 6.8.2010, <http://new.eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2010:207:FULL&from=DE>
- [EC REG 2015/758]: "VERORDNUNG (EU) 2015/758 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 29. April 2015 über Anforderungen für die Typgenehmigung zur Einführung des auf dem 112-Notruf basierenden bordeigenen eCall-Systems in Fahrzeugen und zur Änderung der Richtlinie 2007/46/EG", <http://eur-lex.europa.eu>
- [CH 2016]: "Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen, Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 «Auto-Mobilität»", Bern, 21.12.2016, https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/abteilung_strassennetzeallgemein/automatisiertes-fahren.pdf.download.pdf/Automatisiertes%20Fahren%20E2%80%93%20Folgen%20und%20verkehrspolitische%20Auswirkungen.pdf
- [Hartenstein 2008]: Hartenstein, H.; L. P. Laberteaux. «A tutorial survey on vehicular ad hoc networks». IEEE Communications Magazine 46, Nr. 6 (Juni 2008): 164–71. doi:10.1109/MCOM.2008.4539481.
- [IEEE 802.11-2016]: «IEEE SA - 802.11-2016 - IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems, Local and metropolitan area networks—Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer». Zugegriffen 28. Juni 2017. <https://standards.ieee.org/findstds/standard/802.11-2016.html>.
- [ETSI EN 302 663]: ETSI EN 302 663 V1.2.1 (2013-07) Intelligent Transport Systems (ITS); "Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band", www.etsi.org
- [ECC DEC (08)01]: ECC Decision (08)01: "The harmonised use of the 5875-5925 MHz frequency band for Intelligent Transport Systems (ITS)", Approved 14 March 2008, Amended 3 July 2015, www.erodocdb.dk/docs/doc98/official/pdf/ECCDec0801.pdf
- [Marcus 2013]: Marcus, Scott J.: "Study on Impact of traffic off-loading and related technological trends on the demand for wireless broadband spectrum", wik-Consult im Auftrag von DG CONNECT, EU 2013,

- <http://bookshop.europa.eu/en/study-on-impact-of-traffic-off-loading-and-related-technological-trends-on-the-demand-for-wireless-broadband-spectrum-pbKK0113239/>
- [ISO 21217]: ISO 21217:2014, "Intelligent transport systems -- Communications access for land mobiles (CALM) – Architecture, 2014-4, <https://www.iso.org/standard/61570.html>
- [ETSI EN 302 665]: ETSI EN 302 665 V1.1.1 (2010-09): "European Standard (Telecommunications series) Intelligent Transport Systems (ITS); Communications Architecture", http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/302665/01.01.01_60/en_302665v010101p.pdf
- [EU M/453]: M/453: "STANDARDISATION MANDATE ADDRESSED TO CEN, CENELEC AND ETSI IN THE FIELD OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES TO SUPPORT THE INTEROPERABILITY OF CO-OPERATIVE SYSTEMS FOR INTELLIGENT TRANSPORT IN THE EUROPEAN COMMUNITY", Brussels, 6th October 2009, <http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/mandates/index.cfm?fuseaction=txtSearch.search#>
- [ETSI 2014]: "CEN and ETSI deliver first set of standards for Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS)", Berlin, 12 February 2014, <http://www.etsi.org/news-events/news/753-2014-02-joint-news-cen-and-etsi-deliver-first-set-of-standards-for-cooperative-intelligent-transport-systems-c-its>
- [Hillebrand 2013]: F. Hillebrand (editor), Karl Heinz Rosenbrock, Hans Hauser: "The Creation of Standards for Global Mobile Communication - GSM, UMTS and LTE from 1982 to 2012", 2013, Hillebrand Consulting Engineers GmbH, <http://www.hillebrand-ce.com/books.html>
- [GSMA 2014]: Dan Warren, Calum Dewar: "Analysis; Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile", December 2014, GSMA Intelligence, <http://gsmaintelligence.com>
- [3GPP Releases]: "Releases", Website, <http://www.3gpp.org/specifications/67-releases>
- [5GAA 2016]: 5G Automotive Association: "The Case for Cellular V2X for Safety and Cooperative Driving", Nov 2016, <http://5gaa.org/pdfs/5GAA-whitepaper-23-Nov-2016.pdf>
- [Nordic Way 2017]: NordicWay, Website, <http://vejdirektoratet.dk/EN/roadsector/Nordicway/Pages/Default.aspx#>
- [Shields 2013]: Shields, Russell T.: "ITS Communication Technologies: Disaster is Looming", Presentation, ygomi, 6. Februar 2013, ETSI ITS Workshop, Wien, http://docbox.etsi.org/Workshop/2013/201302_ITSWORKSHOP/S01_KEYNOTES/YGOMI_SHIELDS.pdf
- [ITU 2017 5/40]: ITU-R, Working Party 5D: "DRAFT NEW REPORT ITU-R M.[IMT-2020.TECH PERF REQ] Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)", Geneva, 22 February 2017, <https://www.itu.int/md/R15-SG05-C-0040/en>
- [Dohler 2017]: Dohler, Mischa: "Global Reach: Will the Tactile Internet Globalize Your Skill Set? | IEEE Communications Society". Zugegriffen 30. Juni 2017. <http://www.comsoc.org/ctn/global-reach-will-tactile-internet-globalize-your-skill-set>.

4 Abkürzungen

| | |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1G | Mobilfunk 1. Generation (proprietär, analog) |
| 2G | Mobilfunk 2. Generation (in Europa GSM) |
| 3G | Mobilfunk 3. Generation (ITU IMT2000, in Europa UMTS) |
| 3GPP | 3rd Generation Partnership Project |
| 4G | Mobilfunk 4. Generation (ITU IMT-Advanced, kommerziell: LTE-Advanced) |
| 5G | Mobilfunk 5. Generation (ITU IMT2020, in Spezifikationsphase) |
| 5GAA | 5G Automotive Association |
| asut | Schweizerischer Verband der Telekommunikation |
| bCall | Dritt-Parteien-eCall |
| C2C | Kooperative Systeme mit Kommunikation zwischen Fahrzeugen (Car to Car) |
| C2I | Kooperative Systeme mit Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur (Car to Infrastructure) |
| C2X | Kooperative Systeme C2C und C2I |
| C-ITS | Cooperative Intelligent Transport Systems |
| C-V2X | Cellular V2X |
| C-Roads | Plattform zur Umsetzung interoperabler C-ITS |
| CAD | Connected and Automated Driving |
| CALM | Communication Access for Land Mobiles |
| CEN | European Committee for Standardization |
| CEPT | European Conference of Postal and Telecommunications Administrations |
| CES | Consumer Electronics Show |
| CSMA-CA | Carrier Sense Multiple Access – Collision Avoidance |
| D2D | Device to Device |
| D2N | Device to Network |
| D2T | Device to Tower |
| DATEX II | Normen zum Austausch von Verkehrsdaten |
| DCC | Decentralised Congestion Control |
| DSRC | Dedicated Short Range Communications |
| DOT | Department of Transport (USA) |
| eCall | Automatisch auslösbarer Notruf aus Fahrzeugen auf Basis der Notrufnummer 112 |
| eCall112 | Verdeutlichung, dass eCall über 112 funktioniert |
| EDGE | Enhanced Data Rates for GSM Evolution |
| EDÖB | Eidgenössischer Datenschutz- und Öffentlichkeitsbeauftragter |
| eMBB | enhanced Mobile Broad Band |
| ETSI | European Telecommunications Standards Institute |
| GPRS | General Packet Radio Service |
| GSM | Global System for Mobile communication |
| GSMA | GSM Association |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| IEEE 802.11p | WLAN-Kommunikation für Fahrzeuge |
| IMT | International Mobile Telecommunications |
| ISO | International Organization for Standardization |
| IoT | Internet of Things |
| IP | Internet Protocol |
| IT | Informationstechnik |
| ITU | International Telecommunication Union (UNO) |
| ITS-G5 | Europäische Variante von IEEE 802.11p |
| LAN | Local Area Network (Vernetzung von Computern) |
| LSVA | Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe |
| LTE | Long Term Evolution: Schnittstelle für Mobilfunk |
| NFV | Network Funktion Virtualisation |
| NHTSA | National Highway Traffic Safety Administration (USA) |

| | |
|-------|----------------------------------------------------------|
| NR | New Radio (Funkschnittstelle 5G) |
| PKI | Public Key Infrastructure |
| ProSe | Proximity based Services |
| QoS | Quality of Service |
| RLAN | Radio LAN |
| SAE | Society of Automotive Engineers |
| SDN | Software Defined Networking |
| SIM | Subscriber Identity Module |
| TCS | Touring Club Schweiz |
| URLLC | Ultra Reliable Low Latency Communications |
| V2I | Vehicle to Infrastructure communication |
| V2P | Vehicle to Pedestrian communication |
| V2V | Vehicle to Vehicle communication |
| V2X | Vehicle to Everything (V2V, V2I, V2P, ...) communication |
| WAVE | Wireless Access for Vehicular Environment |
| WiFi | Wireless Local Area Network (Wireless Fidelity) |
| WRC | World Radio Conference (ITU) |