CAR 2 CAR Communication Consortium c/o ITS mobility GmbH
Hermann-Blenk-Straße 18 • D–38108 Braunschweig • Germany

Bundesnetzagentur
Referat 212
Tulpenfeld 4
53113 Bonn

Referat212@bnetza.de

CONTACT

Administrator of the CAR 2 CAR Communication Consortium

Frank Fickel

ITS mobility GmbH
Hermann-Blenk-Str. 18
38108 Braunschweig
Germany

Phone +49 531 231721-27
Fax +49 531 231721-19

contact@car-2-car.org
www.car-2-car.org

Braunschweig, 2022-03-21

Bedarfe für Spektrum in den Bereichen Bereich 800MHz, 1800MHz und 2,6GHz

Sehr geehrter Damen und Herren,

Anbei finden Sie die Stellungnahme des CAR 2 CAR Communication Consortiums an die BNetzA zu Frequenzbedarfen basierend auf dem Orientierungspapier „Orientierungspunkte und Bedarfsabfrage zur Bereitstellung von Frequenzen in den Bereichen 800 MHz, 1.800 MHz und 2,6 GHz für den Ausbau digitaler Infrastrukturen“.

Mit freundlichen Grüßen,



Frank Fickel
Administrator des C2C-CC

Stellungnahme des CAR 2 CAR Communication Consortiums an die BNetzA zu Frequenzbedarfen basierend auf dem Orientierungspapier „Orientierungspunkte und Bedarfsabfrage zur Bereitstellung von Frequenzen in den Bereichen 800 MHz, 1.800 MHz und 2,6 GHz für den Ausbau digitaler Infrastrukturen“

Für Direktkommunikation von Intelligenten Verkehrssystemen (IVS) stehen in Deutschland 70 MHz designiertes Frequenzspektrum im Bereich 5855 – 5925 MHz zur Verfügung.
Wir empfehlen, in dem 190 MHz breiten Frequenzbereich 2.500 MHz – 2.690 MHz (ungepaart) für die Kommunikation von Intelligenten Verkehrssystemen (IVS) zur Fahrzeug-zu-Fahrzeug, Fahrzeug-zu-Infrastruktur und Fahrzeug-zu-Fußgänger (und weitere verletzliche Verkehrsteilnehmer) weitere 80 MHz zu allokieren, um neuen Anforderungen der automatisierten Mobilität im Allgemeinen und an die funktionale Sicherheit im Kontext automatisierter Mobilität im Besonderen zu begegnen.

Dabei sind die Anforderungen an Kommunikation und Applikationen an das Frequenzband wie folgt:

- Ad hoc Kommunikation
- Direkte Kurzstreckenkommunikation zwischen IVS Endgeräten in Fahrzeugen, Infrastruktur oder tragbaren mobilen Endgeräten
- Interoperable Applikationen und Direktkommunikation
- Technologisch offen
- Allgemein zugeteilt
- 10 und optional 20 MHz Kanalraster
- 80 MHz Bandbreite zusätzlich zu 70 MHz in 5.9 GHz
- Zweites redundantes Spektrum zu 5.9 GHz in genügendem Frequenzabstand, um unkorrelierte Kanalcharakteristika und unterschiedliche Ausbreitungsbedingungen zu erhalten
- Eignung des Bandes für Erhöhung von Verkehrs- und Fahrzeugsicherheit, Vermeidung von Unfällen.
- Eignung für autonome Fahrfunktionen
- Spezifiziert in Standards (e.g. ETSI, IEEE, ISO)

In dem vorläufigen Bericht „Connected Automated Driving“ der ITU-R und einem Beitrag des CAR 2 CAR Communication Consortiums an ITU-R Working Party 5A, verantwortlich für internationale Studien des mobilen Landfunks, wird der Bedarf für 140 MHz für sicherheitsrelevante IVS Applikationen insgesamt sowie spektrale Redundanz für zukünftiges kooperatives automatisiertes Fahren aufgezeigt.[1] [2]

Die Gründe für den zusätzlichen Frequenzbedarf sind wie folgt:

- Typische Parameterauslegung bei den insbesondere für automatisiertes Fahren wichtigen IVS Applikationen: kooperative Umfelderkennung („Cooperative Perception Service“ CPS) zum Austausch von Sensorikdaten über ihre Umgebung, andere Verkehrsteilnehmer und Hindernisse, sowie kooperatives automatisiertes Fahren („Maneuver Coordination Service“ MCS) zur Abstimmung von Fahrmanövern. Insbesondere die CPS kann den Sicherheitshorizont des automatisierten Fahrzeugs erheblich verbessern und andere Fahrzeuge oder verletzliche Verkehrsteilnehmer bei fehlender Sichtverbindung und in Nähe als auch hoher Reichweite absichern[3,4,5]. Die kooperative Umfelderkennung schließt auch die unverbundenen Verkehrsteilnehmer in den Schutzradius ein, d.h. beispielsweise Fahrzeuge ohne IVS Ausrüstung und vor allem Fußgänger oder Fahrradfahrer ohne IVS Kommunikation werden mit Sensoren

[1] Annex 23 to Working Party 5A Chairman’s Report November 2021, WORKING DOCUMENT TOWARDS A PRELIMINARY DRAFT NEW REPORT ITU-R M. [CAV], Connected Automated Vehicles (CAV), (Question ITU-R 261/5); Beitrag CAR 2 CAR Communication Consortium Dokument 5A/208-E, 3 November 2020.

[2] 5GAA. Updated study of spectrum needs for safety related intelligent transportation systems – day 1 and advanced use cases. 2021.
[3] Hendrik-Jörn Günther. „Collective Perception in Vehicular Ad-hoc Networks“. Dissertation, TU Braunschweig, 2017.
[4] Florian A. Schiegg et al. “Perception: A Safety Perspective”. Sensors 2021, 21, 159. https://doi.org/10.3390/s21010159, 2020.
creativecommons.org/Collective Perception: A Safety Perspective
[5] Bettina Erdem et al. “Reducing Traffic Fatalities using Collective Perception in V2X Communication based on Crash Data in Japan/Germany/US”. 27th ITS World Congress, Hamburg, Germany, 11-15 October 2021. Paper ID 442.

wie Radar, Kamera erkannt, durch CPS an alle Fahrzeuge in Kommunikationsreichweite gesendet, von diesen empfangen und so letztlich geschützt.

- Notwendige redundante Auslegung der verkehrssicherheitsrelevanten Kommunikation zwischen Fahrzeugen und zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur im Sinne der funktionalen Sicherheit für die automatisierte Mobilität.
  Ein Beispiel hierfür ist der SAE Level 3/4/5 Anwendungsfall der Abstimmung von Fahrmanövern mit Signalanlagen, basierend auf dem sog. „Traffic Light Maneuver (TLM) Service" (TS 103 301, ISO 19091, SAE J2735). Die Übertragung der Nachrichten (beispielsweise SPATEM, MAPEM) zwischen digitaler Infrastruktur und Fahrzeug müssen entsprechend abgesichert werden - analog zu funktionaler Sicherheit im Fahrzeug ISO 26262 und funktionaler Sicherheit in der digitalen Infrastruktur in DIN-EN 61508, sowie der abgeleiteten Lichtsignalanlagen Norm VDE 0832-500. Es ist hier zwingend notwendig, eine so genannte „redundante" Kommunikation zwischen Fahrzeugen und zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur zu implementieren, um funktionale Sicherheit der Anwendung zu gewährleisten. Mit einer funktional sicheren Auslegung des Kommunikationssystems IVS folgt man den Prinzipien für die Zulassung von automatisierten Fahrfunktionen auf Autobahnen, Stand heute Level 3 bis 60km/h, basierend auf dem deutschen Gesetz für automatisiertes und autonomen Fahrens von 2021. Für den Einsatz von sicherheitsrelevanten Kommunikationssystemen, welche auch für die Straßenbetreiber eine andere rechtliche Relevanz haben als nur für die Fahrzeughersteller, bedarf es einer Erweiterung des Frequenzspektrums, in dem die notwendigen redundanten Radio-Systeme eine ausreichend physikalisch getrennte Architektur verwenden können. Wir sehen ohne eine solche Erweiterung keine Möglichkeit, eine ausreichend hohe Stabilität und Sicherheit für automatisierte Mobilität in Kombination mit zum Beispiel Signalanlagen (Ampeln, Bahnübergänge) zu gewährleisten. Dieser und weitere Umstände in diesem Zusammenhang werden mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit die Zulassung von Level 3/4/5 Fahrzeugen in den genannten Bereichen (z. Bsp. Städten) sonst nicht möglich machen.
- Frequenzen für eine interoperable Kommunikation mit Mobile Edge Cloud fürs automatische Fahren, betreiberunabhängig.
- Generelle Notwendigkeit für die Verkehrssicherheit und Robustheit vom automatisierten Fahren.
- 10 MHz in 5915 – 5925 MHz sind nur sehr limitiert für Fahrzeug-zu-Fahrzeugkommunikation nutzbar, da durch die Mitbenutzung von Urban Rail Systemen (U-Bahnen und städtische Bahnen) signifikante Einschränkungen im städtischen Bereich zu erwarten sind.
- 20 MHz in 5855 – 5875 MHz sind nur eingeschränkt für Sicherheitsanwendungen nutzbar, da das Band mit Geräten für Industrie, Wissenschaft, Medizin (ISM-Band, Industrial Scientic and Medical) und generischen Short-Range-Devices (SRD-Band) geteilt wird.

Das heute zur Verfügung stehende 70 MHz IVS Spektrum in 5.9 GHz soll wie folgt genutzt werden:

Tabelle 1: Minimaler Spektrumsbedarf in MHz für IVS gemäß C2C-CC[9] (2020)

Applikation / Nachrichtentyp	Stadt	Land / Vororte	Autobahn
Kooperative Unfallvermeidung mit CAM (cooperative awareness message)	9	10	10
Kooperative Warnung mit DENM (decentralized environmental notification message)	4	2	1
Infrastruktur-zu-Fahrzeug Kommunikation mit SPATEM, MAPEM, IVI (signal phase and timing message, road/lane topology, in-vehicle-information and other 12V messages)	1	1	1
Kooperative Wahrnehmung des verletzlichen Verkehrsteilnehmers mit VAM (VRU awareness message)	4	0,2	2
Fahrzeug-Platooning mit PCM (platooning control message)	3	6	10
Kooperative Umfelderkennung mit CPM (cooperative perception message), CPS (cooperative perception service)	23	26	24
Kooperatives automatisiertes Fahren mit MCM maneuver coordination message, MCS (maneuver coordination service)	23	26	24
Minimaler Spektrumsbedarf in MHz für IVS Verkehrssicherheitsanwendungen	67	72	72

Im Folgenden werden der zu Tabelle 1 zusätzliche Bedarf von Frequenzspektrum für die kooperative Umfelderkennung (CPS) und für kooperatives automatisiertes Fahren (MCS) detailliert.[6]
Für den Spektrumsbedarf fließen mehrere Parameter in die Berechnung ein, die in Tabelle 2 und 3 für CPS und MCS aufgezählt werden. Diese Parameter können innerhalb eines Bereiches variieren. Minimum und Maximum der Bedarfskalkulation ergibt sich jeweils aus den minimalen Größen, die aktuell genutzte Spezifikationen abbilden, und maximalen Größen, die zukünftige Spezifikationen für unter anderem automatisiertes Fahren wie auch optimierte Spektrumseffizienz darstellen. Die minimalen Größen entsprechen der IVS Spektrumsbedarfskalkulation vom CAR 2 CAR Communication Consortium (2020)[7].
Die typischen Ausprägungen der Parameter entsprechen jeweils dem Mittelwert von Minimum und Maximum. Für automatisierte Mobilität wird empfohlen, anstelle der Mindestwerte der folgenden Parameter zumindest die typischen Werte zu wählen, da alle Werte zwischen dem besten und dem schlechtesten Fall in realistischen Szenarien auftreten können.

Tabelle 2: Kalkulation des Minimums, Maximums und typischen Spektrumsbedarfs für kooperative Umfelderkennung (CPS)

Applikation CPS (Coordinated Perception Service)[8]		Minimum = aktuell genutzte Spezifikation	Maximum = zukünftige Spezifikation	Typische Spezifikation
Paketgröße für CPM (Cooperative Perception Message) inklusive Zertifikat für Datensicherheit und Privatsphäre nach EU CCMS, Nutzdaten, Overhead in Bytes	Paketgröße ist abhängig von der Zahl der detektierten Objekte (wie Fahrzeuge, Fußgänger, Fahrradfahrer, Gegenstände), Detektion über Fahrzeugsensorik (Kamera, Radar, Lidar) oder Infrastruktur Sensorik	1000	1900	1450
Wiederholrate in Hz	Ändert sich dynamisch, max. bis zu 10 Hz			
	Stadt	3	5	4
	Land / Vororte	6	10	8
	Autobahn	10	10	10
Kommunikationsreichweite in m				
	Stadt	150	300	225
	Land / Vororte	150	500	325
	Autobahn	500	1000	750
IVS Geräte in Kommunikationsreichweite				
	Stadt	320	640	480
	Land / Vororte	180	360	270
	Autobahn	100	200	150
Spektrale Effizienz		0,55	0,6	0,575
Max. Kanallast		0,6	0,75	0,675
Spektrale Effizienz multipliziert mit max. Kanallast		0,33	0,45	0,39
Spektrumsbedarf in MHz[9]				
CPS	Stadt	**23**	**108**	**57**
CPS	Land / Vororte	**26**	**122**	**65**
CPS	Autobahn	**24**	**68**	**45**

[6] Nähere Erläuterungen auch zu den Parametern siehe Continental, July 10th 2020, published on US FCC website, https://ecfsapi.fcc.gov/file/10710018216099/Ex-Parte%20-%20July%2010%202020.pdf
[7] CAR 2 CAR Communication Consortium. "Position Paper on Road Safety and Road Efficiency Spectrum Needs in the 5.9 GHz for C-ITS and Cooperative Automated Driving". February 2020. https://www.car-2-car.org/documents/general-documents/
[8] Spezifikation nach ETSI draft TS 103 324, ETSI TR 103 562
[9] Spektrumsbedarf $= \frac{Paketgröße * Wiederholrate * IVS\ Geräte\ in\ Kommunikationsreichweite}{Spektrale\ Effizienz * max.Kanallast}$

Tabelle 3: Kalkulation des Minimums, Maximums und typischen Spektrumsbedarfs für kooperatives automatisiertes Fahren (MCS)

MCS[10] (maneuver coordination service)		Minimum = aktuell genutzte Spezifikation	Maximum = zukünftige Spezifikation	Typische Spezifikation
Paketgröße (inklusive Zertifikat für Datensicherheit und Privatsphäre nach EU CCMS, Nutzdaten, Overhead) in Bytes	Nachrichtengröße ist abhängig von Anzahl und Länge der alternativen und gewünschten Fahrmanöver	1000	1300	1150
Wiederholrate in Hz	Ändert sich dynamisch, bis zu 10 Hz			
	Stadt	3	5	4
	Land / Vororte	6	10	8
	Autobahn	10	10	10
Kommunikationsreichweite in m				
	Stadt	150	300	225
	Land / Vororte	150	500	325
	Autobahn	500	1000	750
IVS Geräte in Kommunikationsreichweite				
	Stadt	320	640	480
	Land / Vororte	180	360	270
	Autobahn	100	200	150
Spektrale Effizienz		0,55	0,6	0,575
Max. Kanallast		0,6	0,75	0,675
Spektrale Effizienz multipliziert mit max. Kanallast		0,33	0,45	0,39
Spektrumsbedarf in MHz				
MCS	Stadt	**23**	**74**	**46**
MCS	Land / Vororte	**26**	**83**	**51**
MCS	Autobahn	**24**	**46**	**36**

⇨ Spektrumsbedarf für eine **typische Parameter Auslegung** (siehe letzte Spalte der Tabelle) für kooperative Umfelderkennung (CPS) und kooperatives automatisiertes Fahren (MCS)

Tabelle 4: zu 5.9 GHz zusätzlicher Spektrumsbedarf für kooperative Umfelderkennung CPS und kooperatives automatisiertes Fahren MCS

	Städtisch	Vororte / ländlich	Autobahn
CPS Spektrumsbedarf insgesamt in MHz aus Tabelle 1 letzte Spalte bei typischer Spezifizierung	57	65	45
MCS Spektrumsbedarf insgesamt in MHz aus Tabelle 2 letzte Spalte bei typischer Spezifizierung	46	51	36
Summe typischer Spektrumsbedarfe CPS + MCS	103	116	81
Davon abgedeckt durch 70 MHz in 5.9 GHz (CPS)	23	26	24
Davon abgedeckt durch 70 MHz in 5.9 GHz (MCS)	23	26	24
Zu 5.9 GHz zusätzlicher Bedarf in MHz für CPS und MCS	**57**	**64**	**33**

[10] Spezifikation nach ETSI draft TS 103 561, ETSI draft TR 103 578