

Konzepte für Mehrwertdienste in der Schifffahrt unter Nutzung des Kommunikationsstandard 5G

Jan Schmidt, Christian Bunse

Hochschule Stralsund, Zur Schwedenschanze 15, 18437 Stralsund

Abstract

In diesem Artikel sollen verschiedene Konzepte für Dienste vorgestellt werden, die mithilfe der 5G-Technologie einen Mehrwert für die wasserseitige Personenbeförderung sowie Wirtschaftshäfen schaffen können. Dabei wird beleuchtet, welche Vorteile die 5G-Technologie im Vergleich zu seinen Vorgängern hat und welche dieser Vorteile konkret von den Diensten genutzt werden sollen.

1. Einleitung

Eine verlässliche Datenübertragung von Schiffsdaten stellt eine nicht zu unterschätzende Herausforderung dar. Durch die Anzahl an Komponenten und Geräten an Bord eines Schiffes kommt hier eine große Rohdatenmenge zusammen. Dies wird umso deutlicher, wenn auf Basis dieser Daten Berechnungen gemacht oder diese in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden sollen. Durch das 5G-Port Projekt, welches im Zuge des 5G-Innovationsprogramm des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr entstand, soll gezeigt werden, dass unter Nutzung des 5G Kommunikationsstandard eine verlässliche und latenzarme Übertragung von Daten auch über größere Distanzen möglich ist. Des Weiteren soll das Potenzial für Wirtschaftshäfen und die gesamte Logistik-, Transport- und Organisationsstruktur innerhalb dieser aufgezeigt werden. Auf Grundlage dieser Daten können Dienste zur autonomen Steuerung und aktiven Gefahrenkontrolle implementiert und durch spätere Analyse und Aufbereitung der Daten weitere Systeme im Bereich der vorausschauenden Wartung oder im Tourismussektor erstellt werden.

2. Der 5G Kommunikationsstandard

Mit LTE setzte zu seiner Zeit schon eine kleine Revolution im Mobilfunksektor ein. So wird der Standard zum Beispiel ausschließlich für die Datenübertragung genutzt und schaffte einen weltweit einheitlichen Standard. Weitere Optimierungen fanden in der genutzten Kanalbandbreite und der genutzten Protokolle statt. Während bei GSM und UMTS-Kanalbreiten von nur 200 kHz bzw. 5 MHz üblichen sind, kann LTE mit einer maximalen Breite von 20 MHz und über Carrier Aggregation sogar mit bis zu 80MHz betrieben werden. Durch diese können maximale Downloadgeschwindigkeiten von bis zu 2 Gbit/s erreicht werden (Sauter, 2022). Diese Datenraten sind in der Praxis jedoch kaum zu beobachten. Daher wurde schnell ein neuer Standard vorgestellt. Mit 5G sollten viele Bereiche von LTE weiter verbessert werden. So wurden bestimmte Frequenzbereiche auf ihre jeweiligen Anforderungen hin optimiert. Besonders bei der Nutzung von hochfrequenten Bereichen (z. B. 3.6 GHz) werden viele Antennen benötigt, weshalb gerade im ländlichen Bereich eher Frequenzen im Bereich von 700 MHz genutzt werden. Grundsätzlich verspricht die 3GPP, das Komitee, welches die Standards verfasst, eine

Downloadrate von bis zu 20 Gbit/s und eine Latenz von unter 1ms. Zudem soll die Abdeckung weiter verbessert werden, da für den 5G Standard kleinere und effizientere Antennen genutzt werden (Brückner, 2022).

Für das 5G-Port Projekt wird ein mobiles 5G-Campusnetz am Seeliner See auf der Insel Rügen errichtet. Dieses wird mindestens den Anforderungen gemäß „3GPP TR 21.915 Release 17“ entsprechen und im 3.7 - 3.8 GHz-Bereich funken. Das Netz wird sich im hochfrequenten Bereich befinden, weshalb nicht mit der maximalen Bandbreite zu rechnen ist. Allerdings liegt der Fokus des Projekts eher auf einer zuverlässigen Verbindung mit niedriger Latenz. Jede 5G-Funkzelle muss dennoch eine Mindestdownloadrate von 1Gbit/s, vorzugsweise sogar 10Gbit/s unterstützen. Die typische Downloadrate soll pro Endgerät bei 500 Mbit/s liegen, wobei im Antennenbereich eine minimale Downloadrate von 250 Mbit/s garantiert werden muss. Am fernsten Punkt eine minimale Downloadrate von 25 Mbit/s (entspricht 10 %) zur Verfügung stehen. Bei Latenzen soll das Netz zuverlässige Verbindungen bei gleichzeitig sehr kurzen Latenzen ermöglichen (uRLLC). Faktisch sollen Ende-zu-Ende Latenzen von kleiner als 20 ms realisiert werden. Für besondere Bereiche des Projektes sollen zudem Latenzen von kleiner 5 ms möglich sein.

3. Mehrwertkonzepte

Das 5G-Port Projekt besteht aus drei Teilprojekten, die ersten beiden Teilprojekte beschäftigen sich dabei mit der Implementierung von Assistenzsystemen zur Unterstützung der Schiffsführung einer Personenfähre sowie die Konzeptionierung und Umsetzung einer automatisierten Hafenlogistik. Mithilfe der anfallenden Daten der ersten beiden Projekte, sowie weiteren Parametern der Personenfähre sollen im dritten Teilprojekte Mehrwertdienste erstellt werden. Hierbei wurden zunächst sechs Umsetzungskandidaten erarbeitet. Diese sind projektspezifisch so ausgelegt, dass sie die Vorteile vom 5G-Netz so gut wie möglich ausreizen. Die Umsetzungskandidaten können grob in zwei Kategorien unterteilt werden: publikumswirksame und technische Dienste. Zur ersten Kategorie gehören das Fahrgastinformationssystem sowie die virtuelle Brücke. Zur zweiten die Konzepte für eine Kraftstoffampel, eine Vibrationsüberwachung im Rumpf, ein Remote Diagnose-Stecker sowie ein Wassertiefenmonitoring. Schlussendlich wurde in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner entschieden, dass die Priorität des Teilprojekts auf den beiden publikumswirksamen Diensten, sowie dem Wassertiefenmonitoring liegen soll, weshalb diese fokussiert werden.

3.1 Fahrgastinformationssystem

Das Fahrgastinformationssystem umfasst eine Art Dashboard, welches statische, aggregierte, aber auch Echtzeit-Informationen anzeigen soll. Zudem verfügt das System über eine Art Mitteilungssystem, welches über Unwetter oder besondere Hinweise zielgerichtet informiert. Hierbei ist es besonders wichtig gewesen, dass das Projekt auch für den Industriepartner und die beteiligten Städte und Gemeinden einen Mehrwert bietet. Folglich wird das Fahrgastinformationssystem in mehrere Bereiche aufgeteilt. Die Städte und Gemeinden setzen dabei eher auf statische Informationen. Dies umfasst das Anzeigen von Veranstaltungen oder Werbung für lokale Sehenswürdigkeiten. Der zweite Bereich konzentriert sich verstärkt auf allgemeine Informationen, die für Touristen vom Vorteil sein könnten. Dazu gehören das vorher angesprochene Mitteilungssystem, welches über einen Wetterdienst, einen Forecast für den restlichen Tag sowie Gefahrenmeldungen, die mithilfe der NINA-API abgerufen werden, ausgibt. Der zweite Teil

der allgemeinen Informationen betrifft die verkehrstechnischen Verbindungen am jeweiligen Standort. Sie informieren über Anschlussverbindungen per Bus und Bahn, sowie über Verspätungen der Fähre. Der letzte Bereich soll medienwirksam Schiffparameter darstellen. Hierbei werden zunächst nur aggregierte Daten dargestellt. Diese werden zum Teil von der auf dem Schiff befindlichen Auswertungseinheit eines Partners ausgegeben, aber auch aus Echtzeitdaten vom Schiff aggregiert. Abbildung 1 zeigt zwei Beispiel Mockups des zukünftigen Systems.



Abbildung 1: Beispiele, wie verschiedene Bereiche des Fahrgastinformationssystems aussehen könnten.

Um dem Anspruch gerecht zu werden, das 5G-Netz mit all seinen Vorteilen zu nutzen, sollen alle Bereiche um einen weiteren Layer erweitert werden. Mithilfe eines Outdoor-Touch-Displays erfolgt die Anzeige des Fahrgastinformationssystems, wodurch mit dem System interagiert werden kann. Diese Möglichkeit der Interaktion wird genutzt, um eine weitere Detailebene in das System zu integrieren. Diese zweite Ebene soll Funktionalitäten hinzufügen, die gemäß dem Projekt verstärkt auf das 5G-Netz setzen. Am Beispiel der Anschlussverbindungen, wird bei Berührung der Kachel eine Karte des Seeliner See geöffnet, welche die Position der Fähre in Echtzeit darstellt. Ähnlich ist es für die Schiffsdaten geplant. Zeigt das Fahrgastinformationssystem zunächst nur aggregierte oder Durchschnittswerte an, so kann durch Berühren ein Ebene aufgerufen werden, welche aktuelle Schiffsdaten in Echtzeit darstellt. Die Echtzeitdarstellung der Daten kann dabei nur durch die niedrige Latenz des 5G-Netzes erreicht werden. Doch auch die Bandbreite spielt für das System eine große Rolle. Die Position des Schiffes kann zwar mit wenig Daten dargestellt werden, doch speziell bei den Schiffsdaten wird eine größere Menge an Daten anfallen, da bis zu 40 Parameter abgefragt werden können. Das Fahrgastinformationssystem wird hardwaretechnisch aus drei Hauptkomponenten bestehen: das Outdoor-Touch-Display mit Ausführungseinheit, eine Recheneinheit auf dem Schiff und eine Serverstruktur auf dem Land. Die Ausführungseinheit im Display soll dabei ausschließlich für die Anzeige der Daten genutzt werden. Alle notwendigen Berechnungen finden auf dem Schiff oder auf dem Server statt. Auch die effektive Speicherung der Daten erfolgt auf dem Server. Dies ist ein weiterer Punkt, der durch das 5G-Netz ermöglicht wird. Da die Aufzeichnungseinheit auf dem Schiff bisher keine direkte Verbindung zum Internet hat, kann diese nur eine begrenzte Anzahl an Daten vorhalten. Die Daten müssen dann entweder manuell oder beim Anlegen per WLAN heruntergeladen werden. Durch das 5G-Netz wäre das Schiff in der Lage während der gesamten Fahrt Daten an einen Endpunkt zu senden. Umgesetzt wird das

Fahrgastinformationssystem dabei ausschließlich mit Webtechnologien, um eine einfache Integration des Systems in andere Displays oder Anzeigeelemente zu ermöglichen. So besitzt jedes Schiff des Industriepartners einen Monitor, über den später ausgewählte Bereiche des Dashboards angezeigt werden können.

3.2. Virtuelle Brücke

Die virtuelle Brücke ist der zweite Mehrwertdienst, der innerhalb des Projektes umgesetzt werden soll. Es handelt sich auch hierbei um ein auf Webtechnologien basierendes System. Die Anzeige des Echtzeit-Videostream vom Schiff erfolgt hierbei auf dem schon erwähnten Outdoor-Touch-Display. Über diesen Videostream soll zusätzlich ein 3D-Modell der Schiffsinstrumente gerendert werden. Im Kern besteht die virtuelle Brücke also aus zwei Komponenten, dem Videostream vom Schiff und dem 3D-Overlay. Der Videostream wird durch eine Weitwinkelkamera direkt an der Frontscheibe des Schiffs realisiert. Die Kamera wird direkt mit einer Recheneinheit auf dem Schiff verbunden und nimmt die Videodaten auf. Anschließend werden diese via WebRTC an das Display gestreamt. WebRTC bietet hierbei eine einfache und schnelle Möglichkeit, Videostream in Echtzeit auf Endgeräten anzuzeigen. Das 3D-Overlay soll ein realitätsnahes Abbild der Instrumente des Schiffes sein. Zusätzlich sollen die einzelnen Elemente des 3D-Modells in Echtzeit die Parameter des Schiffes anzeigen. Jeder Knopf und jede Hebelstellung soll dabei so genau wie möglich die Realität wiedergeben.

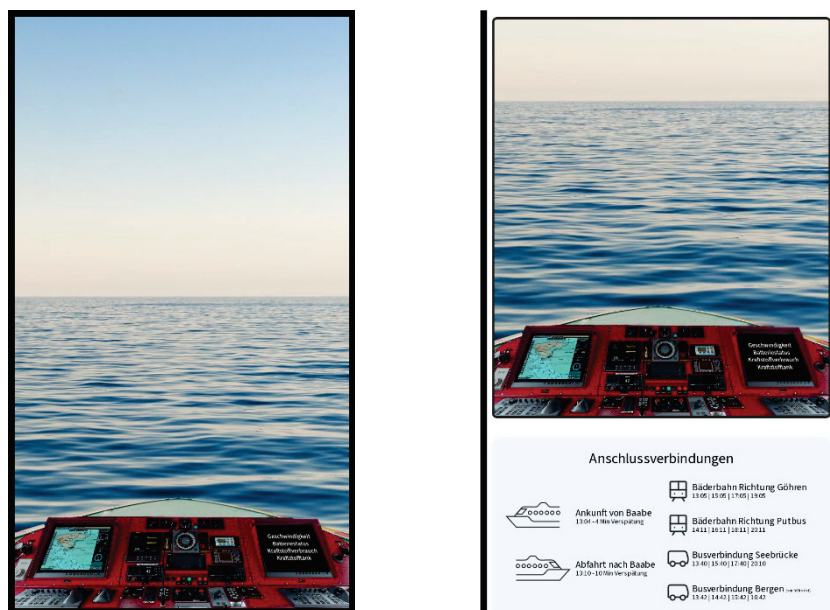


Abbildung 2: Virtuelle Brücke als Vollbild (links) und in Kombination mit Fahrgastinformationssystem (rechts)

Abbildung 2 zeigt die beiden möglichen Einsatzmodis. Die virtuelle Brücke und das Fahrgastinformationssystem sind unabhängige Dienste, um einen separaten Betrieb zu gewährleisten. Trotzdem soll die Möglichkeit bestehen, beide in Kombination anzuzeigen. Dadurch ist es möglich, die virtuelle Brücke im Vollbild auszuführen, was für die spätere weitere Nutzung noch von Bedeutung sein könnte. Zunächst wird sich für das Projekt die Ansicht auf die zweite Variante beschränkt. Hier werden die Anschlussverbindungen und das Mitteilungssystem des Fahrgastinformationssystems jederzeit angezeigt. Bei der virtuellen Brücke wird das gesamte Potenzial von 5G ausgeschöpft. Um ein klares und flüssiges Bild in Echtzeit zu erhalten, sind sowohl die

hohe Bandbreite, als auch die zuverlässige Verbindung mit niedriger Latenz besonders wichtig. Aufgrund des Parallelbetriebs von Fahrgastinformationssystem und virtueller Brücke können mit alternativer Funktechnik nicht mehr die gewünschten Ziele erreicht werden.

3.3. Wassertiefenmonitoring und Vibrationsanalyse Rumpf

Bei diesen beiden Diensten handelt es sich zwar um verschiedene Ansätze, jedoch nutzen sie grundsätzlich die gleichen Methoden und haben ähnliche Ziele. Die Mehrwertdienste beziehen sich hierbei eher auf die nachträgliche Auswertung der Daten als auf die Datensammlung selbst. Beim Wassertiefenmonitoring erfolgt eine Abtastung des Meeresbodens mittels Sonars. Der Service sieht vor, dass eine Prozedur entwickelt wird, die es ermöglicht, die aufgenommenen Sonardaten relativ einfach in Unterwasserkarten zu überführen. Folglich sollen Hinweise über Untiefen und Sandbänke erlangt werden, um mögliche Kollisionen vorzubeugen. Mithilfe von Kontaktmikrofonen an im Rumpf und an kritischen sich bewegenden Teilen (Pumpen, Motoren, etc.), werden entstehende Vibrationen aufgenommen und eine Vibrationsanalyse durchgeführt. Diese sollen, wie schon beim Wassertiefenmonitoring erwähnt, vorzugsweise automatisiert, analysiert werden und könnten so Hinweise auf Verschleiß oder Kollisionen am Rumpf geben. Die Analyse nutzt dabei die Fourier-Transformation, welche es ermöglicht, auch kleinste Abweichungen im Frequenzband ausfindig zu machen. Zunächst wird eine Grundvibration aufgenommen, welche mit späteren Aufnahmen verglichen wird. Im Sinne der vorausschauenden Wartung können so Ausfallzeiten und größere Schäden minimiert werden. Im Gegensatz zum Fahrgastinformationssystem und der virtuellen Brücke spielt hier besonders die Bandbreite eine große Rolle. Durch das Sonar und die Mikrofone werden eine Vielzahl von Daten gesammelt, welche es beim Anlegen in Gänze zu übertragen gilt. Das Wassertiefenmonitoring wird auch innerhalb des Projektes umgesetzt. Der Dienst wird dabei jedoch federführend durch einen weiteren Industriepartner übernommen.

3.4. Kraftstoffampel

Das Konzept der Kraftstoffampel trifft ein sehr aktuelles Thema. Der Treibstoffverbrauch bei dieselbetriebenen Schiffen macht einen erheblichen Kostenfaktor aus. Dieser Dienst ist besonders für die Anwendung mit mehreren Schiffen konzipiert. Die Kraftstoffampel sieht vor, dass aufgrund von zuvor ermittelten idealen, orts- und richtungsbezogenen Routenprofilen das aktuelle Fahrverhalten des Schiffsführers analysiert und dieser per Ampelsystem auf seine Fahrweise hingewiesen wird. Über einen zusätzlichen Monitor soll der Schiffsführer zunächst die zu fahrende Route wählen und erhält anschließend die aktuellen Soll-Ist-Werte, Differenzen sowie die aktuelle Ampelfarbe. Da die ermittelten Profile jedoch idealisiert sind, gehen diese weder auf Windrichtung, Windstärke noch auf den Pegelstand o. Ä. ein. Diese Parameter sind jedoch wichtig, um das aktuelle Fahrverhalten ausreichend zu bewerten. Die Sollwerte der Profile müssen somit ständig auf die äußeren Einflüsse angepasst werden. Die Berechnung erfolgt während der Fahrt, da eine vorherige Berechnung für alle möglichen äußeren Einflüsse nicht praktikabel ist. Aufgrund der nötigen Rechenpower und dem begrenzten Platz bzw. der notwendigen Anzahl an Beschaffungen kommen keine Recheneinheiten auf den Schiffen in Frage. Die Berechnung soll daher zentral auf einer Serverstruktur ausgeführt werden. Das 5G-Netz spielt für die Übertragung der Daten wieder eine tragende Rolle. Zwar ist die Latenz in diesem Bereich nicht von Priorität, jedoch ist diese auf keinen Fall zu vernachlässigen.

Besonders wichtig ist in diesem Fall die Bandbreite, im Speziellen die minimale Bandbreite an Positionen im Netz, die weit entfernt von der nächsten Antenne sind. Um die Zuverlässigkeit des Systems zu gewährleisten, ist eine stetige Verbindung mit ausreichender Bandbreite zum Server unabdingbar.

3.5. Remote Diagnose-Stecker

Die im Projekt eingesetzten Schiffe verfügen derzeit über Diagnosesysteme von Iveco und Volvo. Die Verbindung mit diesen muss aufgrund von Latenzanforderungen zurzeit von einem Techniker am Liegeplatz des Schiffes geschehen. Somit muss jeder Techniker auch bei Ausfällen zum Ort des Schiffes reisen, um dort eine Analyse der Bordsysteme durchzuführen. Dieser Dienst soll es ermöglichen, durch die geringe Latenz des 5G-Netzes die Steckerverbindung zu virtualisieren. Somit wären die Techniker in der Lage, sich von einer zentralen Basis auf verschiedene Schiffe einzuwählen. Dies könnte, je nach Abdeckung des 5G-Netzes, auch während der Fahrt geschehen.

4. Evaluation

Ziel des Projekts ist die Evaluierung von 5G-Technologie, bspw. in Form von Campus-Netzen, in maritimen Anwendungsszenarien. Die Evaluation umfasst zum einen die Messung von netzspezifischen Qualitätskriterien, wie Bandbreite, Latenz oder Reichweite, sowie die Untersuchung von Technologien, wie Beamforming oder „Open Radio Access Network“ (OpenRAN), in diesem Kontext. Dazu werden, nach Errichtung der Campusnetze direkte Messungen vorgenommen. Erfasst werden dazu Werte zu Eigenschaften wie bspw. Signalstärke, UVP, RSRQ, SINR, Zellen-ID und physische Zellen-ID etc. Ziel ist dabei zum einen die Prüfung der Einhaltung der Netz-Spezifikation und zum anderen der Zustand des Netzes im Lastbetrieb.

Der Lastbetrieb betrifft die Prüfung der Übertragungsqualität und Geschwindigkeit in Bezug auf die spezifizierten Anwendungsszenarien. Dies sind bspw. im Bereich der Mehrwertdienste die Übertragung von Live-Videodaten, der Bulk-Versand von Diagnosedaten zu den Liegezeiten im Hafen oder aber auch der Betrieb der virtuellen Brücke unter Echtzeit-Bedingungen. Diese Messungen sind erforderlich, da 5G-Campusnetze unter idealisierten Bedingungen konzipiert und spezifiziert werden. Variable Einflussfaktoren, wie Wetter sowie andere technische- sowie Umwelteinflüsse, müssen für praxisnahe Ergebnisse im laufenden Betrieb überwacht, analysiert und evaluiert werden. Speziell die Latenzen bei der virtuellen Brücke und die Downloadrate beim Wassertiefenmonitoring sind hierbei von besonderem Interesse. Grundsätzlich erfolgt eine Überwachung der Latenz und der Downloadrate bei allen Diensten. Bei Performanceeinbrüchen oder schlechten Verbindungen sollen bestimmte Dienste in der Lage sein, auf diese gezielt zu reagieren.

Die Evaluation der Effektivität der implementierten Mehrwertdienste ist ein Schwerpunkt des Projekts. Im Zentrum der Evaluation stehen die folgenden Forschungsfragen:

- Verbessert sich der Nutzen und die Qualität der Mehrwertdienste durch den Einsatz von 5G-Technologie?
- Wie hoch ist der (quantitative/qualitative) Mehrwert?
- Werden die Mehrwertdienste vom Benutzer verstanden und angenommen (Akzeptanz)?

- Gibt es eine (weitere) Verbesserung durch Kombination der Dienste mit 5G-Technologie?

Zusammengefasst werden alle im Rahmen des Projekts entwickelten Technologien, und insbesondere die Mehrwertdienste umfassend sowohl auf Netzbasis als auch mit Methoden der ingenieurmäßigen Software-Entwicklung direkt am Benutzer selbst evaluiert. Auf Ebene des Gesamtprojekts soll zusätzlich der Mehrwert von 5G in maritimen Anwendungsszenarien untersucht und somit eine Nutzungs- bzw. Handlungsempfehlung entwickelt werden.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die vorgestellten Dienste zeigen sehr gut, dass es viele Möglichkeiten gibt, die 5G-Technologie in Wirtschaftshäfen zu nutzen. Die Ausarbeitung technischer- als auch publikumswirksamer Konzepte gibt Hinweis darauf, dass großes Potenzial in der Verwendung von 5G im Schiffsverkehr liegt. Dies ist besonders dann interessant, wenn der finanzielle Aspekt mitbetrachtet wird. Bis auf das Wassertiefenmonitoring, können den Diensten mehr oder weniger große finanzielle Nutzen zugeschrieben werden. Diese sind zum Teil indirekt, wie bei den publikumswirksamen Diensten, die eher als Marketing zu sehen sind. Aber auch direkte Einsparungen von Kosten, wie bei der Rumpfanalyse, der Kraftstoffampel und dem Diagnose-Stecker sind möglich. Auf lange Sicht zählt hier auch die virtuelle Brücke dazu, die im Ausblick auf die Zukunft bidirektional aufgebaut werden kann und somit einen ersten Schritt für die Fernsteuerung von Schiffen ermöglicht. Weiterhin können durch die Erkenntnisse der virtuellen Brücke ähnliche 3D Systeme für die Schiffsdaten im Fahrgastinformationssystem und den für den Diagnose-Stecker erstellt werden. Hier könnte eine 3D-Modell des Schiffes alle wichtigen Parameter dort anzeigen, wo sie auch in der Realität auftreten. Diese Szenarien sind bereits aus der Autoindustrie bekannt, dies wird jedoch nur lokal auf dem Auto ausgeführt, wodurch keine Interaktion von außen möglich ist. Schlussendlich können die gesammelten Erkenntnisse auch in andere Bereiche übertragen werden. Hierbei bietet sich der öffentliche Personennahverkehr besonders als weitere Testgruppe an.

Quellen

Sauter, M. (2022). *Grundkurs Mobile Kommunikationssysteme: 5G New Radio und Kernnetz, LTE-Advanced Pro, GSM, Wireless LAN und Bluetooth*. Springer Vieweg.

Brückner, V. (2022). *Globale Kommunikationsnetze: über Digitalisierung, elektromagnetische Wellen, Glasfasern und Internet*. Springer Vieweg.