

5G TODAY – VERSORGUNGS- PROGNOSEN UND FELDTTESTS

ANETA BAIER, KERSTIN PFAFFINGER, MAHMOUD ALMARASHLI

Im Forschungsprojekt 5G TODAY wurde weltweit das erste großflächige 5G-Testfeld für Fernsehübertragungen auf mobile Endgeräte betrieben. Gefördert von der Bayerischen Forschungsförderung (BFS), erprobten die Projektpartner Institut für Rundfunktechnik (IRT), Kathrein Broadcast und Rohde & Schwarz sowie die assoziierten Projektpartner Bayerischer Rundfunk (BR) und Telefónica Deutschland die TV-Verbreitung für eine künftige 5G-Technologie. Das Projekt stieß auf weltweit großes Interesse – in der Rundfunkbranche und darüber hinaus.

Die unter dem Begriff 5G Broadcast bekannte Technologie ermöglicht die Rundfunkverbreitung auf Basis des 4G/5G-Mobilfunkstandards. Sie basiert auf der FeMBMS (Further Evolved Multimedia Broadcast Service)-Spezifikation, die im Sommer 2017 im 3GPP Release 14 mit dem Ziel verabschiedet wurde, die Belange der Rundfunkanbieter besser zu berücksichtigen. Zu den wichtigsten Eckpunkten der FeMBMS-Spezifikation zählen: der Empfang der Medieninhalte ohne SIM-Karte und ohne Authentifizierung, die Verfügbarkeit von bis zu 100 Prozent der Übertragungskapazität für Rundfunkanwendungen, sowie die Realisierung deutlich größerer Senderabstände als in der Mobilfunkwelt üblich.

Die Erprobung der TV-Verbreitung über 5G Broadcast fand vom 1. Juli 2017 bis 29. Februar 2020 statt. Zuerst wurden Komponenten für Sende- und Empfangstechnik entwickelt und anschließend ein Testfeld im Bayerischen Oberland in Betrieb genommen. Zwei Hochleistungssender mit je 100 Kilowatt Antennenleistung an den Standorten Ismaning und am Wendelstein versorgten das gesamte Bayerische Oberland. Auf Basis dieses High-Power-High-Tower-Konzepts (HPHT) wurde die großflächige Ausstrahlung von Fernsehprogrammen über 5G Broadcast getestet. Im Rahmen des Projektes fanden umfangreiche Voruntersuchungen, Simulationen und Feldmessungen statt, mit dem Ziel, 5G Broadcast als Rundfunktechnologie zu evaluieren. Die Versorgungsprognosen und einige wesentliche Ergebnisse der Feldmessungen werden hier vorgestellt.

1. Grundlagen

Die FeMBMS-Spezifikation im 3GPP Rel. 14 des LTE/5G-Standards soll die Rundfunkübertragung im SFN (Single Frequency Network) über HPHT-Netze ermöglichen. Hierzu wurden LTE Numerologies definiert, welche durch die Verwendung geringer Trägerabstände große Cyclic Prefix (CP)-Längen erlauben. Tabelle 1 zeigt die Symbollängen und CP-Längen für verschiedene Subframe-Typen.

Für den Trägerabstand von 1,25 kHz ergibt sich eine CP-Länge von 200 μ s. Diese Konfiguration ist für die Datenübertragung spezifiziert. Für die Synchronisation und Signalisierung im Rahmen einer 100-prozentigen MBSFN-Übertragung werden jedoch noch zusätzliche Kontrollinformationen benötigt, welche im CAS-Signal mit einem CP von 16,67 μ s enthalten sind. Abbildung 1 zeigt den schematischen Aufbau eines FeMBMS-Radioframes und die Lage des darin befindlichen CAS-Signals (rot markiert). Das CAS-Signal befindet sich auf dem Subframe #0 und wird mit einer Periode von 40 ms übertragen. Es ist somit in jedem vierten LTE-Radioframe enthalten. In den restlichen 39 MBSFN-Frames werden die Daten übertragen. Eine Versorgung für das Datensignal ist nur dann gewährleistet, wenn sowohl das MBSFN- als auch das CAS-Signal empfangen werden können. Das CAS-Signal verfügt nur über ein sehr kurzes CP, was es für den Gleichwellennetzbetrieb in HTHP-Netzen unattraktiv macht. Es ist dafür jedoch deutlich robuster und benötigt ein wesentlich geringeres C/N (Carrier to Noise) als das entsprechende Datensignal.

Zwei Varianten hinsichtlich der inhaltlichen Belegung des CAS-Signals der einzelnen Sender sind möglich: Üblicherweise sind die im CAS-Signal festgelegten PCIs (Physical Cell Identity) unterschiedlich. Alternativ lassen sich die Sender jedoch auch mit identischen PCIs als SFN betreiben und können somit von einem sogenannten „SFN-Gewinn“ profitieren. Das FeMBMS-Signal kann verschiedene MCS (Modulation and Coding Scheme) annehmen. Im Rahmen von 5G TODAY wurde hauptsächlich MCS9 mit QPSK-Modulation untersucht.

Tabelle 1: Symbollängen für CAS and MBSFN-Teil des FeMBMS-Signals

Subframe-Typ	Funktion	Symbol-länge	Cyclic Prefix (CP)	Träger-abstand
CAS (Cell Acquisition Subframe)	Synchronisation & Signalisierung	66,67 μ s	16,67 μ s	15 kHz
MBSFN (Multimedia Broadcast Single Frequency Network)	Daten	800 μ s	200 μ s	1,25 kHz

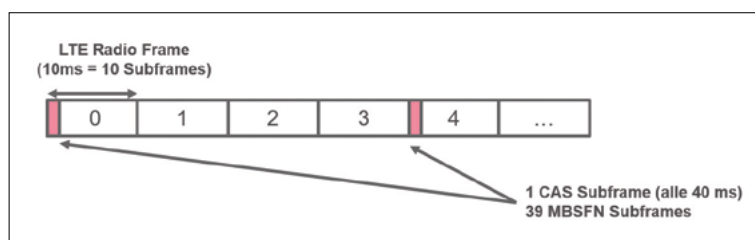


Abbildung 1: FeMBMS Radioframe



Abbildung 2: 5G TODAY Sendernetz

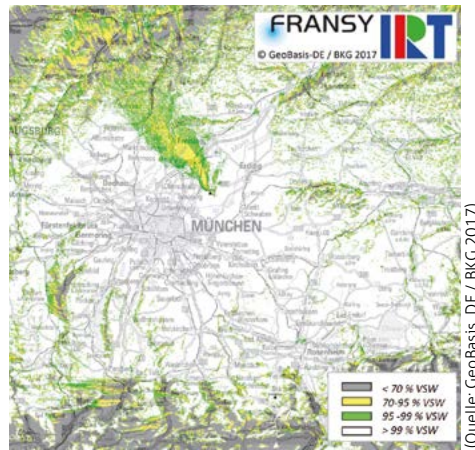


Abbildung 3: Mobiler Empfang für das Datensignal (MBSFN) für MCS9

2. Sendernetz und Versorgungsprognose

Zur Umsetzung der Versorgungsanforderungen wurde ein Sendernetz mit zwei Sendern an Standorten des Bayerischen Rundfunks konzipiert. Die Sendernetzkonstellation ist Abbildung 2 zu entnehmen. Die Ausstrahlung erfolgte im Kanal 56 auf Basis eines FeMBMS-Signals mit 5 MHz Bandbreite und einer Sendeleistung von jeweils 100 kW ERP für den Sender Wendelstein und 100 kW für den Sender Ismaning. Der Abstand zwischen den beiden Sendern beträgt ca. 63 Kilometer. Der Sender Wendelstein hatte eine Schwerpunkthöhe der Antenne von 54 Metern, der Standort selbst liegt jedoch sehr exponiert auf einer Höhe von ca. 1.800 Meter über dem Meeresspiegel. Das Sendesignal wurde auf die bereits vorhandene, vertikal polarisierte DVB-T2-Antenne aufgeschaltet. Am Sender Ismaning betrug die Schwerpunkthöhe der Antenne 215 Meter. Für diesen Standort wurde von der Firma Kathrein eine neue Antenne entwickelt, mit der das Signal wahlweise horizontal, vertikal oder rechtsdrehend zirkular polarisiert abgestrahlt werden konnte. Für die im Folgenden beschriebenen Messungen wurde die Sendeantenne in Ismaning mit vertikaler Polarisation eingesetzt.

Als Basis für die Planungsparameter wurden die Empfehlungen aus EBU TRO34 [1] zu Grunde gelegt und entsprechend der geforderten Mobilempfangsprognosen für den Autoempfang mit externer Antenne modifiziert. Die Parameter sind in *Tabelle 2* zusammengefasst. Die Prognose der Versorgungswahrscheinlichkeit für die FeMBMS-Ausstrahlung erfolgte auf Basis klassischer Rundfunkplanungstools und wurde mittels der Planungssoftware FRANSY erstellt. Für die Netzplanung und -konzeption im Rahmen von 5G TODAY wurde sowohl das IRT 2D-Modell als auch das IRT 3D-Modell eingesetzt. In *Abbildung 3* ist die Versorgungsprognose für das Datensignal mit MCS9 zu sehen. Die dargestellte Mobilempfangsprognose wurde mittels IRT 2D-Modell berechnet. Es lässt sich erkennen, dass für die Datensignale eine sehr gute mobile Versorgung im Großraum München zu erwarten ist.

Ein zusätzlicher Gewinn hinsichtlich der Prognosequalität ist durch den Einsatz eines 3D-Ausbreitungsmodells zu erreichen, welches Mehrwegeausbreitung auch über die Vertikalebene hinaus berücksichtigt. Exemplarisch ist in *Abbildung 4* die Prognose auf Basis hochaufgelöster Topo- und Morphodaten für die Feldstärke des Senders Ismaning dargestellt. Die Berechnung wurde mit dem IRT 3D-Modell durchgeführt. Die Prognose vermittelt einen Eindruck über die Abhängigkeit der Feldstärke von der Morphographie. So zeigen sich sehr differenzierte Feldstärkeverläufe, welche die zugrundeliegenden morphographischen Gegebenheiten

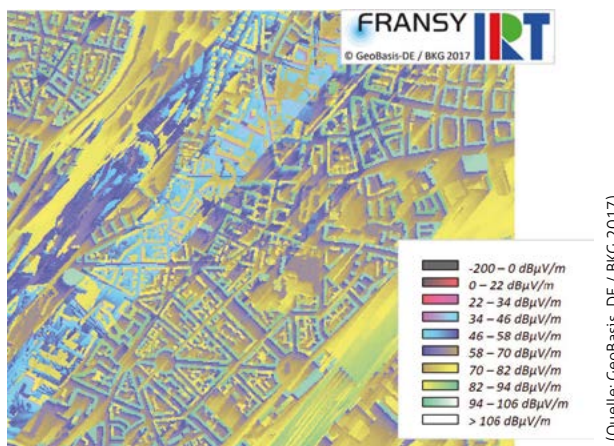


Abbildung 4: Versorgungsprognose mit 3D-Ausbreitungsmodell (Sender Ismaning)

ten plastisch widerspiegeln. Der Gewinn, der sich durch die Reflexionsberücksichtigung ergibt, ist in *Abbildung 5* dargestellt. Es profitieren insbesondere solche Orte von den Reflexionen, welche ansonsten topo- bzw. morphographisch bedingt (beispielsweise durch Abschattung) nur schlecht mit Feldstärke vorsorgt wären. Die Berücksichtigung der Reflexionen erhöht die Prognosegenauigkeit und erlaubt somit bereits im Vorfeld eine deutlich detailliertere Planung des Sendernetzes.

Tabelle 2: Planungsparameter für mobilen Empfang

	Mobil-empfang MBSFN	Mobil-empfang CAS
C/N [dB] (hier für MCS 9)	10,7	-6
Bandbreite [MHz]	5	5
Empfängerrauschzahl [dB]	6	6
Man made noise [dB]	1	1
Kabeldämpfung [dB]	0	0
Empfangsantennengewinn [dBd]	0	0
Ortsstreuung [dB] (kombiniert)	5,5	5,5
Resultierende Mindestfeldstärke [dBµV/m] (10 m Empfangshöhe, 50 % Ortswahrscheinlichkeit)	43,0	26,6
Resultierende Mindestfeldstärke [dBµV/m] (10 m Empfangshöhe, 99 % Ortswahrscheinlichkeit)	55,8	39,4

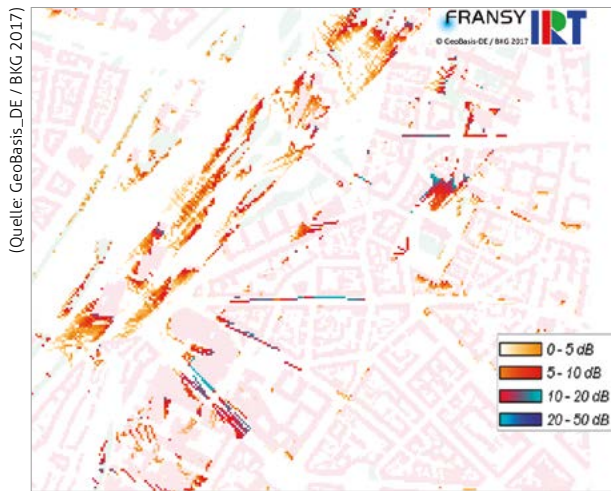


Abbildung 5:
Feldstärke-
gewinn durch
Reflexionsberücksichtigung

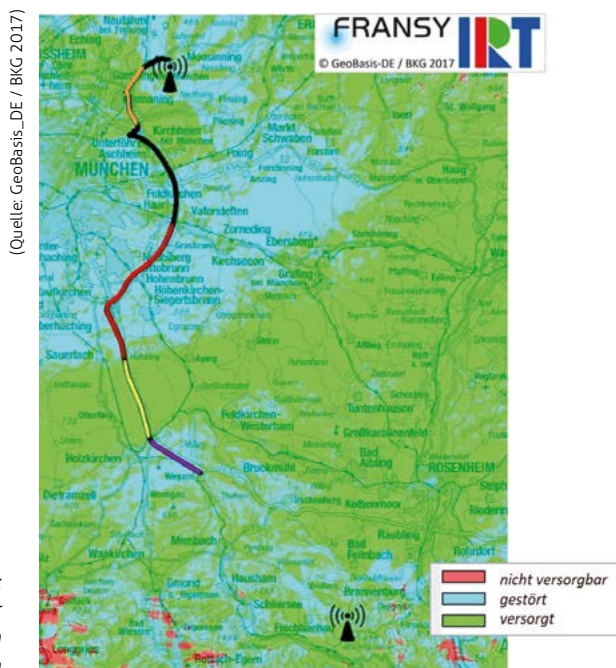


Abbildung 6:
Messroute für
die mobilen
Messungen

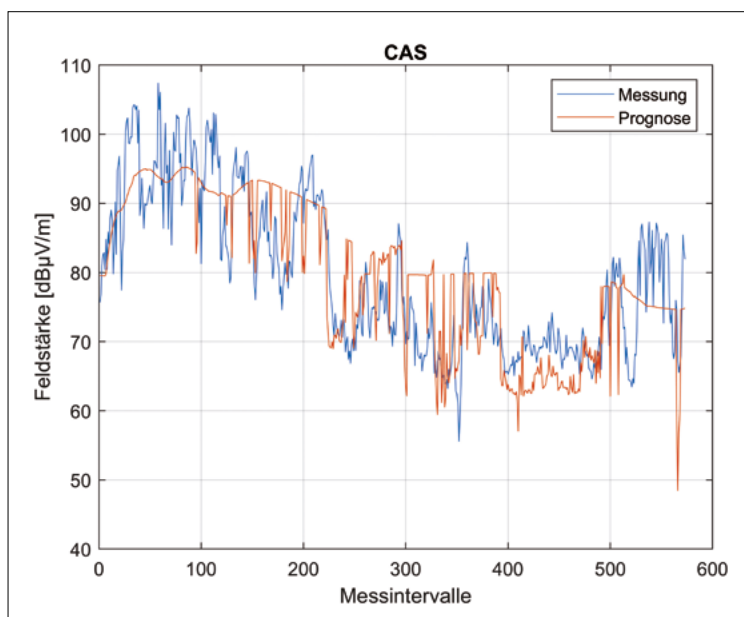


Abbildung 7: Vergleich CAS-Messwerte und Prognosen auf der Messroute

3. Verifizierung der Versorgungsprognose und Ergebnisse der Feldtests

Im Rahmen des Projektes fanden sowohl stationäre als auch mobile Messungen statt, mittels derer insbesondere der Einfluss des CAS-Signals auf die Empfangsqualität untersucht werden sollte. Zur Beurteilung der Netzkonzeption wurden sowohl das RSRP (Reference Signal Received Power) als auch das CINR (Carrier to Interference plus Noise Ratio) analysiert. Da es im Rundfunk üblich ist, die Empfangssituation auf Basis von Feldstärken anstelle von Leistungen zu bewerten, wurden die RSRP-Leistungswerte in eine korrespondierende Feldstärke für ein 5MHz-Signal umgerechnet.

Für die Messungen wurde die Messsoftware KSA der Firma Kathrein Broadcast/Enkom eingesetzt. Es wurde sowohl das MBSFN-Datensignal mit einem Cyclic Prefix (CP) von 200 μ s betrachtet, als auch das CAS-Signal mit einem CP von 16,7 μ s.

3.1 Mobile Messungen

Die Messroute ist in *Abbildung 6* dargestellt. Sie verläuft vom Sender Ismaning in Richtung Sender Wendelstein und durchquert dabei verschiedene Versorgungssituationen. Die Prognose des Versorgungspotenzials für das CAS-Signal ist ebenfalls der *Abbildung 6* zu entnehmen. Es werden versorgte Bereiche (grün), durch Eigeninterferenz gestörte Bereiche (blau) und aufgrund von Feldstärkemangel nicht versorgbare Bereiche (rot) ausgewiesen.

Zunächst wurde hinsichtlich der Messwerte eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt, wozu die in Feldstärkewerte umgerechneten gemessenen RSRP-Werte mit den in FRANSY prognostizierten Feldstärkewerten verglichen wurden. Zu diesem Zweck wurden für die Messwerte jeweils Medianwerte über 100-Meter-Teilstrecken gebildet, um eine Vergleichbarkeit mit den auf 100x100m-Pixeln durchgeführten Prognosen herzustellen. *Abbildung 7* zeigt einen Vergleich der Messwerte für das CAS-Signal mit der Prognose. Für den Fehler zwischen Messung und Prognose ergibt sich in diesem Fall eine rechtssteile Verteilung mit einem Mittelwert von -0,2 dB (Medianwert 0,8 dB) und eine Standardabweichung von 6,9 dB. Auch der nichtlineare Korrelationskoeffizient gemäß [2] als Maß für den Zusammenhang zwischen gemessener und berechneter Feldstärke weist in diesem Fall einen sehr guten Wert auf und zeigt damit für diese Messroute eine sehr hohe Übereinstimmung der Werte an. Unter diesem Aspekt erscheinen die Messwerte plausibel und wurden daher nachfolgend weiteren Analysen unterzogen.

Nach der Verifizierung erfolgten die ersten Messungen, für die beide Sender mit gleichem PCI betrieben wurden. Für die Analyse wurden aus den Messwerten Medianwerte über eine Messstrecke von jeweils acht Metern erstellt. Dieses Vorgehen diente der Eliminierung von Fast-Fading-Effekten, die gemäß [3] durch eine Medianwertbildung über einen Sektor von 20 Wellenlängen erreicht werden. Eine Darstellung der gemessenen CINR-Werte über der Messroute findet sich in *Abbildung 8*. Das CINR steht für das Träger-Interferenz-Verhältnis und ist ein wichtiger Parameter für die Beurteilung der Qualität des Empfangssignals. Wenn das CINR einen erforderlichen Mindestwert übersteigt, kann vom Empfang eines störungsfreien Videosignals ausgegangen werden.

3.1.1 Einfluss des PCI

Anschließend erfolgte ein Vergleich der Messwerte für unterschiedliche und gleiche PCIs. Zu diesem Zweck wurde zunächst für die gesamte Messroute jeweils für die Feldstär-

ke sowie für das CINR die kumulative Verteilungsfunktion berechnet. Dies erfolgte sowohl für das MBSFN-Signal, als auch für die beiden CAS-Signale der Sender Ismaning und Wendelstein. Darüber hinaus wurde im Sinne eines Best-Server-Ansatzes aus den beiden CAS-Werten jeweils der bessere für die Auswertung herangezogen und den Einzelsenderwerten gegenübergestellt. Dies entspräche einem Empfänger, der in der Lage wäre, sich in jeder Situation auf den Sender zu synchronisieren, der hinsichtlich der Feldstärke bzw. dem CINR das beste Ergebnis liefert.

Die Kurven in *Abbildung 9* stellen die inverse kumulative Verteilungsfunktion dar, aus der sich die Überschreitungswahrscheinlichkeit ablesen lässt. So kann beispielsweise für das MBSFN-Signal abgelesen werden, dass ein Feldstärkewert von 70 dBµV/m mit einer Wahrscheinlichkeit von 70 Prozent auf der Messroute überschritten wird. Wie *Abbildung 9* zeigt, liegen die Werte für das gemessene CAS-Signal bei Gleichwellennetzbetrieb (gleiche PCIs) und für das CAS-Signal unter Annahme eines Best Server-Ansatzes sehr dicht beieinander. Hier ist also über die gesamte Messstrecke betrachtet kein großer Effekt hinsichtlich des Gleichwellennetzbetriebs (Netzgewinn oder Eigeninterferenz) erkennbar. Auch MBSFN- und CAS-Signal zeigen für die Feldstärke ähnliche Werte. Beim CINR weist das MBSFN-Signal hingegen deutlich höhere Werte als das CAS-Signal auf. Dies ist sowohl bei gleichen als auch bei unterschiedlichen PCIs (Best Server) der Fall und kann als Indiz dafür gewertet werden, dass das MBSFN-Signal auch bei unterschiedlichen PCIs von einem gewissen „SFN-Gewinn“ profitiert. Für die Versorgung mit 5G Broadcast könnte in diesem Zusammenhang auch von Bedeutung sein, wie die Synchronisationsstrategie des Empfängers realisiert ist – beispielsweise, ob sich der Empfänger auf das erste oder auf das stärkste Signal synchronisiert.

Da es in Ermangelung kommerzieller Empfänger bisher keine klare Zuordnung der Messparameter zur objektiven und/oder subjektiven Empfangsqualität gibt, konnte eine Abschätzung der möglichen Versorgung lediglich auf Basis der in *Tabelle 2* aufgeführten Mindestfeldstärken und C/N-Werte erfolgen. Es lässt sich auf der hier betrachteten Messroute feststellen, dass sowohl für das CAS- als auch für das MBSFN-Signal ausreichend Feldstärke für eine Mobilversorgung gegeben wäre (unter Berücksichtigung eines Höhenabschlags von 10 Metern auf 1,5 Meter Empfangshöhe).

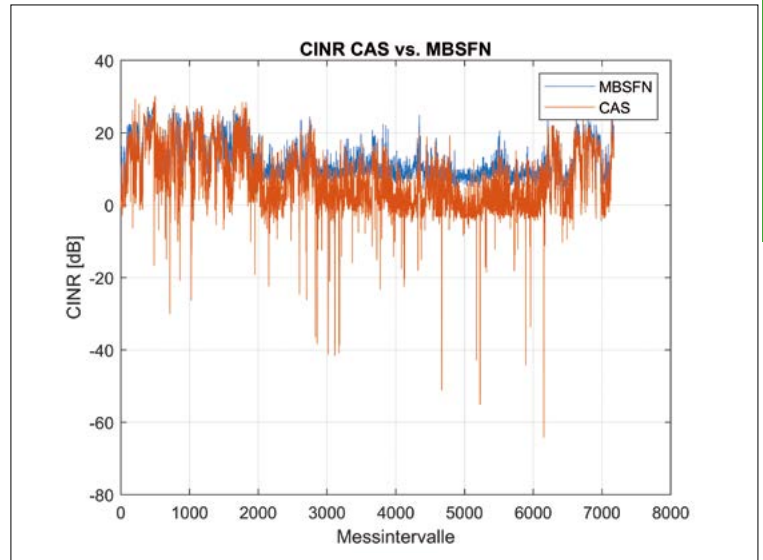


Abbildung 8: Gemessenes CINR auf der Messroute bei gleichem PCI (MCS 9)

Das gemessene CINR hingegen überschreitet den erforderlichen C/N-Wert auf der betrachteten Messroute zwar für das CAS-Signal mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit, für das MBSFN-Signal jedoch nur mit einer Wahrscheinlichkeit von ungefähr 50 Prozent. Allerdings ist die abfallende Flanke in diesem Fall sehr steil, so dass ein geringfügig kleinerer erforderlicher C/N-Wert bereits mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einer Versorgung führen würde.

3.1.2 Vergleich Einzelsender und SFN

Es erfolgte darüber hinaus ein Vergleich zwischen den Einzelsendern und dem Gleichwellennetz (SFN) hinsichtlich des CINRs und BLERs (Block Error Rate) für das Datensignal. Die Vergleichsmessungen wurden auf einer kürzeren Route in der Münchner Innenstadt durchgeführt. Im SFN-Fall hatten die beiden Sender Ismaning und Wendelstein das gleiche PCI, im Einzelsenderfall entsprechend unterschiedliche PCI. In *Abbildung 10* sind die Überschreitungswahrscheinlichkeiten des CINRs auf der Stadtroute dargestellt. *Abbildung 11*

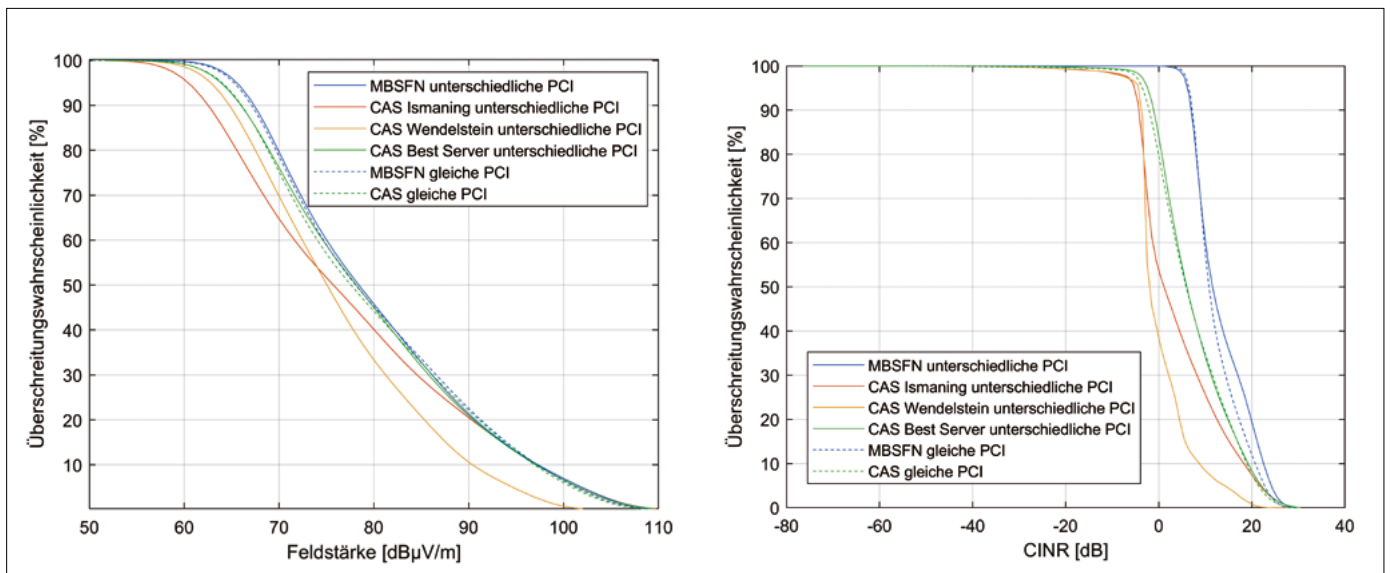


Abbildung 9: Überschreitungswahrscheinlichkeit für Feldstärke und CINR auf gesamter Messroute

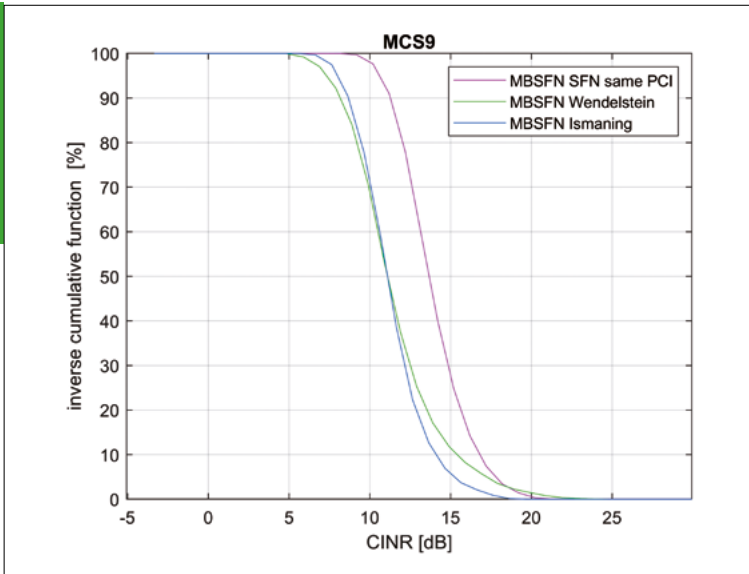


Abbildung 10: CINR-Vergleich Einzelsender und SFN für das Datensignal auf der Route in der Münchner Innenstadt

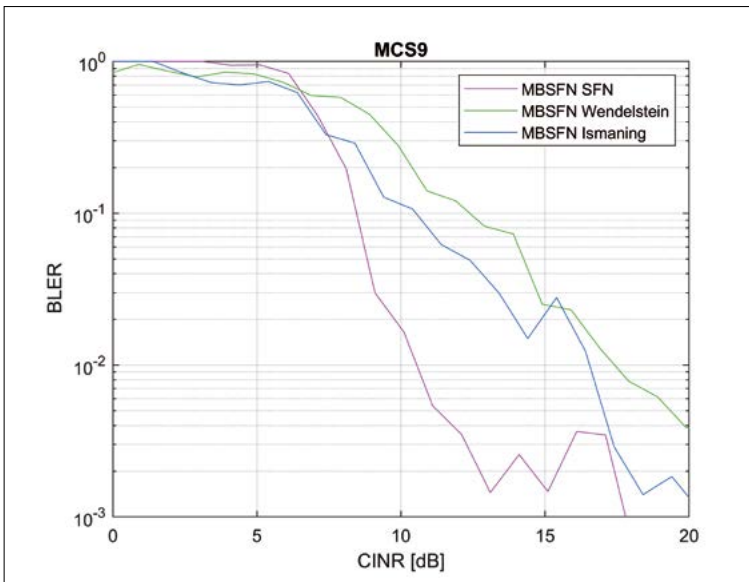


Abbildung 11: BLER-Vergleich Einzelsender und SFN für das Datensignal auf der Route in der Münchner Innenstadt

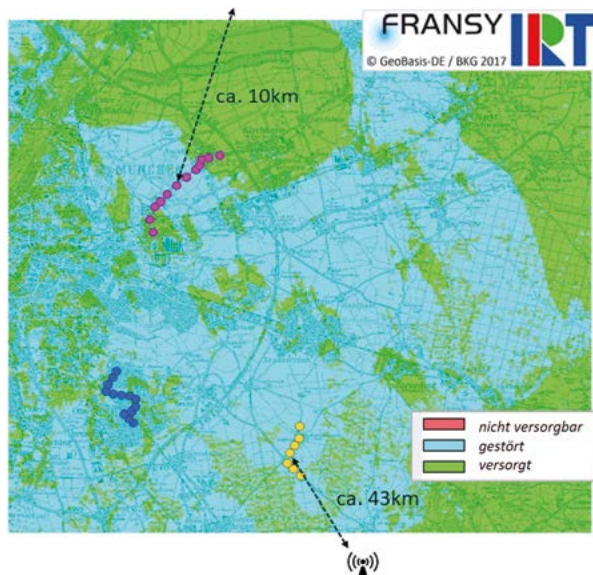


Abbildung 12: Messpunkte für stationäre Messungen (Quelle: GeoBasis-DE / BKG 2017)

Quelle: IRT



ANETA BAIER

ist am IRT im Bereich Future Networks als Senior Engineer tätig. Sie war die Projektleiterin des Bayerischen Forschungsprojektes 5G TODAY.

➔ www.irt.de

zeigt die dazugehörige Auswertung der BLER. Beide Abbildungen beziehen sich auf den Sendebetrieb mit MCS9.

Ein Netzgewinn für das SFN im Vergleich zum Einzelsender ist in beiden Abbildungen zu erkennen. Das CINR des Gleichwellennetzes ist merklich höher als das der beiden Einzelsender. Auch in der BLER erreicht man durch den SFN-Betrieb erkennbar verbesserte Werte. Im Bereich der für MCS9 angenommenen 10,4 dB CINR liegt der Wert für die BLER des SFNs bei ungefähr 10^{-2} , der bessere Einzelsender erreicht hingegen nur einen Wert von 10^{-1} .

3.2 Stationäre Messungen

Im Rahmen der Feldtests wurden mit Unterstützung des Bayerischen Rundfunks stationäre Messungen durchgeführt. Die Messpunkte sind in *Abbildung 12* dargestellt. Die Auswahl erfolgte auch hier auf Basis einer zugrunde gelegten Versorgungsprognose. Es wurden Gebiete für die stationären Messpunkte ausgewählt, die gemäß Simulation aufgrund der CAS-Problematik gestört sein müssten. Für eine zweite Messreihe wurde der Sender Ismaning dann mit entsprechenden Delays beaufschlagt, um auf den Messpunkten eine Lage der CAS-Signale innerhalb des CP zu generieren. Hierdurch sollte für das CAS eine Optimierung der Gleichwellennetsituation erreicht werden. Für die violette Strecke, die hier betrachtet wird, betrug das Senderdelay 150 μ s.

Abbildung 13 zeigt die CINR-Werte auf den violetten Messpunkten bei gleichen PCIs. Erwartungsgemäß verbessert sich das CINR für das CAS-Signal (grüne Kurven) nach der Delayoptimierung, jedoch tritt diese Verbesserung nicht an allen Messpunkten auf.

Zusammenfassung

Im Rahmen der Auswertungen im 5G TODAY-Projekt konnte eine gute Übereinstimmung zwischen Versorgungsprognose und gemessenen Feldstärken gezeigt werden. Über alle Messungen hinweg betrachtet, zeigte sich kein großer Effekt hinsichtlich der PCI-Konfiguration für das CAS-Signal. Das MBSFN-Signal wies in der Regel deutlich höhere CINR-Werte als das CAS-Signal auf. Dies war sowohl bei gleichen als auch bei unterschiedlichen PCIs der Fall und kann als Indiz dafür gewertet werden, dass das MBSFN-Signal auch bei unterschiedlichen PCIs von einem gewissen „SFN-Gewinn“ profitiert. Die Feldmessungen auf der betrachteten Route zeigten auch, dass sowohl für das Datensignal als auch für das CAS ausreichend Feldstärke für eine Mobilversorgung gegeben wäre. Das gemessene CINR war hingegen auf einigen Teilen der Messroute nicht ausreichend, um eine mobile Versorgung zu gewährleisten. Als Ursache hierfür kommt das CAS-Signal in Frage, das für die Synchronisierung und Signalisierung verantwortlich ist, jedoch können weitere Einflussfaktoren, wie beispielsweise die Synchronisationsstrategie des Empfängers, nicht ausgeschlossen werden. Weiterhin konnte für das hier untersuchte Gleichwellennetz (SFN) ein Netzgewinn gegenüber dem Einzelsender nachgewiesen werden.

Quelle: IRT



KERSTIN PFAFFINGER

leitet das Sachgebiet Rundfunkversorgung bei der ARGE RBT. Zuvor war sie am IRT im Sachgebiet Funkssysteme tätig.

➤ www.irt.de

Quelle: IRT



MAHMOUD ALMARASHLI

Mahmoud Almarashli war Ingenieur im Bereich Future Networks am IRT. Derzeit arbeitet er bei Qualcomm an der Entwicklung von HF-Produkten.

➤ www.irt.de

Die FeMBMS-Nachfolgespezifikation wird als LTE-based 5G Terrestrial Broadcast bezeichnet und soll noch in diesem Jahr im 3GPP Rel. 16 verabschiedet werden. Die neue Spezifikation sieht eine erhöhte Robustheit des CAS-Signals vor, was zu einer verbesserten Gleichwellennetzfähigkeit des Systems führen sollte. Zudem werden neue Numerologien für das Datensignal eingeführt. Ein verlängertes CP von 300 µs mit 0,37 kHz Trägerabstand soll die Realisation von großflächigen SFNs ermöglichen, ein CP von 100 µs, gekoppelt mit einem vergrößerten Trägerabstand von 2,5 kHz sorgt für bessere Mobileigenschaften.

5G TODAY war ein Pionierprojekt, in dem Send- und Empfangskomponenten entwickelt und erste Feldtests durchgeführt wurden. Inzwischen gibt es mehrere Testversuche weltweit, die sich mit Feldtests sowie dem Einsatz von hybriden Diensten beschäftigen. Zu vielen Aspekten des Systems sind noch weitere Erkenntnisse erforderlich, um aktiv die Standardisierungsarbeiten im Sinne des Rundfunks beeinflussen zu können. Die Zukunft des 5G Broadcast bleibt also spannend. ➤

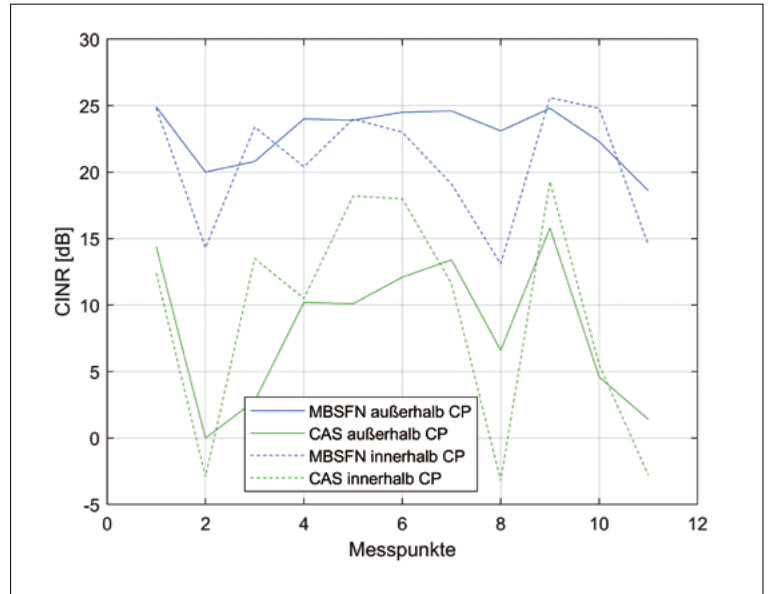


Abbildung 13: CINR auf den violetten Messpunkten bei gleichen PCIs, MCS9

Referenzen:

- [1] TR 034: Simulation parameters for theoretical LTE eMBMS network studies, EBU, December 2015
- [2] Rainer Großkopf, Vergleich der Genauigkeit von Verfahren zur Feldstärkevorhersage im UHF-Bereich, Technischer Bericht Nr. B 87/87, IRT, 1987
- [3] William C.Y. Lee, Estimate of local average power of a mobile radio signal, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. VT-34, No. 1, 1985

ARD/ZDF FÖRDERPREIS »FRAUEN + MEDIENTECHNOLOGIE« 2021 AUSGESCHRIEBEN

Der ARD/ZDF Förderpreis »Frauen + Medientechnologie« geht in die nächste Runde. Bewerbungen sind bis zum 28. Februar 2021 online möglich. Bewerben können sich Absolventinnen von Hochschulen und Universitäten in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Die Abschlussarbeiten zu aktuellen technischen Fragestellungen aus dem Themenbereich der audiovisuellen Medien in Fernsehen, Hörfunk oder Online müssen nach dem 1. Januar 2019 angenommen worden sein.

Nach Abschluss einer ersten Beurteilungsphase werden im Mai 2021 zehn Nominierte der Öffentlichkeit vorgestellt. Nach einer weiteren Juryrunde werden im Juli 2021 die drei Preisträgerinnen bekannt gegeben. Sie werden dann auf einer Preisverleihung im Spätsommer/Frühherbst 2021 mit Geldpreisen im Gesamtwert von 10.000 Euro ausgezeichnet. Ausgerichtet wird der ARD/ZDF Förderpreis »Frauen + Medientechnologie« 2021 von der ARD.ZDF medienakademie, der Fort- und Weiterbildungseinrichtung des öffentlich-rechtlichen Rundfunks in Deutschland.



Quelle: Grafik: ARD/ZDF Förderpreis

➤ <http://www.ard-zdf-foerderpreis.de/>