

# HF-Analyse an glasfaserbasierten Basisstationen

Bei konventionellen Basisstationen befindet sich die Funkanlage am Fuß des Mastes und die HF-Signale werden über Koaxialkabel zu den Antennen an der Mastspitze übertragen. Allerdings sind die Koaxialkabelzuführungen (Feeder) aufgrund von Eigenverlusten und einer hohen Stöempfindlichkeit recht problematisch. Zudem beeinträchtigen die Umgebungsbedingungen im Laufe der Zeit die Qualität der Kabel und Steckverbinder, so dass Signalreflexionen und Intermodulationen auftreten.

Moderne Basisstationen besitzen eine verteilte Architektur, bei der die Funkanlage in zwei Hauptkomponenten unterteilt ist. Die Base Band Unit (BBU, Basisbandmodul) bzw. die Radio Equipment Control (REC, Funkausrüstungssteuerung) übernimmt die Funkfunktionen in einem digitalen Basisband. Sie befindet sich am Fuß des Mastes. In Nähe der Antennen an der Mastspitze sind dann die Remote Radio Head (RRH, abgesetzte Funkeinheit) bzw. das Radio Equipment (RE, HF-Funkmodul) installiert, die für die HF-Funktionen im analogen Bereich verantwortlich sind.

Die BBU und die RRH sind die beiden Standard-Funkkomponenten, die über eine Standardschnittstelle, wie die Common Public Radio Interface (CPRI) miteinander kommunizieren.

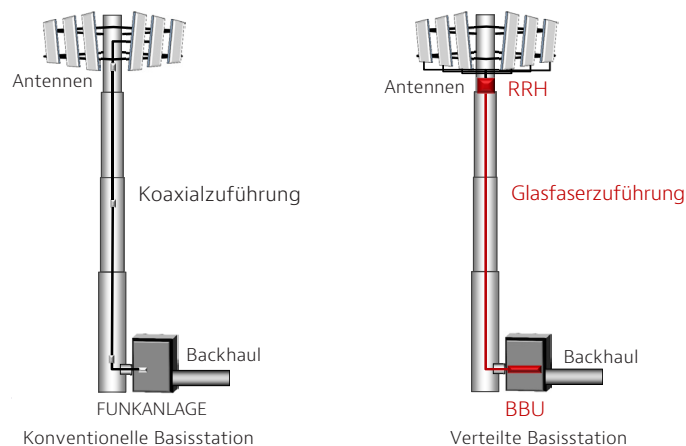


Abbildung 1: Konventionelle und verteilte Architektur von Basisstationen

## Industriestandards

Die CPRI ist ein Industriestandard, der es sich zum Ziel gesetzt hat, eine öffentlich verfügbare Spezifikation für die interne Schnittstelle von Mobilfunkbasisstationen zwischen BBU und RRH zu definieren. An der Formulierung der Spezifikation arbeiten Ericsson, Huawei, NEC, Alcatel Lucent und Nokia Siemens Networks zusammen<sup>[1]</sup>.

Die Open Base Station Architecture Initiative (OBSAI) hat eine ähnliche Spezifikation entwickelt. Diese macht Vorgaben für die Architektur, die Funktionsbeschreibung und die Mindestanforderungen für die Integration gemeinsamer Module in eine Basisstation (BTS). Hier befasst sich insbesondere Referenzpunkt 3 (RP3) mit dem Austausch der Nutzer- und Signalisierungsdaten zwischen BBU und RRH. ZTE, NEC, Nokia Siemens Networks, Samsung und Alcatel Lucent gehören zu den wichtigsten Netzelemente-Herstellern, die in der OBSAI-Initiative zusammenarbeiten<sup>[2]</sup>.

Neben CPRI und OBSAI hat das European Telecommunications Standards Institute (ETSI) die Open Radio Equipment Interface (ORI) definiert, um proprietäre Implementierungen zu vermeiden und eine Interoperabilität zwischen den BBU's und RRH's unterschiedlicher Anbieter zu gewährleisten. Die ORI-Spezifikationen basieren auf der CPRI und präzisieren die Anforderungen an die Schnittstelle.

## Test an verteilten Basisstationen

Eine Basisstation mit verteilter Architektur bietet den Vorteil, dass die Koaxialkabelzuführungen durch Glasfaserkabel ersetzt werden. Dadurch treten deutlich weniger Signalverluste und Reflektionen auf. Da alle HF-Funktionen jedoch in der RRH implementiert sind, ist es für die Wartung und Fehlerdiagnose an den HF-Komponenten, beispielsweise für die Interferenzanalyse, jedoch erforderlich, dass der Techniker auf den Mast steigt, um die RRH zu erreichen. Aus dieser Vorgehensweise ergeben sich höhere Betriebskosten und auch Sicherheitsbedenken.

Diese neuen Herausforderungen für das Testen von Basisstationen mit verteilter Architektur kommen zu den bereits vorhandenen Testanforderungen hinzu, da das Funkzugangsnetz (RAN) aus einem Mix von konventionellen und verteilten Basisstationen besteht. Eine effektive Testlösung muss daher sowohl Installations- als auch Wartungstests ermöglichen:

- Bei der Installation von Basisstationen sind die Koaxialkabelzuführungen in Hinblick auf Signalreflektionen, einschließlich Rückflussdämpfung bzw. Stehwellenverhältnis (VSWR), Fehlerentfernung und HF-Übertragungsleistung, zu verifizieren. Bei Glasfaserzuführungen sind die optischen und faserbasierten Kennwerte, wie die optische Übertragungsleistung und die Qualität der Faserendflächen, zu prüfen.
- Bei der Wartung von Basisstationen muss zusätzlich zu den Installationstests noch die Konformität der Signalintegrität (HF-Kennwerte, Interferenzanalyse, Modulationsqualität) kontrolliert werden, um eine hohe Dienstgüte (QoS) zu gewährleisten.

Viavi Solutions™ hat in enger Zusammenarbeit mit Anbietern von Mobilfunkdiensten mit seinem CellAdvisor™ eine umfassende Testlösung für die Installation und Wartung von Basisstationen geschaffen. Diese integrierte Lösung ist in der Lage, sowohl HF- als auch Glasfaserstrecken zu charakterisieren und die Signalgüte zu überprüfen, um den Nutzern des Mobilfunknetzes eine hohe Erlebnisqualität (QoE) zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus unterstützt der CellAdvisor™ die RFoCPRI™-Technologie, die die HF-Komponenten aus der CPRI am Boden extrahiert, den Wartungsaufwand senkt und die Sicherheit der Techniker erhöht.

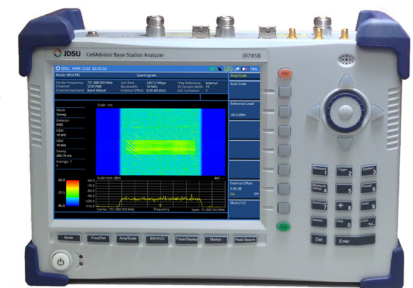


Abbildung 2: CellAdvisor mit RFoCPRI

## Die CPRI-Schnittstelle

Die CPRI-Spezifikation definiert die Schnittstelle zwischen BBU und RRH, um eine unabhängige Weiterentwicklung der Technologie der einzelnen Elemente sowie flexible Architekturen für Basisstationen zu ermöglichen. Auf diese Weise können Makrozellen, Kleinzellen, verteilte Antennensysteme (DAS) und Cloud-Funkzugangsnetze (C-RAN) eingebunden werden. Die CPRI ist eine serialisierte Schnittstelle für unterschiedliche Topologien, wie Kette, Baum und Ring.

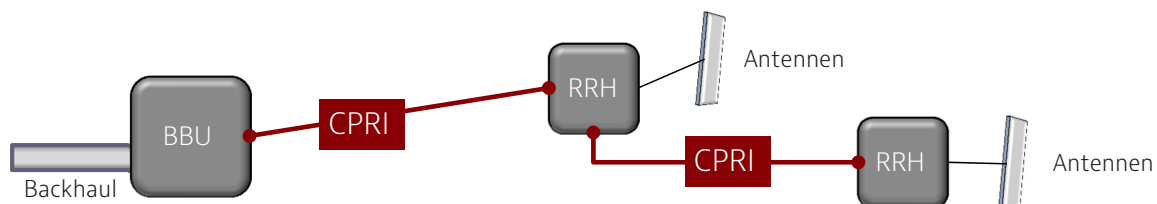


Abbildung 3: Ketten-Topologie

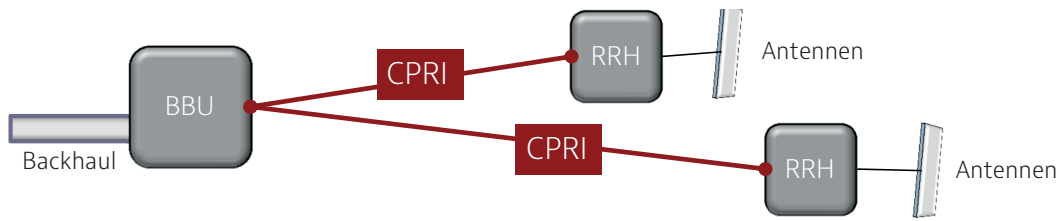


Abbildung 4: Baum-Topologie

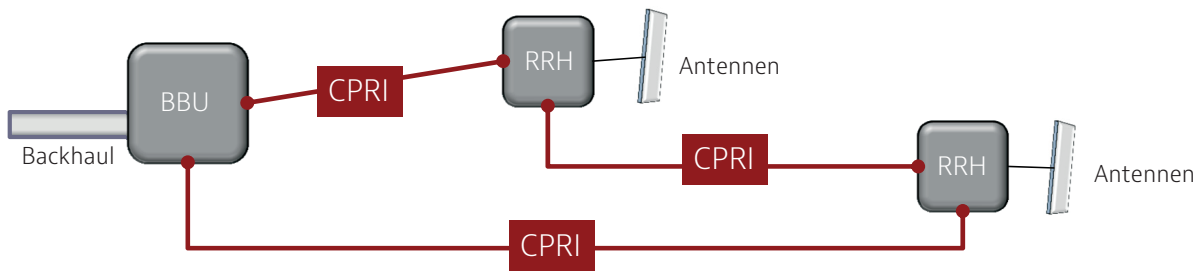


Abbildung 5: Ring-Topologie

Diese Topologien gewährleisten die benötigte Flexibilität, um Mobilfunknetze in unterschiedlichen Umgebungen und unter unterschiedlichen Bedingungen zu implementieren:

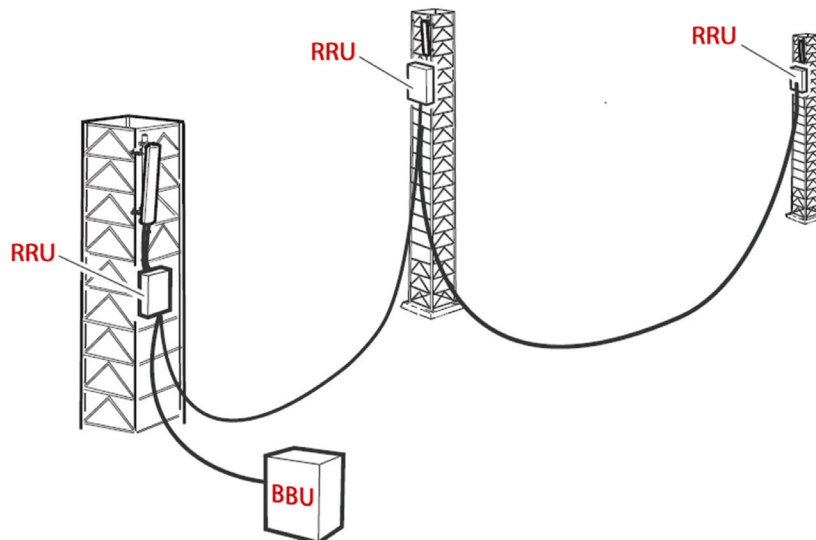


Abbildung 6: Implementierung in Ketten-Topologie<sup>[5]</sup>

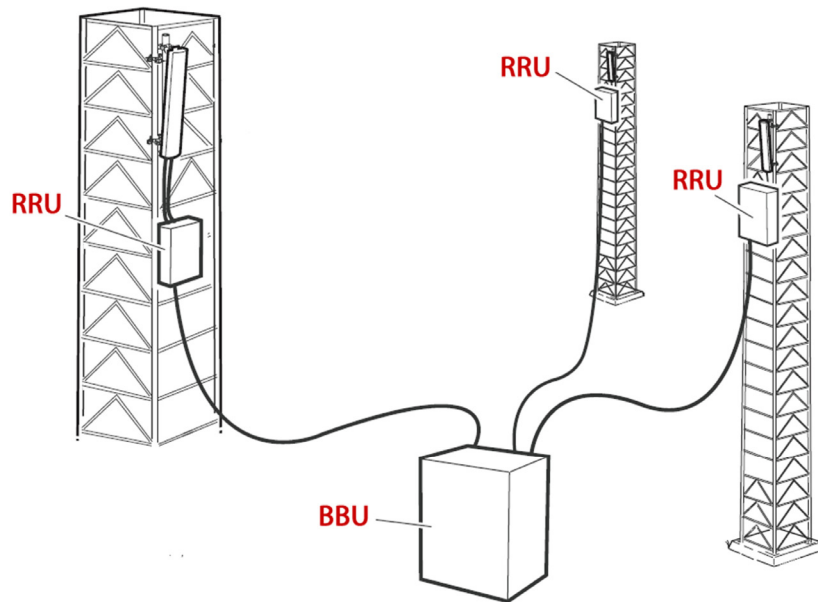


Abbildung 7: Implementierung in Baum-Topologie<sup>[5]</sup>

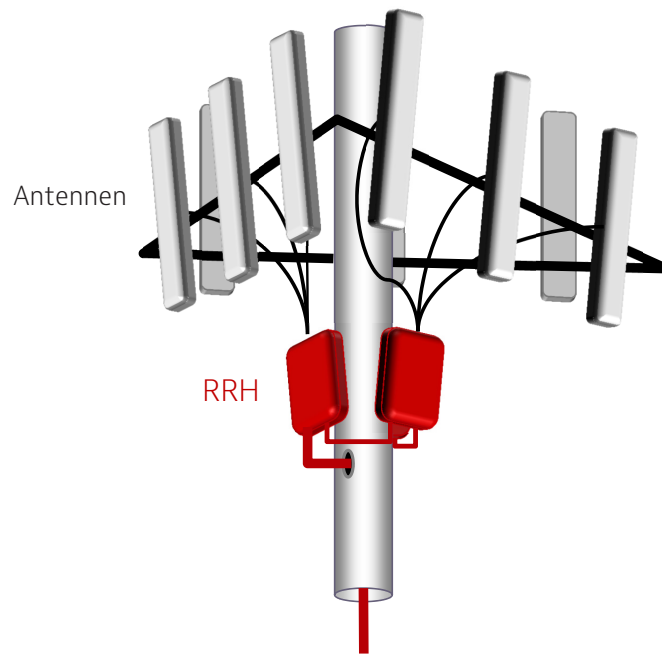


Abbildung 8: Makrozelle mit RRH in Daisy-Chain-Topologie

Für diese verschiedenen Topologien stellt die CPRI zusätzliche Richtlinien, wie die Mindestanzahl der RRH-Hops (5) und die Mindestlänge des CPRI-Links (10 km), zur Verfügung.

## Das CPRI-Protokoll

Das CPRI-Protokoll ist in zwei Ebenen (Layer) definiert:

- Layer 1: Umfasst alle physikalischen Übertragungsaspekte zwischen BBU und RRH, einschließlich der elektrischen und optischen Medien und deren jeweilige Leitungsraten.
- Layer 2: Definiert die wichtigsten Datenströme, Steuerung und Management, Synchronisation und Nutzerebenen (User-Plane), die die HF-Signalkomponenten in Form von In-Phasen-/Quadratur-Modulationsdaten (IQ) transportieren.

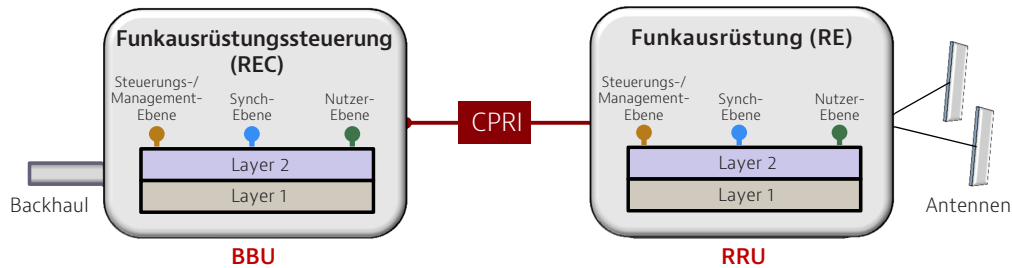


Abbildung 9: Ebenen der Protokoll Daten

### Die Nutzer-Ebene (User-Plane)

Die CPRI kommuniziert die folgenden Datenströme, die über die Faserstrecke gemultiplext werden:

- Nutzerebene: Auf der Nutzerebene werden die Daten in Form von IQ-Datenströmen transportiert, die die Daten einer Antenne für einen Träger in einem Antennen-Carrier-Container (AxC) beinhalten.
- Steuerungs- und Management-Ebene: Der für die Verbindungsverarbeitung und das Datenmanagement verwendete Datenstrom dient dem Betrieb, der Administration und der Wartung (OAM-Funktion) des CPRI-Links und von dessen Knoten.
- Synchronisationsebene: Der Datenstrom, der die Synchronisations- und Taktdaten zwischen den Knoten überträgt.

Die Daten der Nutzerebene transportieren die eigentlichen HF-Signale, die in Form von In-Phase- (I) und Quadratur-Modulationen (Q) zwischen BBU und RRH übertragen werden. Dieser Datenstrom ist für die Analyse am wichtigsten, da er die HF-Signale zur Verfügung stellt, die die RRH von den Mobilfunknutzern empfängt. Das ist vor allem für die Interferenzanalyse von Bedeutung, während die Signale, die an die BBU übertragen werden, für die Modulationsanalyse zu berücksichtigen sind.

### Funktionen von BBU und RRH

In Hinblick auf die Signalverarbeitung führen die BBU und RRH unterschiedliche Funktionen aus. Die BBU ist für gewöhnlich die Schnittstelle zum Backhaul-Netzwerk und übernimmt die Signalmodulation sowie die Administration und Steuerung der RRH.

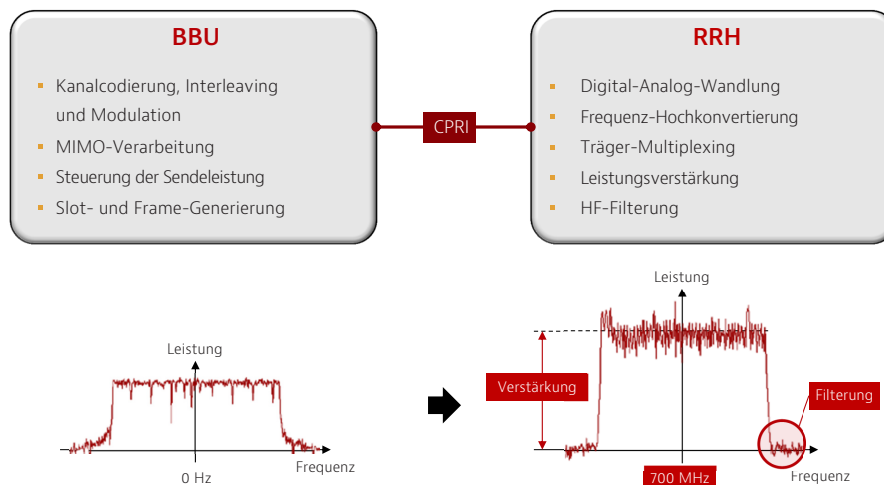


Abbildung 10: Sendefunktionen von BBU und RRH (Downlink)

Die RRH ist für gewöhnlich für die Luftschnittstelle zu den Mobilfunknutzern und die entsprechende HF-Verarbeitung, wie Verstärkung, Filterung und Frequenzumwandlung, verantwortlich.

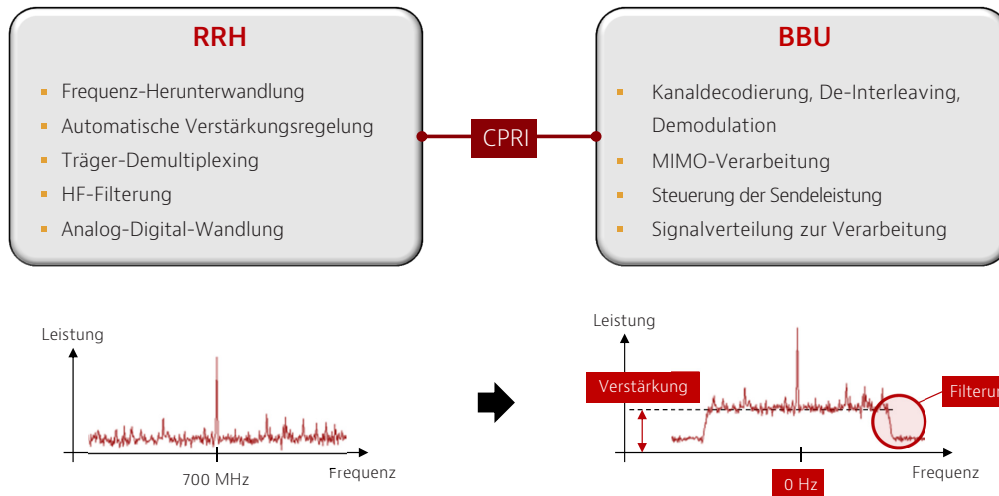


Abbildung 11: Empfangsfunktionen von BBU und RRH (Uplink)

### Leitungsraten

Die CPRI definiert mehrere Leitungsraten auf Grundlage von UMTS (3,84 Mbit/s), um mehrere Signalbandbreiten flexibel zu unterstützen. Zum Beispiel ist die erste Leitungsraten-Option mit 614,4 Mbit/s (160 x 3,84 Mbit/s) festgelegt.

Die Leitungsraten-Option definiert die Anzahl der CPRI-Wörter, die über die Strecke (Link) übertragen werden können, und daher die Bandbreite der Nutzerebene bzw. die Menge der verarbeitbaren IQ-Daten (HF-Signal).

Auch wenn die CPRI elektrische und optische Schnittstellen umfasst, erfolgen die meisten Implementierungen optisch. Das mag an der höheren Störfestigkeit und den geringen Verlusten, den niedrigeren Kosten und der Fähigkeit, große Bandbreiten zu übertragen, liegen.

### Streckenwartung

Die CPRI definiert vier Hauptmessungen zur Streckenwartung:

- Loss of Signal (LOS): Die Fähigkeit, Signalverluste zu erkennen und anzuzeigen.
- Loss of Frame (LOF): Die Fähigkeit, verlorene Rahmen (Frames), einschließlich des Verlusts der Rahmensynchronisation, zu erkennen und anzuzeigen.
- Remote Alarm Indication (RAI): Die Fähigkeit, einen an den Sender als Reaktion auf Streckenfehler (LOS und LOF) ausgegebenen Fernalarm anzuzeigen.
- SAP Defect Indication (SDI): Die Fähigkeit, eine Fernanzeige zu senden, wenn ein Dienstzugangspunkt (SAP) aufgrund eines Gerätefehlers nicht verfügbar ist.

Wenn einer der oben genannten Alarme auftritt, wird über den CPRI-Link eine Alarmanzeige an das abgesetzte Element gesendet. Daher ist es unter allen Bedingungen unverzichtbar abzusichern, dass keine Alarme vorhanden sind und dass der optische Leistungspegel über dem für die BBU und/oder RRH festgelegten Schwellwert, beispielsweise  $-20$  dBm, liegt.

Die Messungen für die Wartung des CPRI-Links umfassen einige Basisparameter, die es erlauben, den Streckenstatus einzuschätzen. Die Tests auf der Nutzerebene können ausgeführt werden, wenn die Strecke ohne Alarme korrekt funktioniert.

Tabelle 1: CPRI-Leitungsraten

Optionen	Rate (Mbit/s)
1	614,4
2	1228,8
3	2457,6
4	3072,0
5	4915,2
6	6144,0
7	9830,4
8	10137,6

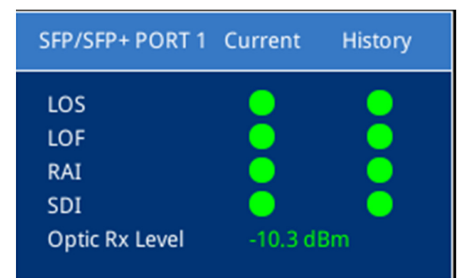


Abbildung 12: Messungen zur Streckenwartung

### Rahmenstruktur der CPRI-Schnittstelle

Die CPRI-Rahmen werden in den vier Phasen Abtastung (Sampling), Zuordnung (Mapping), Gruppierung (Grouping) und Rahmenbildung (Framing) aus dem analogen Signal gebildet. Diese Prozesse bilden die Grundlage der RfCPRI-Übertragung und der entsprechenden Technologie.

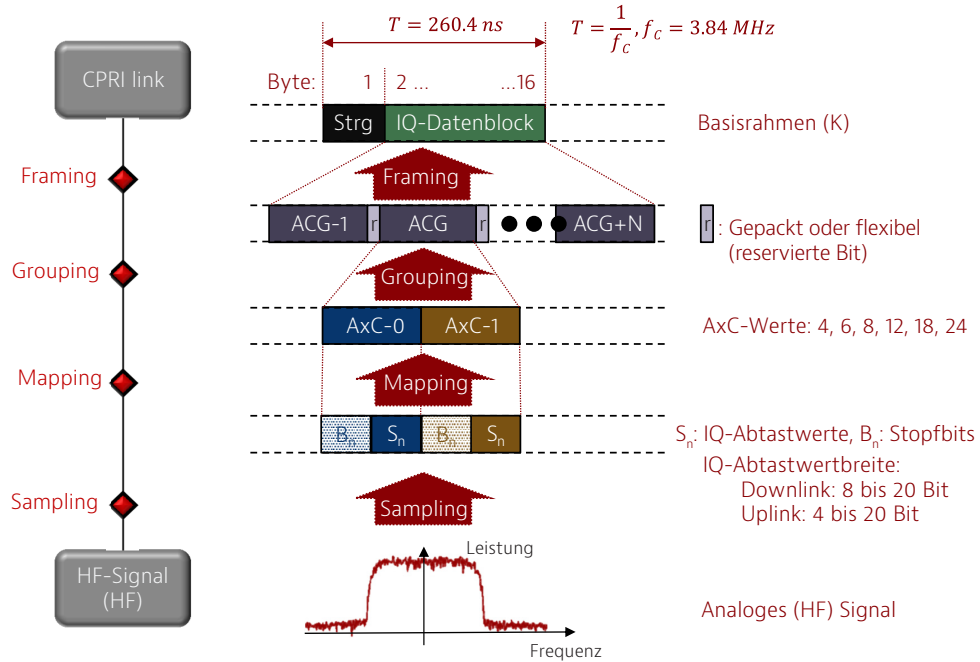


Abbildung 13: Aufbau des CPRI-Rahmens

### Sampling

Die HF-Signale werden anhand der IQ-Komponenten analysiert. Diese Komponenten werden abgetastet und auf Grundlage der Anzahl der Bits (Sampling-Bits) die dem betreffenden Informationswert zugewiesen wurden, digital charakterisiert.

Gemäß AxC ist die Abtastrate ein ganzzahliges Vielfaches von 3,84 MHz. Wenn die Signale kein ganzzahliges Vielfaches ergeben, werden Stopfbits hinzugefügt.

Die CPRI definiert die Anzahl der Sampling-Bits für den Uplink (M) und den Downlink (M'), die von 4 bzw. 8 bis 20 Bits reicht.

Tabelle 2: Abtastparameter

Link-Typ	Sample-ID	Bereich
Uplink	M	4 bis 20
Downlink	M'	8 bis 20

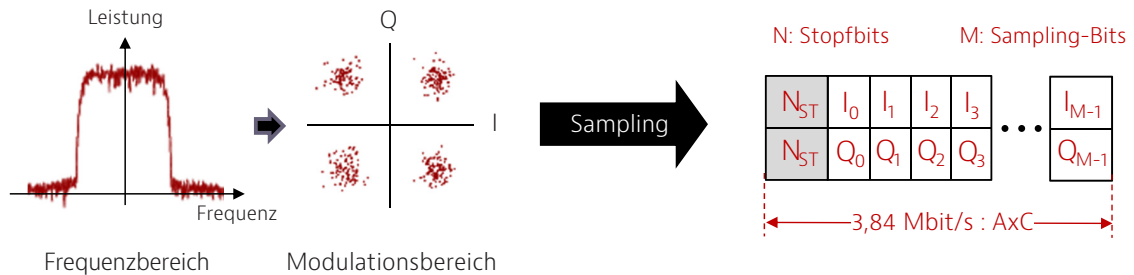


Abbildung 14: Der Abtastprozess

### Mapping

Die I- und Q-Abtastwerte werden fortlaufend in chronologischer Reihenfolge in Containern abgebildet, die als Antennen-Carrier (AxC) Container bezeichnet, und von nur einem Träger (Carrier) an einer unabhängigen Antenne transportiert werden.

Die CPRI definiert 3 Mapping-Methoden: (1) Auf Basis von IQ-Abtastwerten, (2) auf Basis von WiMAX-Symbolen und (3) abwärtskompatibel. In Mobilfunknetzen sind die meisten Mapping-Methoden auf IQ-Abtastwerten basierend und abwärtskompatibel. Diese Methoden werden nachstehend kurz erläutert:

- Auf Basis von IQ-Abtastwerten: Für dicht gepackte IQ-Daten und geringe Latenz. Die Größe des AxC ist definiert als  $N_{AxC} = 2 * Ceil ( \frac{M * f_s}{f_c} )$ , wobei  $Ceil$  = die Aufrundungsfunktion,  $M$  = die Anzahl der Sampling-Bits,  $f_s$  = die Abtastrate und  $f_c$  = die UMTS-Chiprate bei 3,84 MHz.
- Abwärtskompatibel: Diese Methode definiert einen AxC, der nur genau einen Abtastwert (oder Stopfbits für LTE- und GSM-Signale) enthält. Daher ist die Größe eines AxC definiert als  $2 * M$ , wobei  $M$  = die Anzahl der Sampling-Bits ist.

Tabelle 3: Abwärtskompatibles<sup>1)</sup> Mapping

Abwärtskompatibles Mapping					
LTE-Kanalbandbreite (MHz)	3	5	10	15	20
$f_s$ (Abtastrate in MHz)	3,84	7,68	15,36	23,04	30,72
$f_c$ (Chiprate von 3,84 MHz)	1	2	4	6	8
AxC-Container, Stopfbit	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0

Nachstehend wird der Mapping-Prozess eines 10-MHz-LTE-Signals mit 15 Sampling-Bits (M) beschrieben, der die CPRI-Empfehlung einer Abtastrate von 15,36 (bzw. 4 x Chiprate von 3,84 MHz) berücksichtigt und keine Stopfbits enthält.

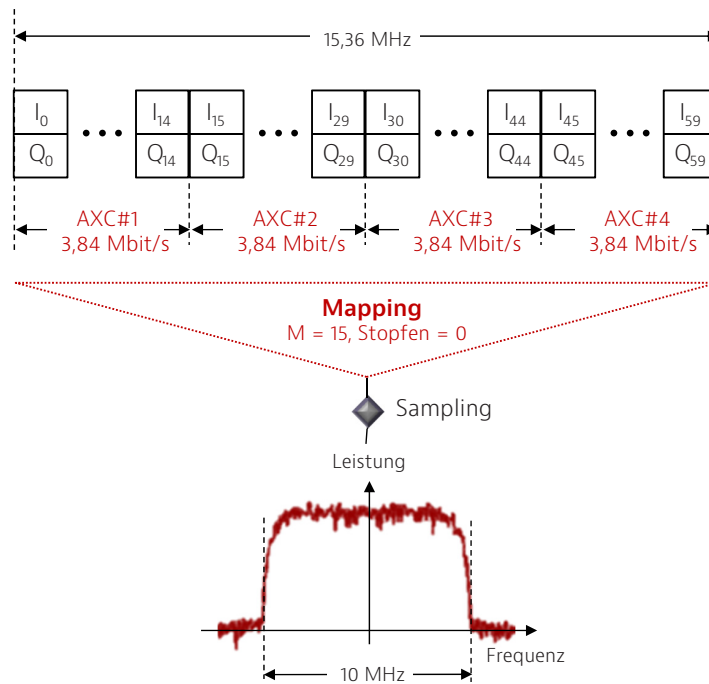


Abbildung 15: Mapping eines 10-MHz-LTE-Signals

### Grouping

Mehrere AxC-Container werden zu einem CPRI-Basisrahmen zusammengefasst. Dafür gibt es zwei Optionen:

- Packed Position: Die AxC-Container werden fortlaufend (und ohne reservierte Bits) sowie in aufsteigender Reihenfolge übertragen.
- Flexible Position: Die AxC-Container werden mit einem Index übertragen, der die Anzahl der reservierten Bits zwischen jedem AxC-Container angibt.

Zusätzlich zu den oben genannten Gruppierungsoptionen können unterschiedliche Signale gruppenweise in den CPRI-Strom eingeordnet werden, wie zum Beispiel:

- Multiple Input Multiple Output (MIMO): Der wichtige Vorteil des MIMO-Verfahrens besteht darin, dass es in der Lage ist, mehrere Signale auf der gleichen Trägerfrequenz zwischen dem Mobilgerät und dem Funksystem zu übertragen. Bei der CPRI wird der Datenstrom jeder Antenne als unabhängiger Träger behandelt.
- Mehrere Träger: Ein breites Spektrum ermöglicht, mehrere Träger auf unterschiedlichen Frequenzen zu übertragen, die für gewöhnlich auf der gleichen Technologie, wie LTE-Carrier-Aggregation, basieren. Bei Mehrnormen-Funksystemen können aber auch unterschiedliche Träger auf unterschiedlichen Technologien basieren. In jedem Fall wird jeder Träger unabhängig behandelt und entsprechend gruppiert.

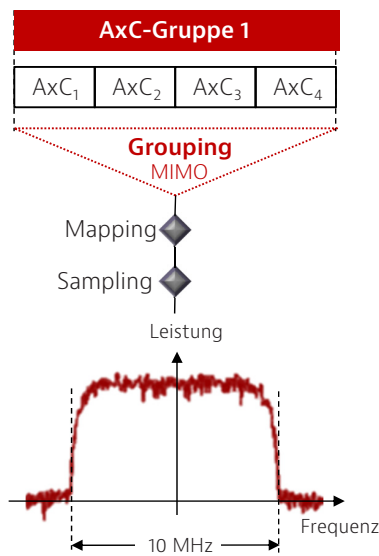


Abbildung 16: Dicht gepackte Gruppierung eines LTE-Signals von 10 MHz

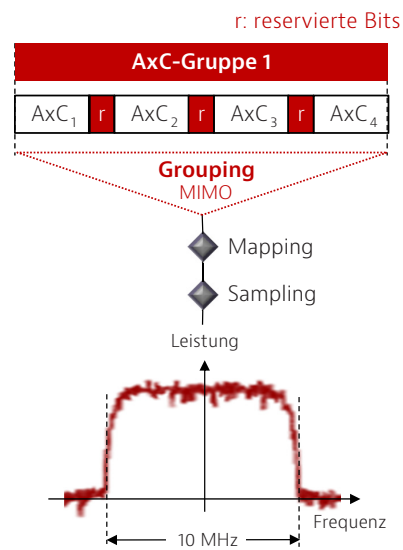


Abbildung 17: Flexible Gruppierung eines LTE-Signals von 10 MHz

### Framing

Die CPRI definiert eine Abtastrate von 3,84 MHz für die HF-Signale. Daher beträgt die Länge eines Basisrahmens 260 ns (1/3,84 MHz) und der Basisrahmen besteht aus Wörtern, die 128 Bits (16 x 8) lang sind. Zusätzlich zu den AxC-Containern werden in den ersten 8 Bits eines jeden Wortes noch Steuerungsdaten übertragen.

Die Anzahl der Wörter in einem CPRI-Link wird aus der Leitungsrate abgeleitet und ist wie folgt definiert:

Tabelle 4: Aufbau eines Basisrahmens

Struktur eines Basisrahmens	Wörter	Bits	AxC
614,4	1	120	4
1228,8	2	240	8
2457,6	4	480	16
3072,0	5	600	20
4915,2	8	960	32
6144,0	10	1200	40
9830,4	16	1920	64
10137,6	20	2400	80

Das folgende Beispiel erläutert das Framing von Antennen und Trägern. Das erste Beispiel rahmt zwei UMTS-Träger auf einem CPRI-Link von 1,2 Gbit/s, der zwei Wörter trägt. Das zweite Beispiel rahmt das LTE-Signal für zwei Antennen im MIMO-Verfahren (2x) auf einem CPRI-Link von 2,5 Gbit/s, der vier Wörter trägt.

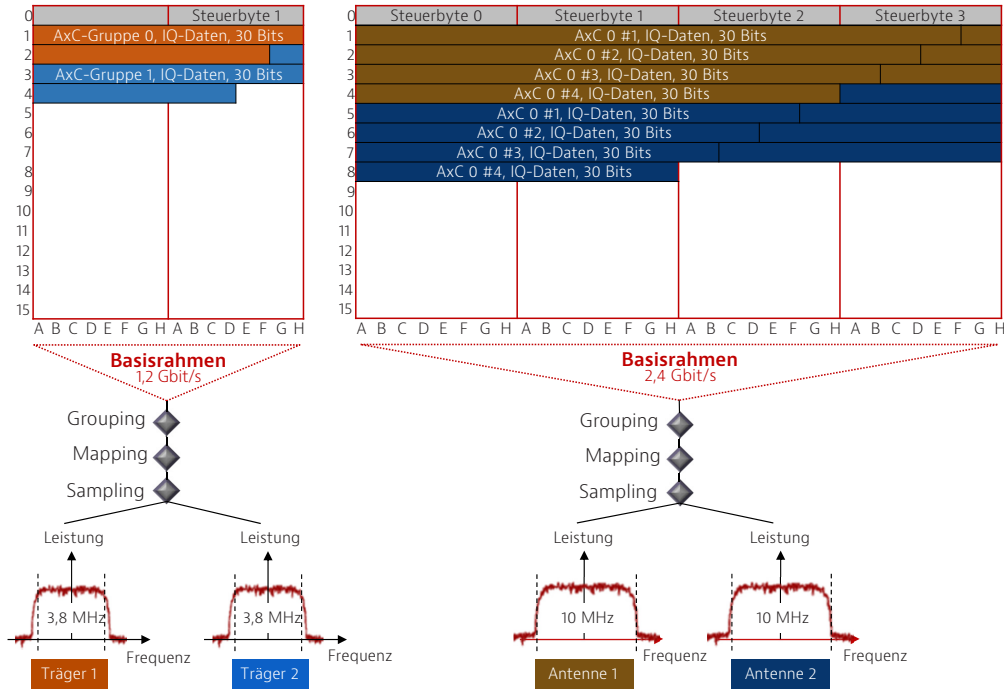


Abbildung 18: CPRI-Rahmung von UMTS-Signalen

Abbildung 19: CPRI-Rahmung von LTE-Signalen

Die letzte Stufe der Übertragung des Basisrahmens in den CPRI-Rahmen betrifft die Zusammensetzung des Hyper-Frames und die Leitungscodierung, wobei für gewöhnlich die 8 Bit auf 10 Bit Symbolcodierung zur Anwendung kommt, um die DC-Symmetrie und die Synchronisation wiederherzustellen. Eine ähnliche Leitungscodierung wird bei Ethernet-Übertragungen unter 10 Gbit/s verwendet.

Seit kurzem bietet die CPRI die Leitungsrate-Option 8 (10.1376 Mbit/s) und nutzt eine 64 Bit auf 66 Bit Symbolcodierung, die den Betrag des Overheads verringert und trotzdem die DC-Symmetrie und Wiederherstellung der Synchronisation gewährleistet. Eine ähnliche Leitungscodierung wird bei Ethernet-Übertragungen von 10 Gbit/s verwendet.

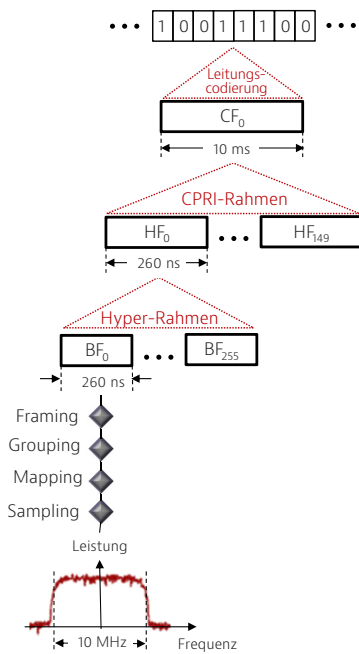


Abbildung 20: Der CPRI-Rahmen

## Die RFoCPRI-Technologie

Die RFoCPRI-Technologie verifiziert die CPRI-Steuerungssignale und extrahiert den zwischen BBU und RRH übertragenen Verkehr der Nutzerebene bzw. die HF(IQ)-Daten. Damit ist eine Überwachung und Analyse der Interferenzsignale an Mobilgeräten (Uplink) sowie der Leistung der Signale des Funkmoduls (Downlink) möglich.

RFoCPRI erlaubt, die Daten der Nutzerebene zu extrahieren und zu analysieren, so dass die HF-Wartung und Fehlerdiagnose über eine Glasfaserverbindung an der BBU vom Boden aus erfolgen kann. Diese Vorgehensweise bietet wesentliche Vorteile:

- Der Techniker muss nicht mehr auf den Funkmast klettern, was die Sicherheit erhöht.
- Es müssen weniger Messgeräte zum Einsatzort mitgenommen werden.
- Der Zeitaufwand für die Wartung sowie die Betriebsausgaben sinken deutlich.

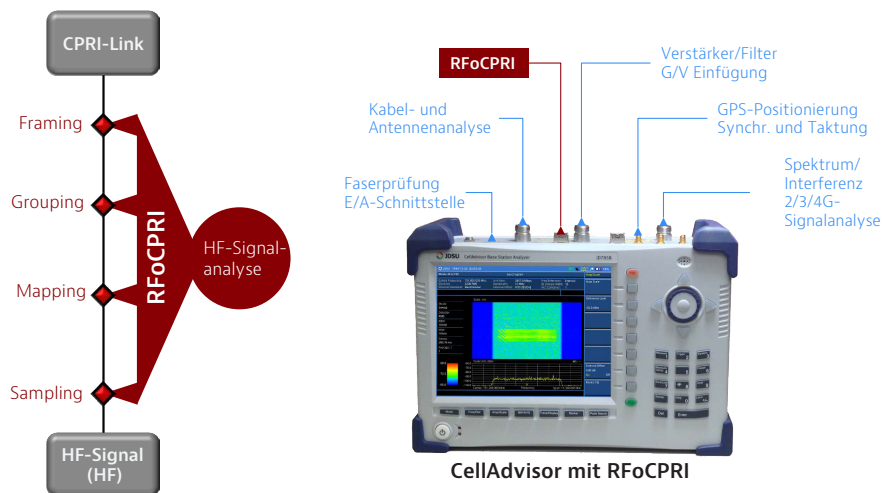


Abbildung 21: Implementierung der RFoCPRI-Technologie

### Interferenzanalyse mit RFoCPRI-Technologie

HF-Interferenzen beeinträchtigen zumeist die Sendesignale von Mobilgeräten (Uplink), da deren Sendeleistung beschränkt ist. Diese Störsignale können von externen Quellen generiert oder auch intern von der Basisstation in Form von passiven Intermodulationsprodukten (PIM) aus dem Signal des Funksystems (Downlink) erzeugt werden.

Der Basisstationen-Analysator CellAdvisor von Viavi mit RFoCPRI-Technologie führt die Interferenzanalyse ohne Beeinträchtigung der Dienste aus, indem er das CPRI-Signal, das einem an der BBU installierten passiven optischen Koppler entnommen wird, überwacht. Dieser Koppler kann mehrere Faserkanäle unterstützen. Das nachstehende Beispiel erläutert den Fall einer Makrozelle, die in den drei Sektoren Alpha ( $\alpha$ ), Beta ( $\beta$ ) und Gamma ( $\gamma$ ) sendet.

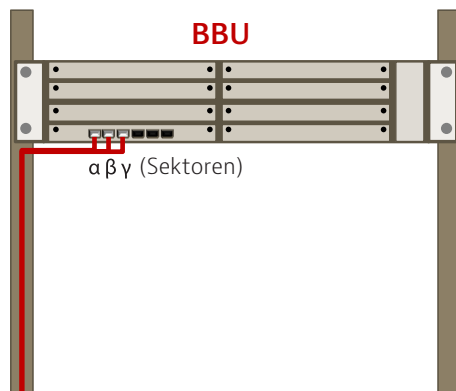


Abbildung 22: BBU-Sendesektoren ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ )

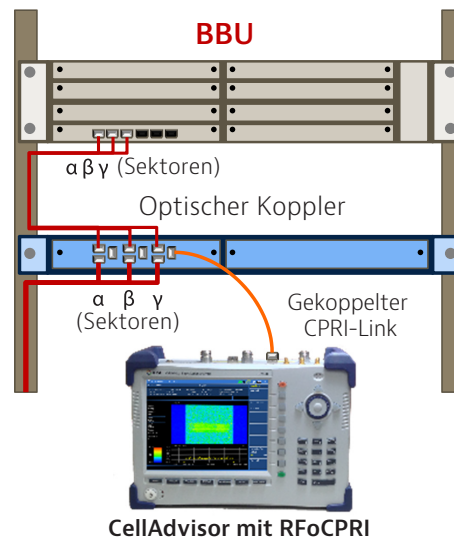


Abbildung 23: BBU mit Sendesektoren ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) und optischem Koppler

Die RFoCPRI-Spektrumanalyse erlaubt, Interferenzttests auszuführen. Aufgrund der flexiblen Auswahl von CPRI-Profilen ist es möglich, die Analyse an allen gesendeten HF-Signalen, auch an Mehrfachsignalen des gleichen Trägers, wie MIMO, und an Mehrfachsignalen, die auf verschiedenen Frequenzen übertragen werden, vorzunehmen.

Interferenzen in Mobilgeräten (Uplink) können intern von der Infrastruktur der Basisstation verursacht werden, wenn die Leitfähigkeit durch Störstellen, wie durch lockere Verbindungskabel, Kabelbiegungen, durch die Verwendung verschiedener Metalle in den Verbindungskabeln oder durch Korrosion, beeinträchtigt wird. Intermodulationen entstehen, wenn durch diese Störstellen im Kabelsystem hindurch Signale abgestrahlt werden. Im Ergebnis werden verschiedene Produkte bzw. mehrfache der gesendeten Signale generiert.

Intermodulationen können an LTE-Basisstationen mit einem Träger auftreten, da das vom Funksystem übertragene LTE-Signal zahlreiche Unterträger (15 kHz) umfasst, die alle zusammen ein Breitbandsignal bilden. Ein LTE-Signal von 10 MHz besteht beispielsweise aus 600 Unterträgern. Daher werden bei der Übertragung eines LTE-Signals über ein Kabelsystem mit gestörter Leitfähigkeit Mehrfachprodukte der Unterträger des Signals erzeugt, die die gleiche Frequenz wie das Band belegen, das für die Uplink-Übertragung vorgesehen ist. Auf diese Weise entsteht eine Breitband-Interferenz, die die Welligkeit des Uplink-Grundrauschens verändert.

Das folgende Beispiel einer RFoCPRI-Spektrogramm-Analyse bezieht sich auf eine Basisstation, die LTE-Signale von 10 MHz über zwei Antennen (MIMO) aussendet, wobei die Leistung zwischen den Uplink-Zweigen unsymmetrisch verteilt ist.

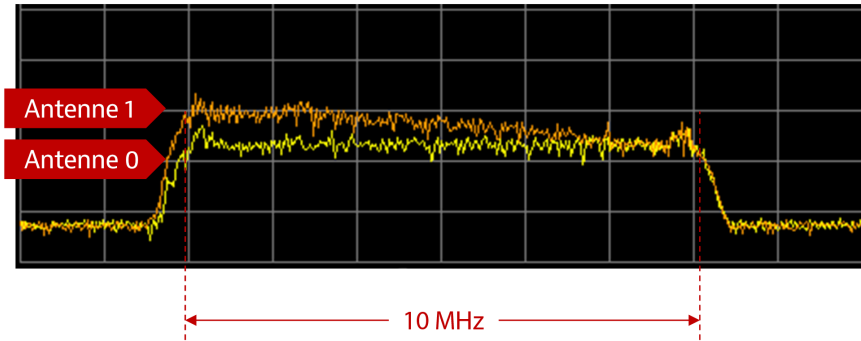


Abbildung 24: RToFoCPRI-Spektrogramm-Analyse an einem LTE-Uplink bei 10 MHz MIMO mit Intermodulationen

Der Leistungspegel von Antenne 1 ist im Vergleich zur Antenne 0 nicht nur größer, sondern er ist bei den niedrigeren Frequenzen auch höher und fällt mit sinkenden Frequenzen langsam ab. Das ist ein deutliches Kennzeichen für eine Intermodulation.

Interferenzen von externen Quellen zur Basisstation lassen sich ebenfalls mit der Spektrumanalyse erkennen. Aufgrund der anderen Beschaffenheit und Kennwerte der Störer müssen hier jedoch die Parameter der Spektrumanalyse sorgfältig angepasst werden. Diese Parameter betreffen die Filterung, d. h. Auflösung, Bandbreite und Videobandbreite, die Leistungseinstellungen, wie Dämpfung und Mittelwertbildung, sowie die Vorverstärkung. Nur dann ist es möglich, diese Interferenzen effektiv zu erkennen und zu analysieren.

Da externe Störquellen häufig auch nur für kurze Zeit aktiv sind, sind sie schwer zu erkennen. In diesem Fall ist es wichtig, die Spektrummessungen kontinuierlich entweder in Form der Spektrumanalyse oder als Spektrogramm aufzuzeichnen.

Spektrogramm-Messungen sind das wahrscheinlich häufigste Verfahren, um sporadische Interferenzen zu ermitteln. Es ist möglich, das Spektrum im Zeitverlauf fortlaufend zu überwachen und aufzuzeichnen, so dass Leistungsschwankungen anhand unterschiedlicher Farbcodierungen erkennbar sind. Auf diese Weise lassen sich Spektralkennwerte über die Zeit erfassen und selbst nur zeitweise auftretende Störer feststellen.

Das untenstehende RToFoCPRI-Spektrogramm zeigt einen sporadischen Störer mit Frequenzsprüngen in einem LTE-Uplink.

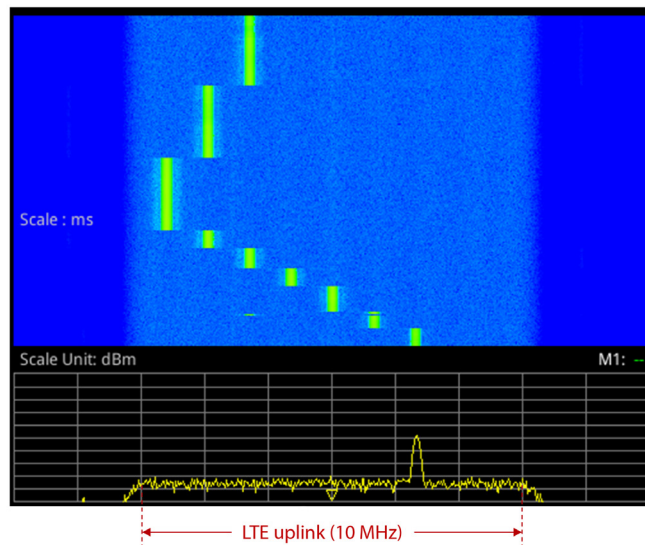


Abbildung 25: RToFoCPRI-Spektrogramm mit sporadischen Interferenzen

Unabhängig vom Typ der Basisstation stellen Interferenzen bei Mobilfunkübertragungen (Uplink) ein schwerwiegendes Problem dar. So können Interferenzen in Großstädten, in denen Kleinzellen oder C-RAN-Zugangsnetze am häufigsten installiert sind, sowie auch an solchen Orten, wie Stadien oder Einkaufszentren, auftreten, in denen verteilte Antennensysteme (DAS) in Betrieb sind und Makrozellen städtische und vorstädtische Bereiche bedienen.



Abbildung 26: Kleinzelle und CellAdvisor mit RFoCPRI



Abbildung 27: Verteiltes Antennensystem (DAS) und CellAdvisor mit RFoCPRI

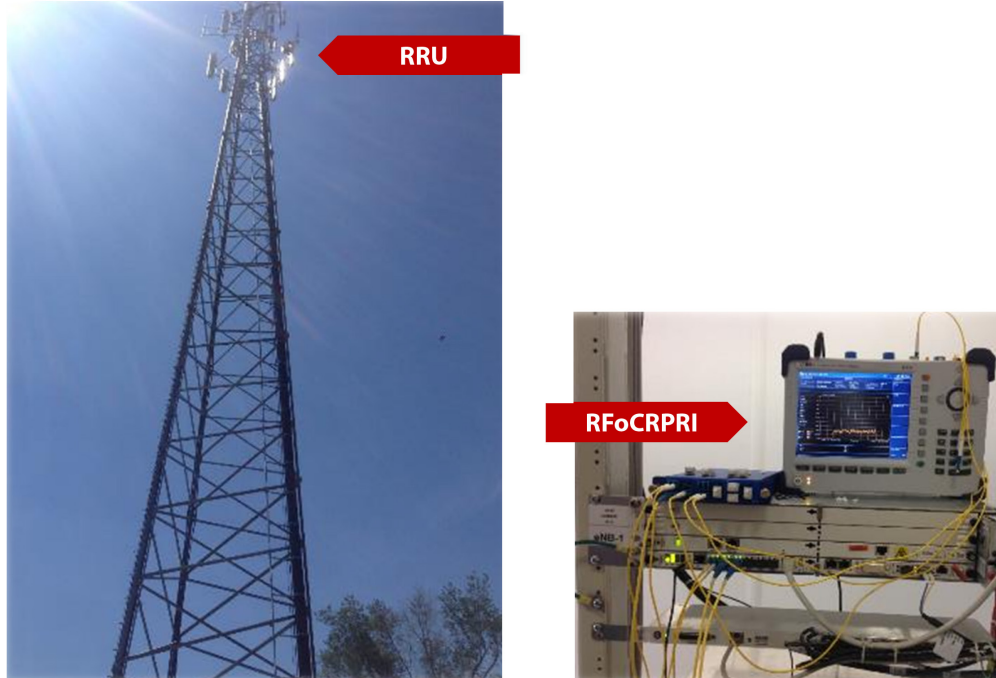


Abbildung 28: Makrozelle und CellAdvisor mit RFoCPRI

## Fazit

Mit der steigenden Anzahl von aktiven Sendern im HF-Spektrum treten auch immer häufiger Interferenzen in Mobilfunknetzen auf. Dabei werden diese Störungen nicht nur von zugelassenen Diensten, wie Mobilfunknetzen, Funkrufsystemen, WLAN und DVB, generiert. Stattdessen stammen sie auch von nicht zugelassenen Sendern oder fehlerhaft funktionierenden Geräten, die externe Interferenzen erzeugen und die zugelassenen Systeme stören.

Darüber hinaus können auch in der Basisstation selbst Interferenzen generiert werden, wenn die Leitfähigkeit gestört ist und die daraus resultierenden Intermodulationsprodukte die Sendesignale von Mobilgeräten beeinträchtigen.

An verteilten Basisstationen ist es bisher sehr schwierig und auch kostenaufwändig gewesen, Interferenzen zu erkennen, da sich der HF-Zugang nicht mehr unten an der BBU, sondern an der RRH befindet, die oben am Funkmast installiert ist. Der CellAdvisor mit RFoCPRI-Technologie bewältigt diese Herausforderung, indem er HF-Messungen über den CPRI-Link erlaubt. Damit ist eine effektive Interferenzanalyse von der BBU aus gewährleistet, der Techniker muss kaum noch auf den Mast klettern, die Sicherheit erhöht sich und die Wartungskosten sinken.

Der CellAdvisor von Viavi ist die am weitesten entwickelte und umfassendste portable Testlösung für die Installation und Wartung konventioneller und verteilter Basisstationen. Er unterstützt alle Mobilfunktechnologien (GSM/GPRS/EDGE, CDMA/EV-DO, WCDMA/HSPDA, LTE-FDD/LTE-TDD) und bietet technisch führende Leistungsmerkmale, wie LTE-MBMS, LTE-Advanced, PIM-Erkennung, Faserprüfung, Cloud-Dienste und RFoCPRI.

## Literaturverzeichnis

1. Common Public Radio Interface (CPRI): Schnittstellen-Spezifikation Version 6.0
2. Open Base Station Architecture Initiative (OBSAI): Referenzdokument zum BTS-System, Version 2.0
3. ETSI GS ORI 001. Open Radio Equipment Interface (ORI): Anforderungen an die ORI
4. ETSI GS ORI 002. Open Radio Equipment Interface (ORI): Spezifikation der ORI-Schnittstelle; Teil 1: Untere Layer
5. Beschreibung der Remote Radio Unit (RRU) von Ericsson.
6. Interferenzen in Mobilfunknetzen: Intermodulation und Neuzuweisung von Frequenzen, von Viavi.
7. Funkzugangsnetze: Interferenzanalyse, von Viavi.



Kontakt +49 7121 86 2222

Sie finden das nächstgelegene  
Viavi-Vertriebsbüro auf  
[viavisolutions.com/contacts](http://viavisolutions.com/contacts)



Emitec Messtechnik AG  
Birkenstrasse 47  
6343 Rotkreuz

+41 41 748 60 10  
[info@emitec.ch](mailto:info@emitec.ch)  
[www.emitec-industrial.ch](http://www.emitec-industrial.ch)



Emitec Group   
#1 in Test & Measurement, worldwide.