

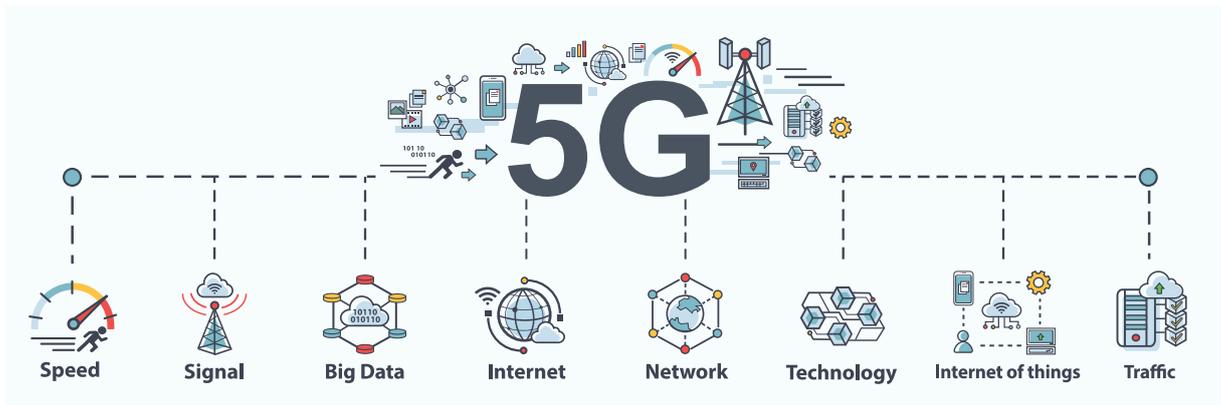


# Open RAN:

## Wie eine cloudbasierte Architektur 5G voranbringt

Die neue Mobilfunkinfrastruktur Open RAN steht für Virtualisierung, herstellerunabhängige Schnittstellen und Interoperabilität. Sie soll im Mobilfunk und besonders für 5G-Netze einen Innovationsschub einläuten. In einem Open RAN lassen sich die vielfältigen 5G-Anwendungen als cloudbasierte Dienste abbilden, was für Netzanbieter und Cloud-Spezialisten neue Märkte eröffnet.





Grafik: @AdobeStock, Buffaloboy

Mit der fünften Mobilfunkgeneration (5G) ändern sich einige entscheidende Rahmenbedingungen im Mobilfunk: Es wird zum Beispiel nicht mehr nur in einem festgelegten Frequenzbereich gesendet und empfangen, vielmehr hat das 3rd Generation Partnership Project (3GPP) für 5G-Übertragungen mehrere Frequenzbereiche und drei grundlegende Anwendungsprofile festgelegt:

- Enhanced Mobile Broadband (eMBB) ermöglicht mit einem Datendurchsatz bis in den Gigabit/s-Bereich bandbreitenintensive Anwendungen, etwa die Übertragung von 4K/8K-Videodaten per Smartphone.
- Massive Machine Type Communication (mMTC) zielt mit unzähligen IP-Sensoren auf das Internet of Things ab. Die Sensoren messen Zustände und geben sie an eine Steuerung weiter. Hier geht es um sporadische Kommunikation mit möglichst niedrigem Energieverbrauch, damit batteriebetriebene Sensoren eine möglichst lange Lebenszeit erreichen. Im Gegensatz zu LTE-Netzen können zahllose IP-Sensoren in einer Funkzelle parallel arbeiten.

- Ultra-Reliable Low-Latency Communication (uRLLC) stellt stabile Verbindungen mit Reaktionszeiten von einer Millisekunde zur Verfügung, die zum Beispiel das autonome Fahren oder andere Echtzeitanwendungen benötigen. Dabei wird uRLLC nicht breit ausgerollt, vielmehr wird das Netz in bestimmten Segmenten wie etwa an Autobahnen dafür speziell konfiguriert.

Um die Netzanforderungen der verschiedenen Profile abbilden zu können, erfolgt per Network Slicing virtuell eine Aufteilung des 5G-Netzes in einzelne Schichten, welche jeweils auf bestimmte Eigenschaften hin optimiert sind. Ein Beispiel wäre eine Aufspaltung des 5G-Netzes in eine Schicht für besonders schnelles Breitbandinternet sowie eine für energiesparende Endgeräte wie etwa Sensoren und Maschinen. Die Schichten nutzen dabei unterschiedliche Frequenzen, um sich nicht gegenseitig zu stören.



## Warum Open RAN auf Standards setzt

Die bisherigen Mobilfunknetze stammen von nur wenigen Herstellern und stellen in sich geschlossene Systeme dar. Mit 5G müssen sich die Mobilfunknetze nun öffnen, um die neuen Möglichkeiten ausschöpfen zu können. Denn eine stetig wachsende Dienstvielfalt und die Anbindung diverser Endgeräte mit völlig unterschiedlichen Anforderungen an das Netz erfordern eine Infrastruktur, die sich agil darauf einstellen kann. Das lässt sich am besten mit einer offenen, auf Standards basierenden Infrastruktur umsetzen.

Bei einem Open RAN (RAN: Radio Access Network) handelt es sich um ein Funkzugangnetz mit offenen Schnittstellen sowie standardisierten und damit herstellerunabhängigen Netzkomponenten. Wir bekommen es mit einem weitgehend virtualisierten Netz zu tun, bei dem wir Software und Hardware getrennt voneinander betrachten. Dank der Virtualisierung lässt es sich bei Bedarf per Software an aktuelle Anforderungen anpassen. Das gilt nicht nur für einzelne Dienste, sondern auch für künftige Roll-outs neuer Mobilfunkgenerationen.

**Open RAN überwindet die Begrenzungen der vorhandenen, in sich geschlossenen proprietären Architekturen mit einem robusten, auf Standards basierenden weltweiten Ökosystem vertrauenswürdiger Anbieter, Betreiber und Zulieferer.**



Foto: @AdobeStock, kitawit

## Weshalb Open RAN Cloud-Techniken einsetzt

Mit Open RAN gelingt die Einbindung von Telekommunikationstechnik in eine Cloud-Computing-Plattform. Die neue Infrastruktur nutzt Virtualisierung sowie Cloud-Techniken, künstliche Intelligenz und Machine Learning, um darüber Dienste und Funktionen automatisiert und containerbasiert sowohl zentral als auch an den Basisstationen bereitzustellen. Sie ermöglicht so eine enorme Vielfalt an Funktionen, höhere Datenraten und geringere Latenzen als herkömmliche Mobilfunknetze. Netzbetreiber können damit schneller innovative, differenzierte Dienste anbieten.

Zudem vereinfacht und optimiert die KI-gestützte Automation die Administration des Netzes. Die Orchestrierung, das Netzwerk- sowie das Lifecycle-Management der Komponenten und Services erfolgen cloudbasiert. Das Netz ist in hohem Maße skalierbar und portierbar. Ein Open RAN erreicht somit ein neues Niveau an Effizienz und Agilität.



## Wo Zugangsnetze einen Mehrwert schaffen

Es existieren bereits erste reine 5G-Mobilfunknetze auf Open-RAN-Basis, außerdem werden derzeit vorhandene 4G-Netze um Open-RAN-Technologie erweitert. Die Architektur eignet sich sowohl für urbane als auch für ländliche Gebiete.



### In Smart Cities

Weltweit gehen seit 2020 erste Open-RAN-Testnetze in Betrieb. Die meisten sollen zunächst Smart Cities ermöglichen und später schrittweise wachsen. Sobald sie für den vollständigen 5G-Betrieb ausgebaut sind, stellen sie zum Beispiel bei Großveranstaltungen

automatisch ausreichend Bandbreite zur Verfügung. Dann freuen sich alle Smartphone-Besitzer vor Ort über ein gutes Benutzererlebnis, selbst wenn TV-Sender für die Liveübertragung des Ereignisses mehrere 5G-Kanäle bündeln und große Displays hochauflösende Videodaten per 5G-Verbindung empfangen. Auf andere 5G-Anwendungen in der Nähe (etwa zur Ansteuerung von Umweltsensoren, der Straßenbeleuchtung oder von Anzeigetafeln) nimmt dies keinen Einfluss. Das gilt auch für systemkritische 5G-Anwendungen wie die Steuerung von Ampelanlagen oder für Echtzeitanwendungen im Umkreis, wenn zum Beispiel auf einer Baustelle eine Maschine über Sensork, Kamera und 5G-Netz fernbedient wird.

### In ländlichen Gebieten

Open RANs eignen sich zudem ausgezeichnet für den ländlichen Raum, da alle Komponenten in ein zentrales Lifecycle-Managementsystem eingebunden sind und ihre Orchestrierung und Wartung softwaregestützt erfolgt. Als typisches Anwendungsgebiet gilt hier das Smart Farming. Dazu zählen ferngesteuerte Ackermaschinen, die optimierte automatische Bewässerung und Düngung dank IoT-Sensorik, Melkrobotern, Fütte-

rungsautomaten und Lüftungssteuerungen veranlassen. Auch im Gesundheitssektor entstehen neue Lösungen, mit Videosprechstunden kann ein Landarzt zum Beispiel auf weite Anfahrtswege verzichten. Zudem erhalten immer mehr Patienten zur Überwachung ihres Gesundheitszustands medizinische Geräte mit integrierten IoT-Sensoren. Die aufgenommenen Daten übermittelt das Netz verschlüsselt an den behandelnden Arzt. Außerdem lassen sich die Daten anonymisiert in einer landesweiten Gesundheitsdatenbank speichern, um KI-gestützt Krankheitsverläufe auszuwerten.

Die großen Mobilfunkanbieter in Deutschland haben bereits erste Netze gestartet. Vor allem die Aussicht, nicht mehr von einigen wenigen Anbietern abhängig zu sein, veranlasste sie und viele Netzbetreiber weltweit dazu, die Entwicklung von Open RAN in der von ihnen gegründeten [O-RAN-Alliance](#) voranzubringen. Parallel dazu wird im [Telecom Infra Project](#) (TIP) mit zahlreichen Hardwareherstellern an Open RAN gearbeitet.





## Was sich mit Open RAN im Zugangsnetz ändert

Die Netzarchitektur eines Open RAN unterscheidet sich in vielen Punkten von herkömmlichen Funkzugangsnetzen. Bei einem Open RAN sollen die Virtualisierung, die weitere Aufsplitterung von Netzwerkkomponenten (Disaggregation) sowie die Entkopplung von Hardware und Software unter anderem den Energieverbrauch senken und Latenzen minimieren.

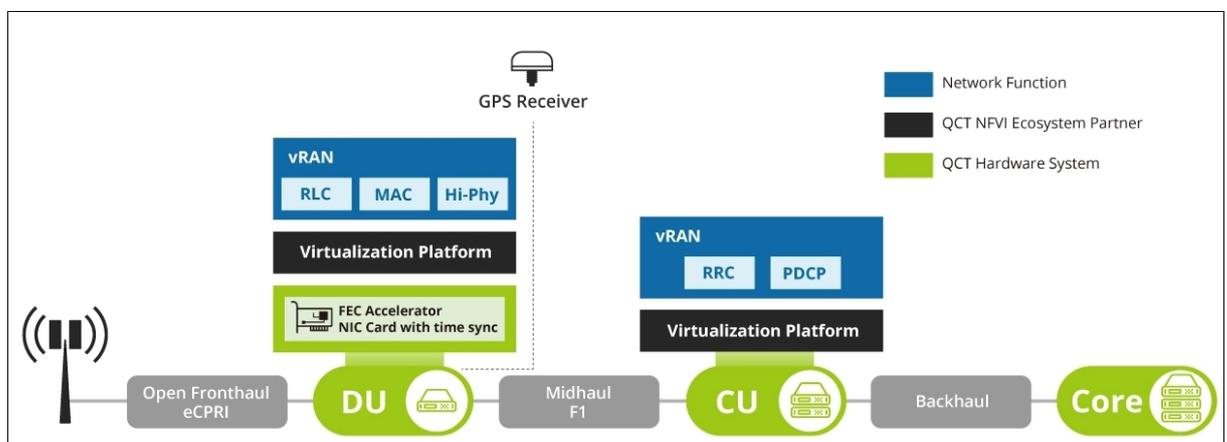
### Wie sich ein klassisches RAN zusammensetzt

Die Funk- und Signalverarbeitung im Funkzugangsnetz umfasste bisher die Basisstationen, Antennen und Edge Server zur Kommunikation mit dem Kernnetz. Die zentralen Komponenten einer Basisstation bildeten die Funkeinheit (Radio Unit, RU) zum Senden und Empfangen der Signale sowie die Basisbandeinheit (Baseband Unit, BBU). Beide sind per Fronthaul miteinander verbunden. Die Basisbandeinheit verarbeitet die Daten digital und überträgt sie über einen Edge Server und den LWL-Backbone (Backhaul) ins Core-Netz.

### Wie Open RAN die Struktur disaggregiert

Mit 5G und Open RAN werden diese Einheiten disaggregiert, also feiner aufgeteilt: Die Protokolle der dritten Schicht des OSI-Modells (Netzwerkschicht) verarbeiten jetzt die Centralized Units (CUs), die im Edge Server integriert sind. Die Protokollschichten eins und zwei werden in Distributed Units (DUs) verarbeitet. Das soll die Reaktionsgeschwindigkeit erhöhen und gilt als typischer Aufbau eines 5G-RANs ohne Open RAN.

Bei einem Open RAN sind die DUs noch weiter unterteilt: Die O-RAN-Distribution-Unit (O-DU) umfasst jetzt nur die Protokollschichten zwei (Sicherheitsschicht) und den höheren Bereich der Schicht eins (high PHY). Hinzu kommen O-RAN-Radio-Units (O-RUs), die den unteren Teil der Schicht eins (Bit-Übertragungsschicht) verarbeiten. Sie sitzen im Funkmodul. Diese Aufteilung entspricht der mittlerweile weitverbreiteten O-RAN-Spezifikation für Fronthaul Split Option 7-2x.



Die disaggregierte Infrastruktur eines Open RANs.



Die O-RAN-Alliance hat für die Midhaul-Verbindung zwischen CUs und O-DUs F1-Schnittstellen als Standardschnittstelle spezifiziert und für die Fronthauls zwischen O-DU und O-RU unter anderem glasfaserbasierte eCPRI-Schnittstellen. Sowohl die CUs als auch die O-DUs sind virtualisiert, die benötigten Kapazitäten und Frequenzen lassen sich somit bis zum Antennenmast nach Bedarf zuweisen. Zudem kann die Software zum Beispiel die Beamforming-Charakteristik der angeschlossenen Antennen-Arrays ansteuern und Signale mit benachbarten Antennen abgleichen. Um kurze Latenzen zu erzielen und echtzeitfähig zu sein, benötigen die O-DUs zur Anbindung an das vRAN eine Netzwerkkarte mit Zeitsynchronisierung sowie eine Beschleunigerkarte. Die Beschleunigerkarte nimmt bei rechenintensiven Diensten und Anwendungen die Last von der Server-CPU. So kann diese ihre Rechenleistung für eine möglichst hohe Kanalkapazität nutzen.

## Wie sich Open RAN in der Community voranbringen lässt

Diese Installationen der O-RAN-Alliance zeigen, was sich schon heute bei Open RANs umsetzen lässt:

- [5G SA E2E demo for outdoor micro cell scenario based on FH split option 7-2 and cloudification](#)
- [5G SA E2E demo for indoor pico cell scenario based on FH split option 8 and cloudification](#)
- [5G SA E2E demo for indoor pico cell with multi-user and multi-RRU](#)
- [5G NR O-RAN Fronthaul End to End integration](#)

## Welche Vorteile containerbasierte Open RANs bieten

Viele Netzbetreiber haben ihr Kernnetz bereits digitalisiert und dabei Netzfunktionen wie Directory Services, Router, Firewalls oder Load Balancer virtualisiert. Bisher geschah dies meist in Form von virtuellen Maschinen (VMs), bei einem cloudnativen Ansatz kommen Container zum Einsatz. Die Funktionen und Dienste für das Edge werden über das Open RAN zu den Edge Servern und Basisstationen transportiert.

Die Container enthalten alle für die Ausführung benötigten Daten wie Anwendungen, Funktionen oder Microservices. Durch die Containerisierung der Netzwerkkomponenten können mehrere Services auf demselben Cluster ausgeführt und bereits zerlegte Anwendungen einfacher parallel in mehrere Container integriert werden. Aufgrund der kürzeren Reaktionszeiten sowie größeren Flexibilität und Agilität setzt sich zunehmend der cloudbasierte Ansatz durch. Damit sind es nicht mehr nur virtualisierte Netzfunktionen, sondern cloudnative Netzfunktionen (CNFs).

Diese CNFs zählen zu den zentralen Bestandteilen der Network-Functions-Virtualisierung (NFV) und basieren auf der NFV-Infrastruktur (NFVI). Dazu gehört bei einer reinen Virtualisierung ein Virtual-Infrastructure-Manager (VIM), um Computing-, Speicher-, Netzwerk- und andere Ressourcen effizient unter den VNFs aufzuteilen. Bei einem cloudnativen Open RAN übernimmt das eine Containerplattform.

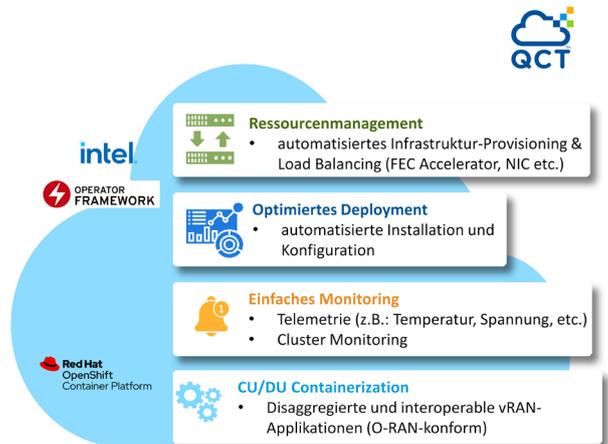


## Wie vRAN-Software, Containerplattform und Netzwerkkarten zusammenspielen

Mehrere IT-Anbieter haben bereits Softwarelösungen für cloudnative Open RANs entwickelt und optimieren diese jetzt in den verschiedenen Test-Open-RANs. Das zentrale Element für Open RAN bildet die vRAN-Software für die Netzwerkfunktionen. Intel hat beispielsweise für virtualisierte cloudfähige Funkzugangsnetze eine vRAN-Referenzimplementierung entwickelt. Die Intel®-FlexRAN-Referenzsoftware ist zugeschnitten auf Netzwerkhardware mit skalierbaren Intel®-Xeon®-Prozessoren der dritten Generation und KI-Beschleunigung.

Die vRAN-Software wird in eine Containerplattform wie OpenShift von Red Hat integriert. Die Plattform basiert auf dem Open-Source-System Kubernetes. Über sie kann der Netzbetreiber containerisierte Arbeitslasten und Services automatisiert bereitstellen, skalieren und verwalten.

Wenn die Netzwerkkomponenten mit weitreichend konfigurierbaren Netzwerk- und Beschleunigerkarten wie FPGA PAC N3000 und Wireless FEC Accelerator von Intel ausgestattet sind, sollten in der Containerplattform entsprechende Operatoren für diese Karten integriert sein, um sie aus der Cloud heraus konfigurieren und administrieren zu können. Diese Operatoren überwachen im Betrieb



**Die vRAN-Software Intel® FlexRAN und die Containerplattform OpenShift von Red Hat automatisieren viele Prozesse des Servicemanagements und der Netzwerkorchestrierung.**

automatisch das Verhalten und die Zustände der Netzwerkkarten. Auf diese Weise lässt sich eine Orchestrierung und ein Lifecycle-Management für die Ressourcen und Netzwerkkomponenten aufsetzen.

## Vor welchen Herausforderungen Netzbetreiber stehen

Die Netzbetreiber stehen derzeit bei Open RANs vor ähnlichen Herausforderungen wie bei den frühen NFV-Implementierungen: Die Standards sind noch nicht ausgereift, dementsprechend lässt auch die Interoperabilität zu wünschen übrig. Außerdem verfügen sie nur über begrenzte Integrationsressourcen, da dies bisher der Generalanbieter übernommen hat.

Mobilfunkanbieter, die Systeme von mehreren Firmen einsetzen, benötigen eine ausgeklügelte Integration. Nur die stellt sicher, dass ihre Netzwerke zum einen mit Gigabit-Geschwindigkeiten arbeiten und zum anderen die Hochverfügbarkeitsanforderungen von 99,999 Prozent erfüllen.



## Wie Kooperationen die Integration von Servern vereinfachen können

Aus diesem Grund gehen viele Open-RAN-Anbieter Kooperationen ein, um aufeinander abgestimmte Lösungen offerieren zu können, die sich erheblich schneller und einfacher in das Netz integrieren lassen.

QCT ist beispielsweise als Serverhersteller Mitglied der O-RAN-Alliance und möchte aktiv in der Open-RAN-Community Lösungen entwickeln, mit denen sich die Einrichtung und der Betrieb von Open RANs für Netzbetreiber einfacher gestaltet. Aus diesem Grund sind die QCT-IronEdge-CU/DU-Server für Open RAN vorkonfiguriert und optimal abgestimmt auf die vRAN-Lösung sowie die Containerplattform des jeweiligen Netzes. Gemäß den Open-RAN-Vorgaben sollten Open-RAN-Edge-Server mehrere Containerplattformen unterstützen. Bei QCT stehen zum Beispiel die Plattformen Red Hat, Wind River und Robin.io zur Auswahl. Diese vorkonfigurierten Lösungen erfordern eine detaillierte Abstimmung zwischen den Anbietern.

Ähnliches gilt für die RAN-Architektur, wenn sich Server sowohl für zentralisierte als auch verteilte RANs eignen und bei ihrer Auslieferung bereits für die jeweilige Architektur optimiert sein sollen. Damit ein Open RAN die verschiedenen 5G-Anwendungsprofile am Rand des Netzwerks komplett abdeckt, muss der Edge Server zudem Multi-Access Edge Computing (MEC) unterstützen, das bisher in den meisten Test-Open-RANs noch fehlt. Auch das benötigt viel Abstimmungsbedarf für eine praxiserichte Lösung.

## Wenn alle notwendigen Dienste bereits vorinstalliert sind

Schon aus diesem Grund drängt sich eine strategische Partnerschaft mit einem Anbieter einer vRAN-Lösung auf. Hier kommt die Referenz-vRAN-Software Intel® FlexRAN ins Spiel. Damit diese ihre maximale Leistung erreicht, sollten die Server über die neuesten Intel-CPU's verfügen. Hersteller, die eng mit Intel kooperieren, können ihre Geräte bereits ab Werk mit allen notwendigen Softwarediensten bestücken. Die DU- und CU-Server können so vorkonfiguriert werden, dass sie automatisch die vRAN-Workloads in den unteren Schichten gemäß der O-RAN-Fronthaul-Split-Option 7-2x aufsplitten. Zudem kann das Betriebssystem beispielsweise automatisch die virtuellen Funktionen für den Netzbetreiber erstellen, der zur eingebauten Netzwerkkarte passt. Um dies zu ermöglichen, muss es auf einen vorinstallierten Virtual-Function-Pool für vRAN-Layer-1-Workloads zugreifen können.

## Warum eine strenge Validierung eine so essenzielle Rolle spielt

Server sollten sich mit Netzwerk- und Beschleunigerkarten verschiedener renommierter Hersteller bestücken lassen, wobei vorab ein strenges Validierungsprogramm notwendig ist, um eine perfekte Interoperabilität ohne geringste Störungen zu gewährleisten. Das erhöht die Ausfallsicherheit der Server-Cluster und stellt sicher, dass die Server die volle Leistungsfähigkeit der Netzwerkkarten, CPUs und Beschleunigerkarten ausschöpfen. Sollen die Karten über das Red-Hat-OpenShift-Cluster gemanagt werden und die Zeitsynchronisierung über die Netzwerkkarte erfolgen, bieten sich die Intel FPGA-PAC-N3000-Netzwerkkarten und Wireless-FEC-Beschleunigerkarten von Intel an.



## Welche Zulassungen und Zertifizierungen wichtig sind

Open-RAN-Netzwerkkomponenten müssen die Open-RAN-Spezifikationen einhalten sowie TIP-zertifiziert und gelistet sein. Die Branche fordert darüber hinaus oft eine NEBS-Zertifizierung. Dieser scharfe Industriestandard der TCG (Telecom Carriers Group) umfasst EMV- und Umwelttests plus Sicherheitsprüfungen.

## Wie QCT das Edge Computing von Open RANs einfacher gestaltet

QCT führt für das Open-RAN-Edge mit dem QuantaEdge EGD21L-WT einen kompakten, besonders robusten IP67-DU-Edge-Server für die Montage an Funkmasten im Programm. Ihm zur Seite stehen 1-HE- und 2-HE-CU-Edge-Server für den Einbau in 19-Zoll-Gehäusen. Bei dem kleinen IronEdge-DU-Server lassen sich beispielsweise Netzwerk- und Beschleunigerkarte über zwei schnelle PCIe-4.0-Erweiterungsslots integrieren. Der 1-HE-Edge-Server QuantaEdge EGX63IS-1U kann bis zu vier PCIe-4.0-Schnittstellen besitzen.

Die Edge Server sind vorkonfiguriert, validiert und verfügen über alle spezifischen Schnittstellen. Sie gehören zur QCT-IronEdge-Server-Produktlinie für Open RAN. Die Edge-Lösungen sind vom Telecom Infra Project (TIP) für den Aufbau von Open RAN in verschiedenen Szenarien wie verteiltes und zentralisiertes RAN sowie für MEC-Anwendungen zugelassen. Außerdem besitzen sie eine NEBS-3-Zertifizierung.

## Warum DU-Edge-Server besonders robust sein müssen

DU-Edge-Server sind extremen Witterungsverhältnissen im Umfeld von Basisstationen ausgesetzt und müssen selbst bei besonders hohen und niedrigen Temperaturen sowie intensiver Sonneneinstrahlung einwandfrei funktionieren. Darüber hinaus sollten sie gut vor mechanischen Einwirkungen und unbefugtem Zugriff geschützt sein. In dieser Umgebung sollen die kleinen, robusten Server Höchstleistungen liefern und möglichst wenig Energie verbrauchen.

  
TELECOM INFRA  
PROJECT

**QCT-Server auf dem TIP Marketplace**

Land

Vorort



**EGD21L-WT** 

Land

Vorort

Stadt



**EGX3IS-1U** 

TIP Community  
Lab Test





**D52Y-2U** 

**Diese Edge Server von QCT sind TIP-zertifiziert.**



## Mehr über Quanta Cloud Technology



Quanta Cloud Technology (QCT) ist ein globaler Lösungsanbieter für Datacenter. Wir verbinden die Effizienz von Hyperscale-Hardware mit Infrastruktursoftware von namhaften Herstellern, um den An- und Herausforderungen künftiger

Datacenter Generationen gerecht zu werden. Zu den Kunden von QCT zählen Cloud Service Provider, Telekommunikationsanbieter sowie Betreiber von Public, Private und Hybrid Clouds.

Die Produktpalette besteht aus hyper-converged und software-defined Datacenter-Lösungen, Servern, Storage, Switches, integrierten Rack-Systemen sowie einem vielfältigen Ökosystem von Hardware- und Softwarepartnern. Als technologisch führendes Unternehmen deckt QCT das volle Leistungsspektrum von der Entwicklung, Produktion, Integration bis hin zum Service ab - das alles weltweit und aus einer Hand. QCT ist ein Tochterunternehmen der Quanta Computer Inc., einem Fortune Global 500 Technologie Konstruktions- und Produktionsunternehmen.

Quanta zählt zu den Clarivate Top 100 Global Innovators. Das Verlagshaus Clarivate Analytics (Philadelphia, USA) legt bei seinen Veröffentlichungen sowie bei dieser Auszeichnung seinen Schwerpunkt auf intellektuelles Eigentum und Wissenschaften. Quanta und QCT haben ihre Strategie bereits 2014 auf Innovationen ausgerichtet und halten mittlerweile hunderte von Patenten im Bereich Cloud Computing. Die große Erfolgsquote bei Patenteinreichungen sowie deren globale Reichweite seien laut Clarivate herausragend, sodass Quanta diese Auszeichnung fortlaufend bis 2018 erhielt.

Zudem zählt Quanta laut Fortune Magazine zu den weltweit am meisten bewunderten Unternehmen des Jahres 2021 (World's Most Admired Companies 2021).

## MEHR ERFAHREN ÜBER OPEN-RAN-LÖSUNGEN VON QCT

Intel, das Intel-Logo, Xenon Inside und Intel Optane sind Marken der Intel Corporation oder ihrer Tochtergesellschaften in den USA und/oder anderen Ländern.

QCT, das QCT-Logo, Quanta und das Quanta-Logo sind Marken oder eingetragene Marken von Quanta Computer Inc.

Red Hat und Red Hat OpenShift sind Marken von Red Hat, Inc.

Dieses Whitepaper wurde erstellt von der eMedia GmbH, einer Tochtergesellschaft der Heise Media GmbH & Co. KG.