

# Unified Communications

Technische Anforderungen an die IP-Netze  
mit Empfehlungen für Planung und Betrieb



# Impressum

## Fachheftreihe Technik 02/2023

### Unified Communications

Technische Anforderungen an die IP-Netze  
mit Empfehlungen für Planung und Betrieb

Oktober 2023

### Herausgeber

VAF Bundesverband Telekommunikation e. V.

Otto-Hahn-Straße 16  
40721 Hilden

info@vaf.de

www.vaf.de

Daniel Brosend (1. Vorsitzender), Martin Bürstenbinder (Geschäftsführer)

© VAF, Oktober 2023, alle Rechte vorbehalten

Die Vervielfältigung und Veröffentlichung, auch auszugsweise, bedürfen der vorherigen schriftlichen Genehmigung durch den Herausgeber.

### Redaktionshinweise

Diese Publikation erläutert die aktualisierte Neuauflage des Anforderungskatalogs „Unified Communications – Technische Anforderungen an die IP-Netze für Anwendungen der Echtzeitkommunikation; Voice-over-IP, Video-over-IP, Fax-over-IP“ zum Stand Oktober 2023.

**Fachleitung** Prof. Dr. Gerd Siegmund, Mathias Hein

Erstellt im Fachausschuss Technik des VAF unter beratender Mitwirkung von Vertretern aus Mitgliedsunternehmen des VAF. Textbeiträge stammen von Mathias Hein, Benjamin Pfister, Prof. Dr. Gerd Siegmund und Prof. Dr. Jörg Wehmeier. Redaktionelle Leitung und Ansprechpartner des Herausgebers: Martin Bürstenbinder, V.i.S.d.P.; redaktionelle Mitwirkung: Folker Lück; Lektorat: Dr. Christian Jerger; Layout: Susanne Brodhage.

### Haftungsausschluss

Die Publikation spiegelt die Erkenntnisse der Redaktionsgruppe zum Zeitpunkt der Erstellung. Sie wurde mit größter Sorgfalt erstellt. Dennoch übernimmt der Herausgeber keine Verantwortung für die Fehlerfreiheit oder Vollständigkeit der Aussagen. In der Anwendung auf den Einzelfall sind immer dessen besondere Umstände zu beachten.

### Über den VAF

Der VAF ist der Bundesverband der ITK-Systemhäuser in Deutschland. Der VAF unterstützt und vernetzt ITK-Systemhäuser (B2B) und ist seit über 70 Jahren den Mitgliedsunternehmen sowie der Innovation in der Branche verpflichtet. Der VAF bietet Branchenevents, Fachtagungen, Rechtsberatung, Interessenvertretung, Whitepaper zu Technik, Recht und Markt, Schulungen mit Grundlagen- und Experten-Know-how, VAF-Servicepool, Fachausschüsse und Projektgruppen.

# Kapitelübersicht

<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>I. Technische Anforderungen an die IP-Netze für Anwendungen der Echtzeitkommunikation</b>	<b>6</b>
<b>II. Erläuterungen mit Empfehlungen für Planung und Betrieb</b>	<b>11</b>
<b>III. Zusatzinformationen Homeoffice</b>	<b>30</b>



# Einleitung

Um kommunikationstechnische Systeme in den Netzen einer Organisation störungsfrei und in gewünschter Qualität betreiben zu können, müssen die Netze die spezifischen technischen Anforderungen der Echtzeitkommunikation erfüllen. Diese Anforderungen beschreibt der vom VAF Bundesverband Telekommunikation herausgegebene Anforderungskatalog grundlegend und bewährt sich seit vielen Jahren als Arbeitshilfe in der Praxis.

Der Katalog wird im Fachausschuss Technik des VAF Bundesverband Telekommunikation von Experten erstellt und entsprechend zur technologischen Entwicklung fortgeschrieben.

Die vorliegende Ausgabe des Katalogs erweitert die Betrachtung deutlich über die IP-Telefonie im LAN/WAN hinaus und trägt damit den aktuellen Nutzungsszenarien Rechnung. Videokommunikation ist zum üblichen Bestandteil in der Unternehmenskommunikation geworden und Fax wird – trotz technologischen Wandels – noch in IP-Netzen betrieben. Auch Anforderungen an WLAN werden jetzt aufgrund dessen hoher Verbreitung und Nutzung beschrieben. Ebenfalls wird der Telekommunikationsanschluss für die externe Sprachkommunikation behandelt, da nach dem weitestgehenden Wechsel von ISDN-Anschlüssen auf IP-basierte TK-Anschlüsse (SIP-Trunks) auch die vormalige technische Normierung nicht mehr gegeben ist. Heimnetze für die Homeoffice-Nutzung sind sehr vielfältig und im strengen Sinn kein Bestandteil des Unternehmensnetzes. Darum sind sie im Anforderungskatalog selbst nicht aufgenommen. Wegen ihrer inzwischen hohen Bedeutung für die Unternehmenskommunikation werden aber technische Hinweise und Empfehlungen gegeben.

Die aktuelle Ausgabe des Anforderungskatalogs ist in dieser Publikation als Kapitel I enthalten. Im darauffolgenden Kapitel II werden die einzelnen technischen Anforderungen jeweils erläutert und mit Empfehlungen für Planung und Betrieb ergänzt. Das abschließende Kapitel III beinhaltet Hinweise zur Optimierung von Homeoffice-Netzen.

Hilden, Oktober 2023

Martin Bürstenbinder  
Geschäftsführer

**VAF Bundesverband Telekommunikation e. V.**

# 1 Dienstanforderungen von Anwendungen

## 1.1 Voice-over-IP

### Technische Anforderung

1.1.1 Verfügbare Bandbreite  $\geq$  maximale Anzahl simultaner VoIP-Verbindungen x (Codec-spezifische Bitrate + Ethernet/IP/UDP/RTP-Overhead-Bitrate)

#### » Erläuterung

Dieses Kriterium liefert die Formel, mit der die benötigte „verfügbare Bandbreite“ für VoIP ermittelt wird. Zunächst muss die vom Auftraggeber geforderte maximale Anzahl der gleichzeitig zu führenden Sprachverbindungen herangezogen werden. Die pro Sprachverbindung dann benötigte Bandbreite (Übertragungsrate bzw. Bitrate) hängt zum einen von der Bitrate des jeweiligen Sprach-Codex und zum anderen von der Ethernet/IP/UDP/RTP-Overhead-Bitrate ab.

In der folgenden Tabelle sind die gängigen Sprach-Codex mit der erforderlichen Übertragungsrate aufgelistet. Der Codec G.711 ist der Standard-Codec und muss von jeder Implementation unterstützt werden.

Codec	Übertragungsrate in kbit/s	Sprachqualität
G.711	64	sehr gut
G.722	64	exzellent (besser als ISDN)
G.723	6,4/5,3	gut bis schlecht
G.728	16	gut
G.729A	8	befriedigend

Tabelle 1: Übersicht der verschiedenen Verfahren der Sprachkomprimierung (Codecs)

Die Größe des Overheads ist für alle VoIP-Kommunikationen gleich und beträgt 70 Byte bzw. 560 Bit (1 Bit = 1 Byte / 8). Der Wert setzt sich aus den folgenden Komponenten zusammen:

Protokoll	Overhead in Byte
RTP	12
UDP	8
IP	20
Ethernet	30
<b>Summe</b>	<b>70</b>

Tabelle 2: Übersicht der verschiedenen Protokoll-Overheads (Ethernet-Header inklusive VLAN-Tag, Präambel, Start Frame Delimiter und CRC-Feld)

Wird alle 20 ms ein Sprachpaket gesendet, so beträgt die Overhead-Bitrate dieser Header  $560 \text{ Bit} / 0,02 \text{ s} = 28.000 \text{ bit/s}$  bzw. 28 kbit/s.

Der Takt, mit dem Sprachpakete versendet werden, ergibt sich aus den Konfigurationseinstellungen des VoIP-Systems oder lässt sich mit entsprechenden Tools (z. B. Wireshark) ermitteln.

### Mehr Bandbreitenbedarf für VoIP bei IPv6

Wird anstatt der Version 4 des Internetprotokolls (IPv4) die Version 6 (IPv6) genutzt, so erhöht dies den Bandbreitenbedarf aufgrund des größeren IPv6-Headers. Die Länge jedes IPv6-Pakets nimmt um mindestens 20 Byte zu. Kommen zusätzliche Extension-Header hinzu, kann die Länge der gesamten IPv6-Pakete auch um ein Vielfaches wachsen.

## 1.1.2 Paketverlustrate: maximal 3 Prozent

### Technische Anforderung

#### » Erläuterung

Die Paketverlustrate ist ein Maß für die Übertragungsqualität einer Datenverbindung. Die Paketverlustrate definiert als Prozentangabe, wie viele Pakete eines Datenstroms zwischen einem Sender und einem oder mehreren Empfängern während der Übertragung verloren gegangen sind. Die Paketverlustrate berechnet sich aus dem Verhältnis der Anzahl verloren gegangener zur Anzahl gesendeter Datenpakete. Für eine gute Verbindung sollte dieser Fehlerwert so klein wie möglich sein. Optimal ausgelegte und gut administrierte IP-Netze weisen heute in der Regel eine Paketverlustrate von unter 0,5 Prozent auf.

Wie viel Paketverlust und Jitter die Sprachqualität einer Verbindung toleriert, hängt auch von den verwendeten VoIP-Codecs und dem Übertragungstakt ab. Für die hier angegebenen Werte des maximalen Paketverlusts und Jitters sind der Standard-Codec G.711 und der Übertragungstakt von 20 ms je RTP-Paket zugrunde gelegt.

Bis zu einer Verlustrate von 3 Prozent ist eine gute bis sehr gute Sprachqualität erreichbar. Nach Angaben der ITU-T ist ab 5 Prozent Verlust eine akzeptable Sprachqualität nicht mehr zu gewährleisten.

Zwei Arten von Paketverlust sind zu unterscheiden:

- Verlust einzelner Datenpakete, die nicht direkt aufeinanderfolgen, und
- Verlust mehrerer direkt aufeinanderfolgender Datenpakete.

Der Verlust von mehreren direkt aufeinanderfolgenden Datenpaketen (Datenburst) ist ein typischer Effekt kurzfristiger Netzbelastungen durch die Datenkommunikation. Diese kann der Empfänger nicht mehr kompensieren und sie wirkt sich daher als Übertragungsstörung aus. Vereinzelte Paketverluste werden vom Gehör/Gehirn interpoliert und fallen dem Zuhörer meist nicht auf.

Paketverluste wirken sich umso stärker aus, je größer der sogenannte Payload (Sprach-/Videoanteil im Paket) ist. Aus diesem Grund sind die Pakete für die Übertragung der Sprache relativ klein. Viele kleine Pakete in einem kurzen zeitlichen