



Teams Audio/Video Deep Dive - So klappt es mit dem Meeting

Frank Carius, MVP

Über mich

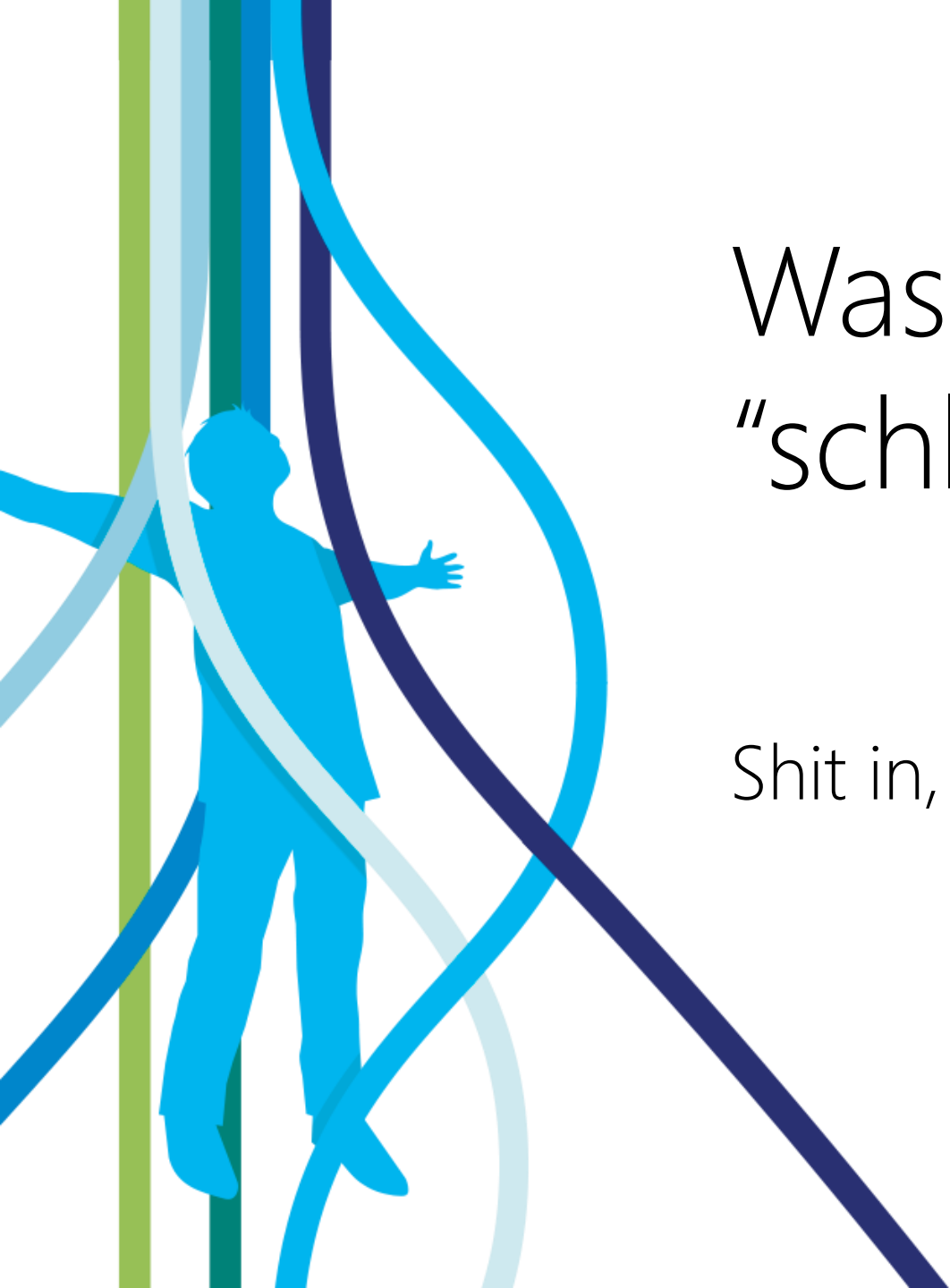
Frank Carius

- Microsoft MVP Microsoft 365 (Exchange, Teams)
- Microsoft Certified Master (Lync)
- Webseite: <https://www.msxfaq.de>
-   frank.carius@netatwork.de
-  <https://de.linkedin.com/in/frankcarius>



- Systemhaus/Softwarehaus
- Solution Partner „Modern Work“ and „Security“
- Seit 1995, Paderborn, Germany, 150+ Mitarbeiter





Was ist ein "schlechtes Meeting" ?

Shit in, Shit out



Wir kennen Sie alle...

- Audio
 - Kein Ton
 - Aussetzer
 - Audio zu leise
 - Störgeräusche
 - Schlechte Verständlichkeit
- Ursachen
 - Qualität des Headsets
 - Umgebung/Hintergrund
 - Problem beim Empfänger
- Video
 - Artefakte
 - Standbilder
 - Niedrige Auflösung
 - Audio/Video out of sync
- Verbesserungen möglich
 - Raum-Setup, Beleuchtung, Hintergrund
 - Kamera, CPU

Es ist nie das Netzwerk ?



Checkliste 1



- Guter Ton...
 - ... Umgebung! Noise Cancelling ist keine Allzweckwaffe
 - ... Geeignetes Mikrofon an der richtigen Position
 - ... "Softwareoptimierung" kostet Latenzzeit
- Gutes Bild...
 - ... Licht, Licht, Licht – diffus statt Punkquelle
 - ... Kameraqualität und Position (Doppelkinn)
 - ... "Ruhe im Bild" – Kleidung, Hintergrund, Blur

Und wo ist das Netzwerk?

- Windows/Teams Consultants
 - Das Netzwerk funktioniert
 - Dafür gibt es ein "Netzwerk Team"
 - Nicht unser Problem – "Du"-Problem
 - Wir wissen gar nicht genau, wie es funktioniert
 - Es gibt kein Problem, Exchange, SharePoint u.a. funktionieren auch
- Netzwerkteam
 - Unser Netzwerk ist fehlerfrei
 - Wir haben genug Bandbreite
 - Unser SNMP-Monitoring zeigt das auch
 - "Maus-Consultants" verstehen nichts vom Netzwerk



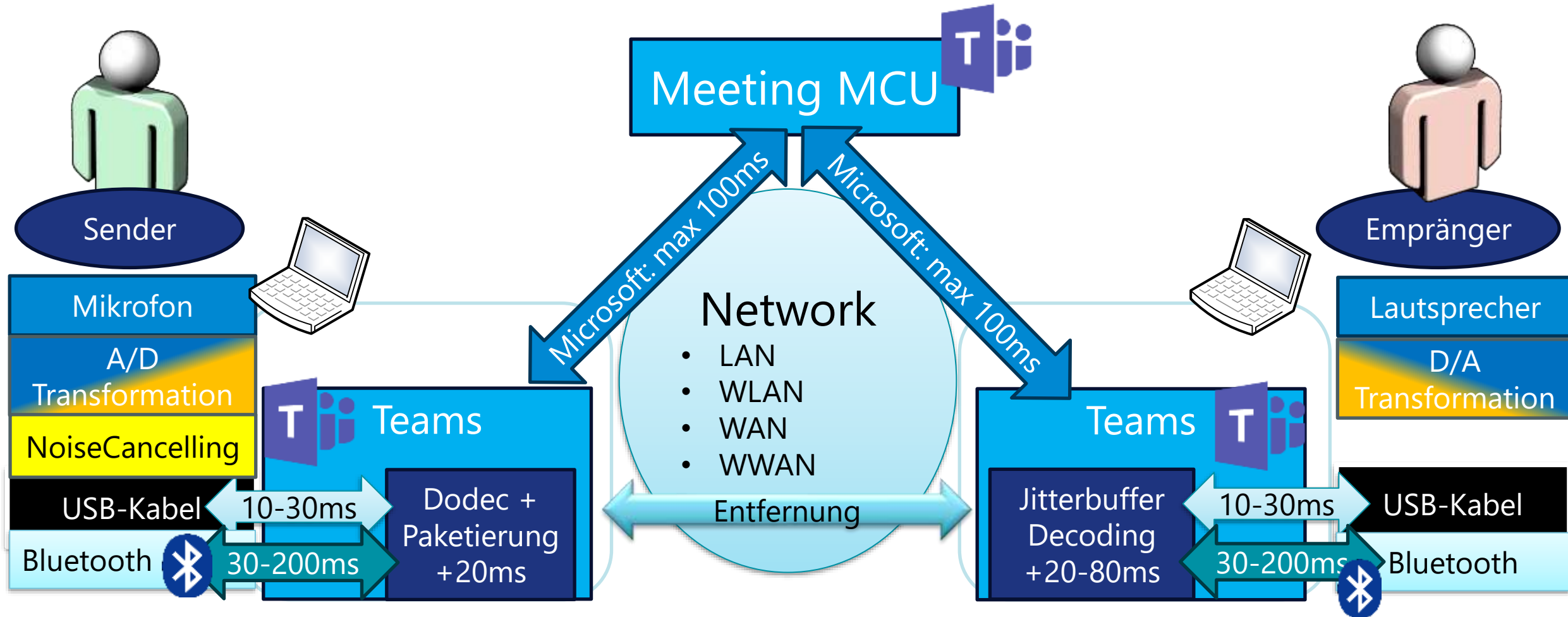
Was muss ein Teams Consultant über Netzwerke wissen?

An abstract graphic on the left side of the slide. It features a blue silhouette of a person standing with arms slightly out. Several thick, curved lines in various shades of blue, green, and purple swirl around the person, creating a sense of motion or a complex network. The lines vary in thickness and color, with some being a vibrant blue and others a darker blue or green.

Was passiert auf dem Kabel?

Latenzzeit ist ein Schlüssel für Meetings
100ms/200ms-Regel

Vom Ende zum Empfänger in unter 200ms



Network Readness für VoIP

- Signalisierung (SIP oder https)
 - Port 443
 - 5-10 kbit/User/Sec
 - RTT wichtig aber nicht kritisch
- RTP-Anforderungen
 - Client zu Microsoft 365
 - Audio: 100kbit/Sec
- Protocol: UDP bevorzugt!
 - TCP oder https nur im Notfall
 - Quellport: 50.000-50059
 - Zielport: 3478-3481/UDP
- Können wir das testen ?

Metric	Edge	Client
Latency (one way)	< 30ms	< 50ms
Latency (RTT)	< 60ms	< 100ms
Burst packet loss	<1% during any 200 ms interval	<10% during any 200ms interval
Packet loss	<0.1% during any 15s interval	<1% during any 15s interval
Packet inter-arrival Jitter	<15ms during any 15s interval	<30ms during any 15s interval
Packet reorder	<0.01% out-of-order packets	<0.05% out-of-order packets

<https://docs.microsoft.com/de-de/skypeforbusiness/optimizing-your-network/media-quality-and-network-connectivity-performance>

Google Meet Readiness

- Google nutzt 19302–19309/UDP 443/TCP
 - Prepare Network for Google Meetings
<https://support.google.com/a/answer/1279090>
- Test mit ICMP
 - 4 Stunden Dauerping
 - Gegenstelle: `lens.l.google.com`
 - Immer unter <100ms
 - Keine Durchschnittswerte!
- Traceroute
- Bandbreite? Nur mit 3rd Party Tools
- WebRTC Troubleshooter
 - <https://webrtc.github.io/test-pages/>
 - `chrome://webrtc-internals`

Troubleshoot audio & video quality

Measure latency

Video quality is highest when round-trip latency between the client and Google is lower than 100 ms. Meet media quality is reduced if latency is 300 ms or more. To measure latency, you can:

Ping the Google Meet media front-end server for at least 4 hours.

```
> ping lens.meet.1.google.com
```

```
PING lens.meet.1.google.com (74.125.143.127): 56 data bytes
64 bytes from 74.125.143.127: icmp_seq=0 ttl=47 time=25.424 ms
64 bytes from 74.125.143.127: icmp_seq=1 ttl=47 time=25.271 ms
64 bytes from 74.125.143.127: icmp_seq=2 ttl=47 time=26.262 ms
64 bytes from 74.125.143.127: icmp_seq=3 ttl=47 time=26.085 ms
```

If your latency is too high, use the traceroute utility to print out the network path. This path should be as short as possible. On Chromebooks, enter:

```
> tracepath lens.meet.1.google.com
```

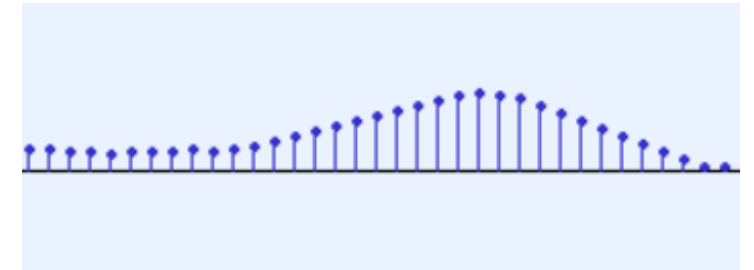
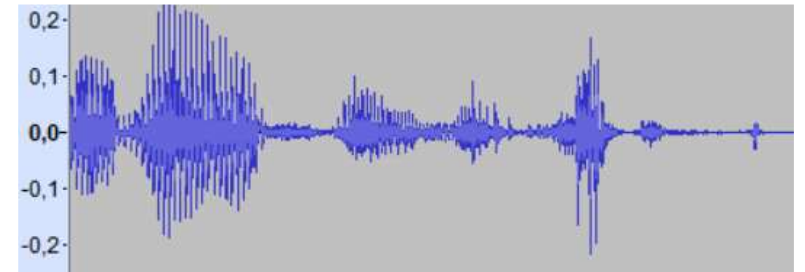


RTP vs. Daten

Was ist der Unterschied zwischen
Audio/Video und Datenübertragungen

Audio über Netzwerke

- Analogtelefon
500Hz - 3,4kHz Voice, Keine Musik
- ISDN: 4 kHz Voice
- Sampling (A/D-Konvertierung)
 - Doppelte Abtastrate = 8000 „samples/sec
 - Pro Messung 1 Byte = 8 Bit
 - $8000 \times 8 \text{ Bit} = 64 \text{ kbit/sec} = 8 \text{ kB/sec}$
- Jedes Ethernet-Paket kann ca. 1500 Bytes übertragen
- Falsch: 6 Pakete/Sec mit 166ms Audio



**VoIP-Audio: 50 Pakete/sec mit 160 Bytes
+ Overhead = ca. 100kBit**

Video auf dem Netzwerk

- Rechenbeispiel „FullHD“-Video
 - 1920x1080 Pixel -> ca. 2 Mio Pixel
 - *3 Farben (RGB) á 3 Byte -> 6 Mio Bit
 - *50fps -> 300 Mbit/Sek RAW
- Kompression auf 1-2 MBit
 - MPEG4, Encoding ist teuer (CPU), Decoding is billig (DVD-Produktion and Player)
 - I-Frame, P-Frame, B-Frames
 - Moderne Webcams komprimieren selbst



Video: 1-2 Mbit/sec
1500 Bytes/Paket = 66 Pakete/Sec

Der „bessere“ Transport

UDP, TCP, HTTP





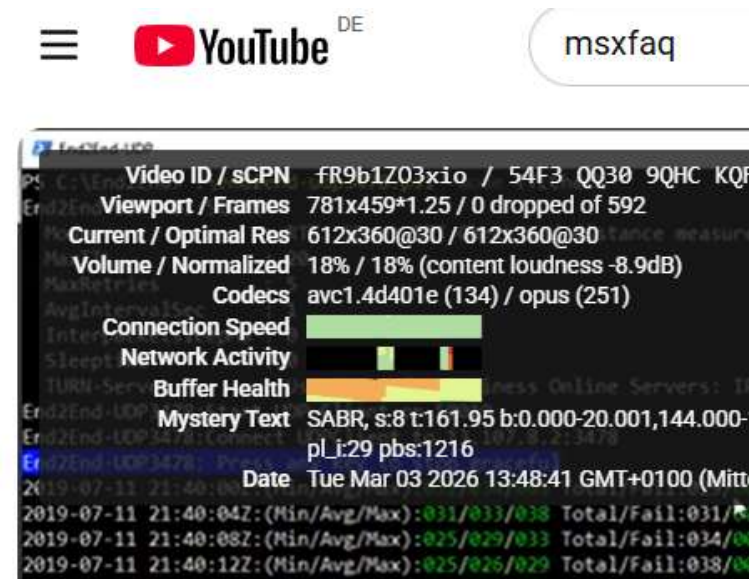
Es dreht sich alles um Paketverluste

- Paketverluste finden immer statt. Ein zu langsames Paket ist „verloren“
- UDP
 - Empfänger erkennen fehlende Pakete und Laufzeitunterschiede
 - Empfänger meldet Empfangsqualität über RTCP an den Sender
 - Sender kann Versand anpassen (Codec, Auflösung, Frames/Sec)
 - Verlorene Pakete werden nicht erneut gesendet. Kein Bedarf
- TCP
 - TCP-Stack des Empfängers „vermutet“ Verlust nach ca. 1 sec
 - Empfänger fordert „Retransmit“ vom Sender an (TCP = Verlustfrei)
 - TCP-Stack des Senders sendet erneut und Paket wird in Datenstrom eingefügt
 - Datenstrom zum Teams Client „stockt/pausiert“ für die Zeit.
 - Teams Client verwirft „zu späte Pakete“
 - Teams erkennt weder Paketverluste oder Jitter sondern nur „Latenzschwankungen“

Welches Transportprotokoll ist besser für Audio/Video?

Was ist mit HTTP als Transport?

- HTTPS
 - Fallback, wenn UDP oder TCP nicht nutzbar sein
 - Teams packt RTP-Pakete in HTTP-Pakete ein
- Aber YouTube, Netflix, etc. macht das doch auch
 - Korrekt, aber das ist „Streaming“ ohne Rückkanal
 - Wiedergabe erfolgt oft Sekunden später mit Buffering
 - Cross-check: Fußball über Streaming/SAT/DAB-TV oder FM-Radio
- Teams Live Events/Townhall Meetings nutzen HTTPS
- VPN-Frage
 - Routen Sie RTP-Pakete durch ihr VPN oder Split-VPN
 - Welches Protokoll nutzt ihr VPN? UDP, TCP oder vielleicht sogar HTTPS?
- HTTP-Proxy-Frage
 - Schicken Sie HTTP-Pakete durch einen Cloud Proxy? (Zscaler, Umbrella etc.)





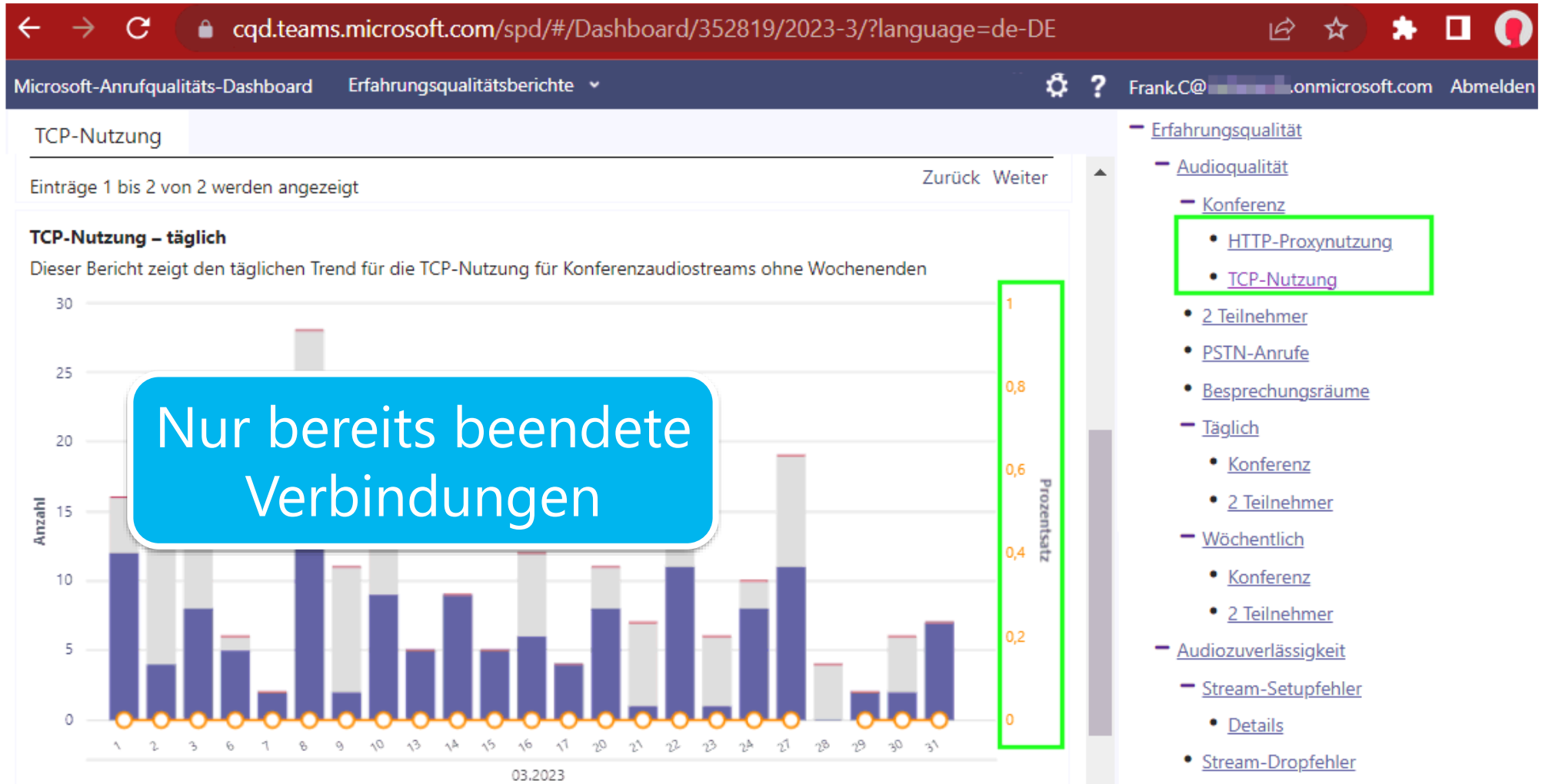
Kleiner Weckruf

Firewall and proxy requirements

Microsoft Teams connects to Microsoft Online Services and needs internet connectivity for this. For Teams to function correctly, you must open TCP ports 80 and 443 from the clients to the internet, and UDP ports 3478 through 3481 from the clients to the internet. The TCP ports are used to connect to web-based content such as SharePoint Online, Exchange Online, and the Teams Chat services. Plug-ins and connectors also connect over these TCP ports. The four UDP ports are used for media such as audio and video, to ensure they flow correctly. Opening these ports is essential for a reliable Teams deployment.

Blocking these ports is unsupported and will have an effect on media quality.

Kurzcheck: Teams CQD Call Quality Dashboard



Brauchen wir QoS, DSCP, COS?

- Default ist „OFF“:
- Empfehlung: ON mit Ports
 - 3479 = Audio
 - 3480 = Video
 - 3481 = Desktop-Sharing
- Quell-Ports, nicht Ziel-Ports!
 - 50.000 – 50.059
- QoS-Tagging
 - Windows: per GPO möglich (not Mac, IOS, Android, Linux etc.)
 - Besser: Tagging auf dem Switch, Router oder Firewall.

Microsoft Teams admin center

Network

Set up how you want to handle Teams meetings real-time media traffic (audio, video and screen sharing) that flow across your network.

Insert Quality of Service (QoS) markers for real-time media traffic ☒ On

Select a port range for each type of real-time media traffic ☒ Specify port ranges ☐ Automatically use any available ports

Media traffic type	Starting port	Ending port	Total ports
Audio	50000	50019	20
Video	50020	50039	20
Screen sharing	50040	50059	20

Save Discard

DSCP = 46 /
DSCP = 34 /
DSCP = 41 /
AF21

<https://docs.microsoft.com/de-de/microsoftteams/qos-in-teams>



Checkliste 2



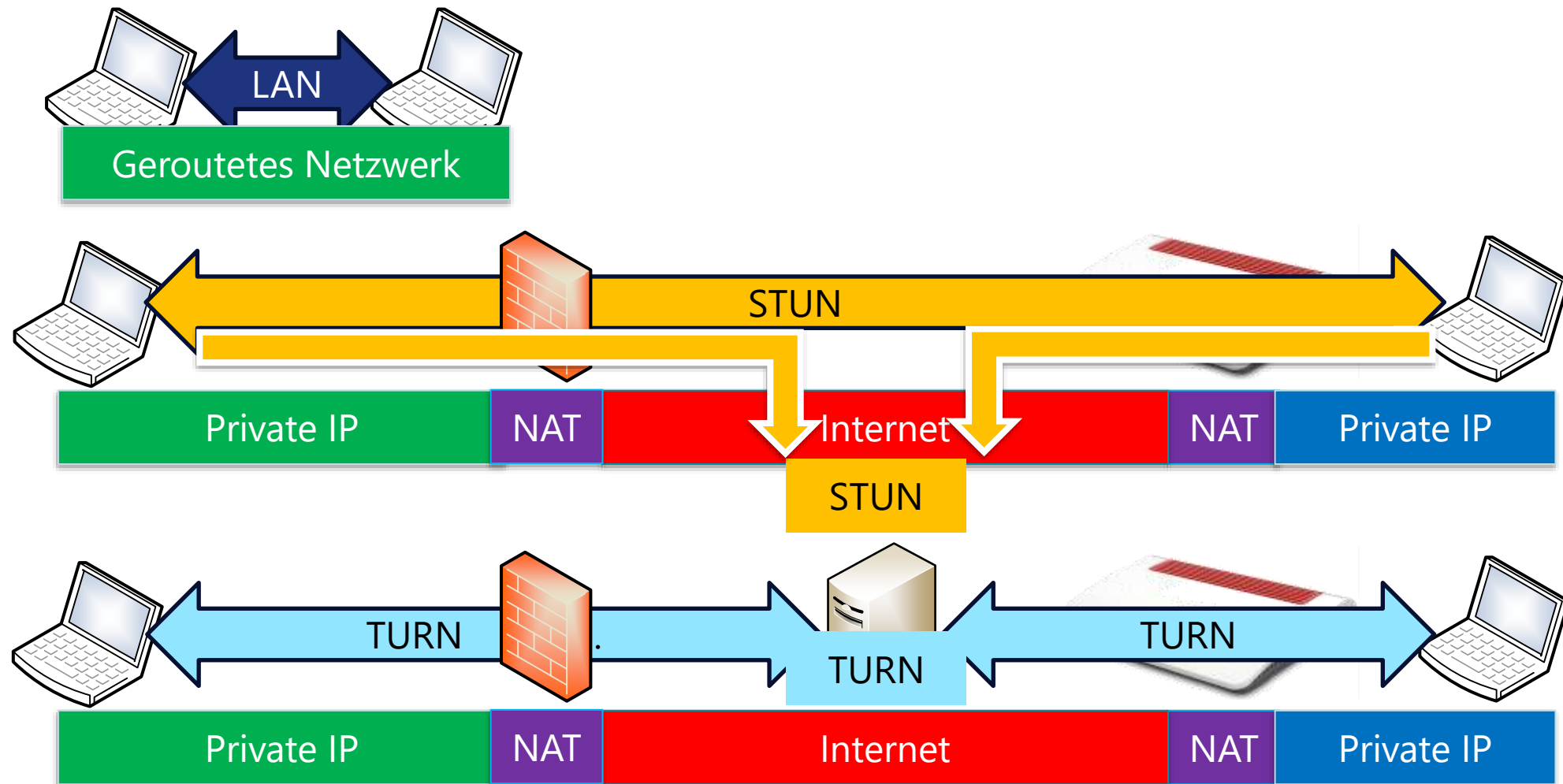
- RTP ist kein klassischer Datenverkehr sondern viele kleine Pakete
- Prüfe Router/Firewall Packet rate/sec für viele kleine Pakete
- Kenne den Zusammengang von Paketverlusten und Latenz
- Überprüfungen
 - Ist UDP auf Ports 3478-3481 erlaubt (Teams TURN/STUN)
 - HTTP-Proxy Bypass for Teams?
 - Split-Tunnel VPN für Teams Media Relays
 - Welche Clients nutzen dennoch TCP/HTTP (CQD)
 - Einige „Homerouter“ blocken UDP im Gäste-WLAN
- Überwache Bandbreite anhand der UDP-Ports
 - 3478 = primary connection
 - 3479 = Audio
 - 3480 = Video
 - 3481 = desktop sharing

An abstract graphic on the left side of the slide. It features a light blue silhouette of a person standing with arms slightly out. Overlaid on and around the person are several thick, curved lines in various shades of blue, green, and purple. The lines create a sense of movement and connectivity, resembling a network or a stylized path.

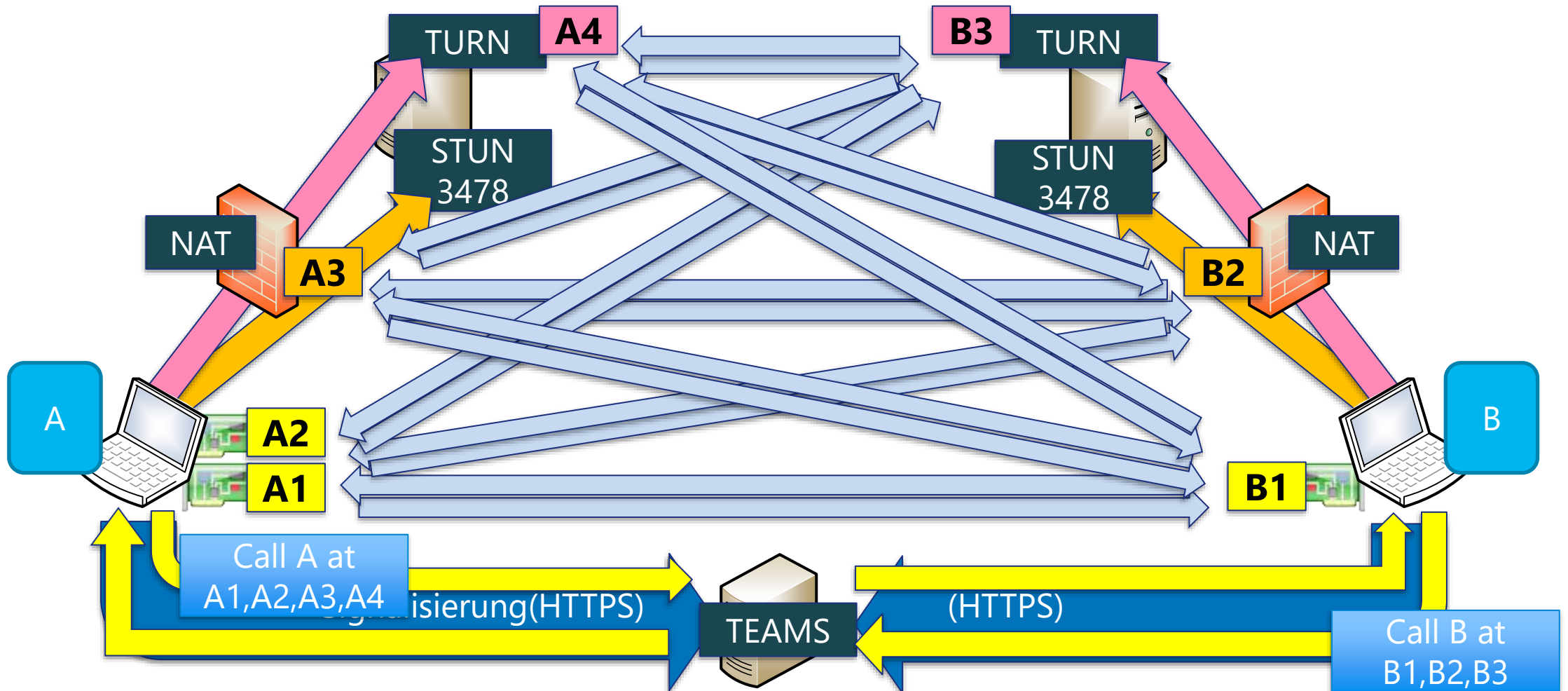
Wie finden die Partner zueinander?

ICE, STUN, TURN – Speeddating für ITler

Direct, STUN, TURN



ICE – Direct/STUN/TURN



Einschränkungen nach Teams Client und Betriebssystem möglich

Checkliste 3



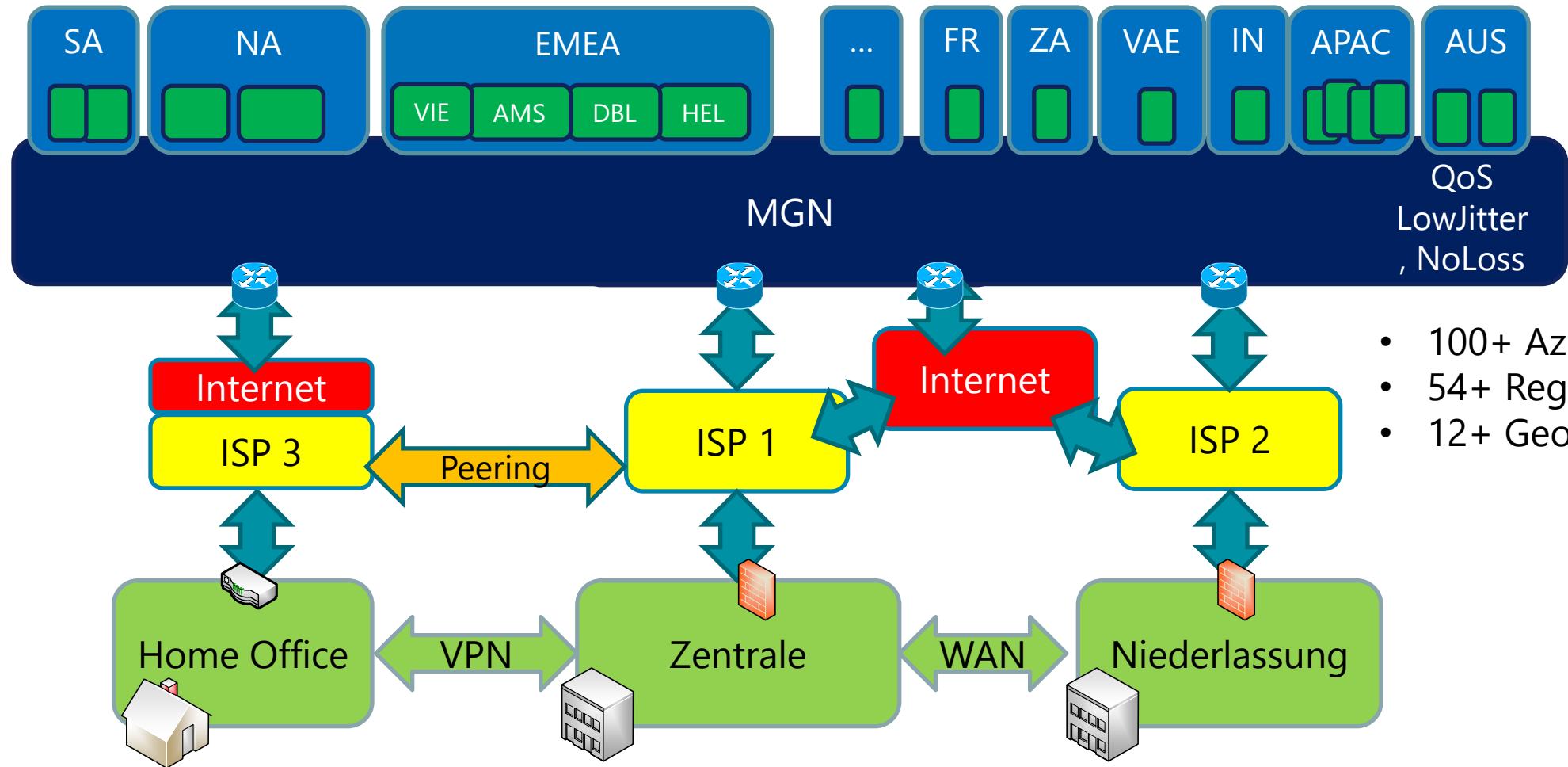
- „ICE“ ist ein RFC-Standard
 - RFC 8445 - Interactive Connectivity Establishment (ICE)
 - Teams, Webex, Google Meet, BBB, NextCloud, etc. nutzen ICE
 - Aber es gibt Dialekte, (Codecs, Ports etc.)
- Kandidaten werden durchprobiert
 - Schnellere Aushandlung -> schnellerer Verbindungsaufbau
- Prüfe die Einstellungen der Firewall
 - Unerwünschte Verbindung bitte „active reject“ statt „silent drop“
 - Z.B: mit „ICMP Not Reachable“ oder TCP-RST
 - Zumindest für „bekannte interne Clients“
- Prüfe/Filtere die Firewall Protokolle
 - Verbindungen zu fremden privaten Adressen sind erwartet

An abstract graphic on the left side of the slide. It features a blue silhouette of a person climbing a rope. The rope is represented by several thick, curved lines in shades of blue and green. The person is positioned on the left, with their arms and legs extended as if climbing. The background is white.

Vom Client zur MCU

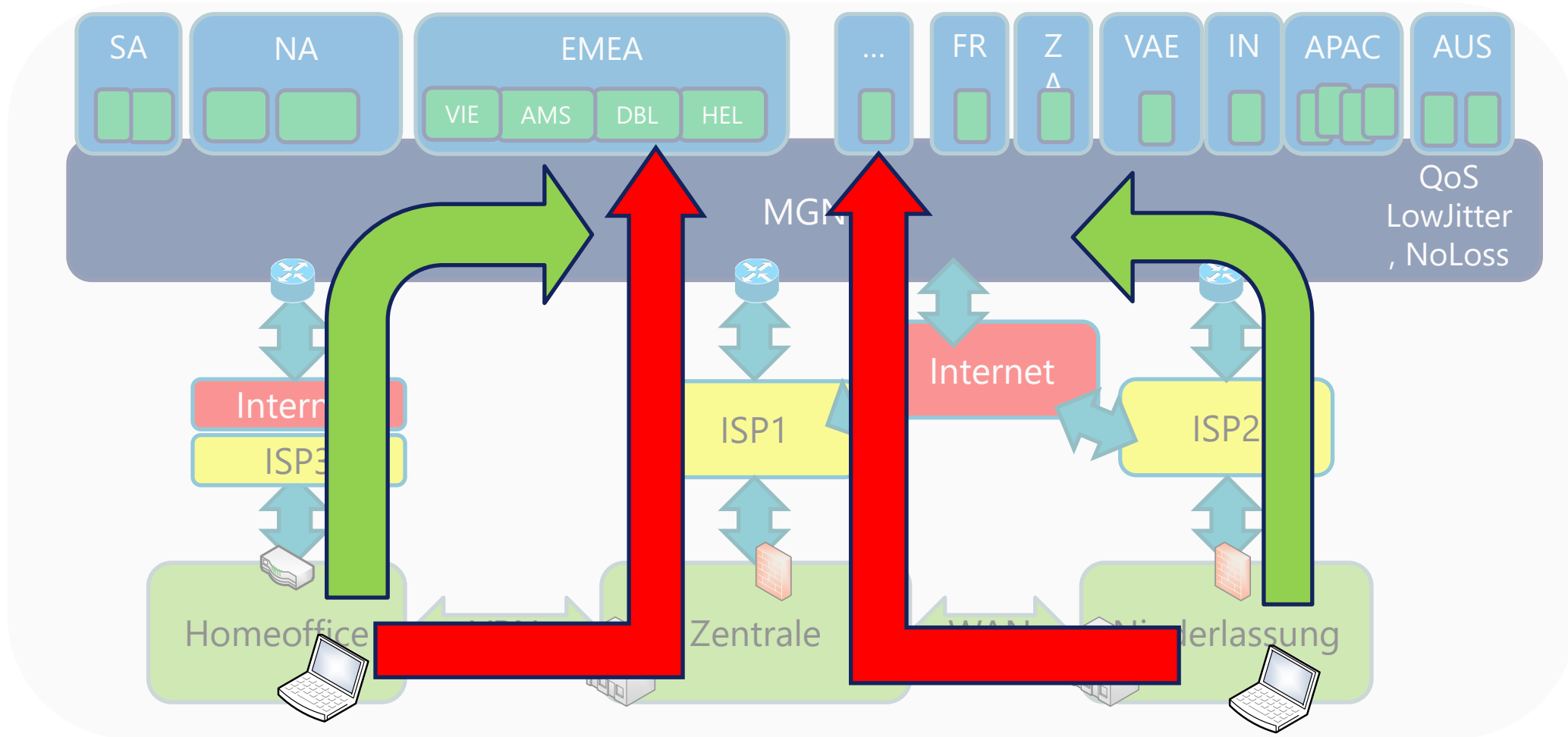
Meeting, Telefonie, Verbindungen

Der Weg vom Client zum Service

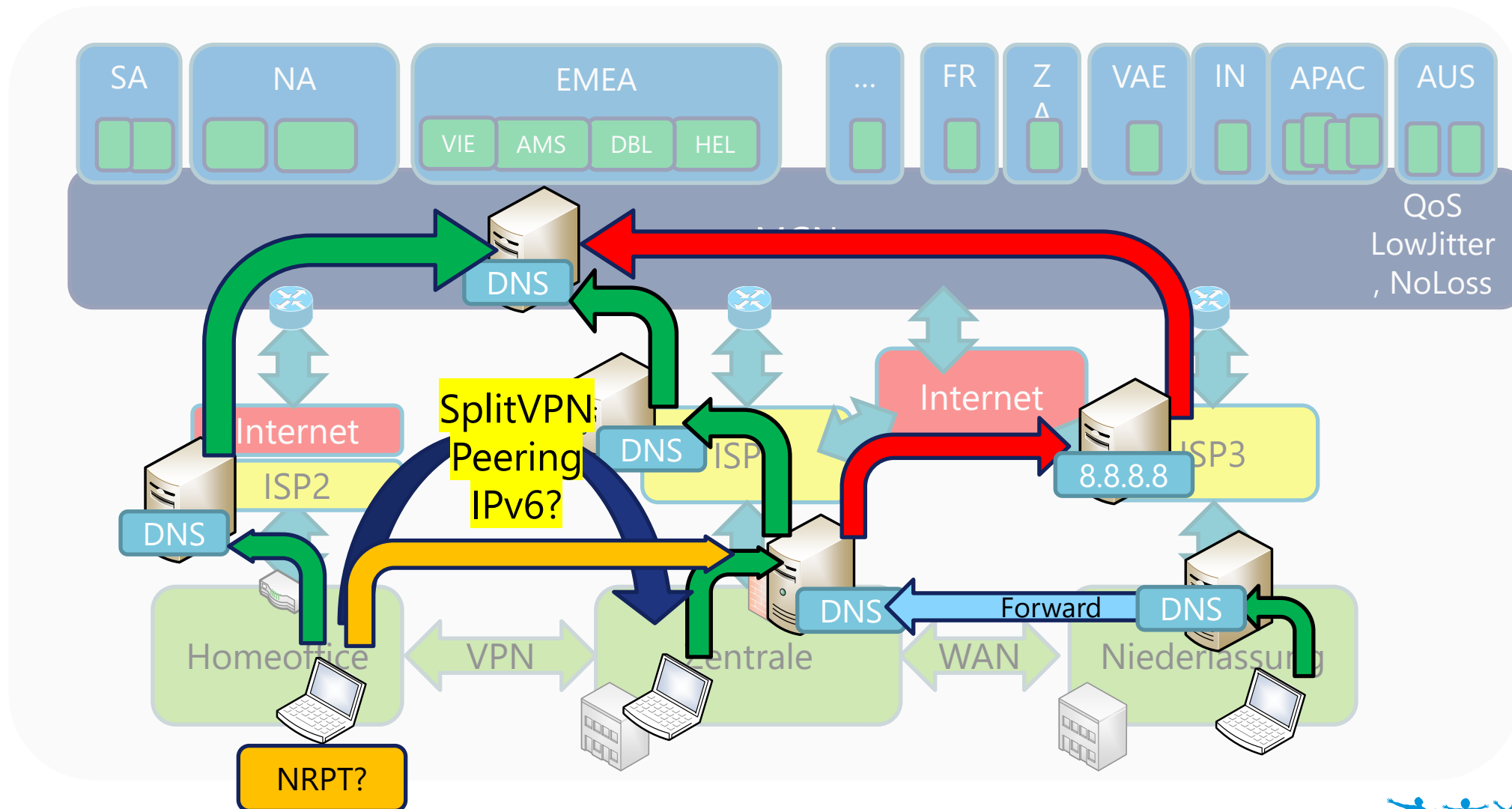


- 100+ Azure Datacenter
- 54+ Regionen
- 12+ Geolokationen

Zentraler vs. Bypass/Lokaler Ausgang



DNS-Auflösung





Übersprungene Themen

- Bandbreite für Teams client deployment, Teams Channels, Apps etc. Usage
- Anycast-DNS, Geo-DNS, IPv6
- Anycast-Routing, Peering, ASN-Routing-Checks
- SSL-Inspektion, Proxy Server, QUIC, HTTP/2+3
- Andere Microsoft 365 Services
- TCP 400: Latenz, RTT, NAT-Limit, MSS, MTU-Size, WLAN....

Checkliste 4



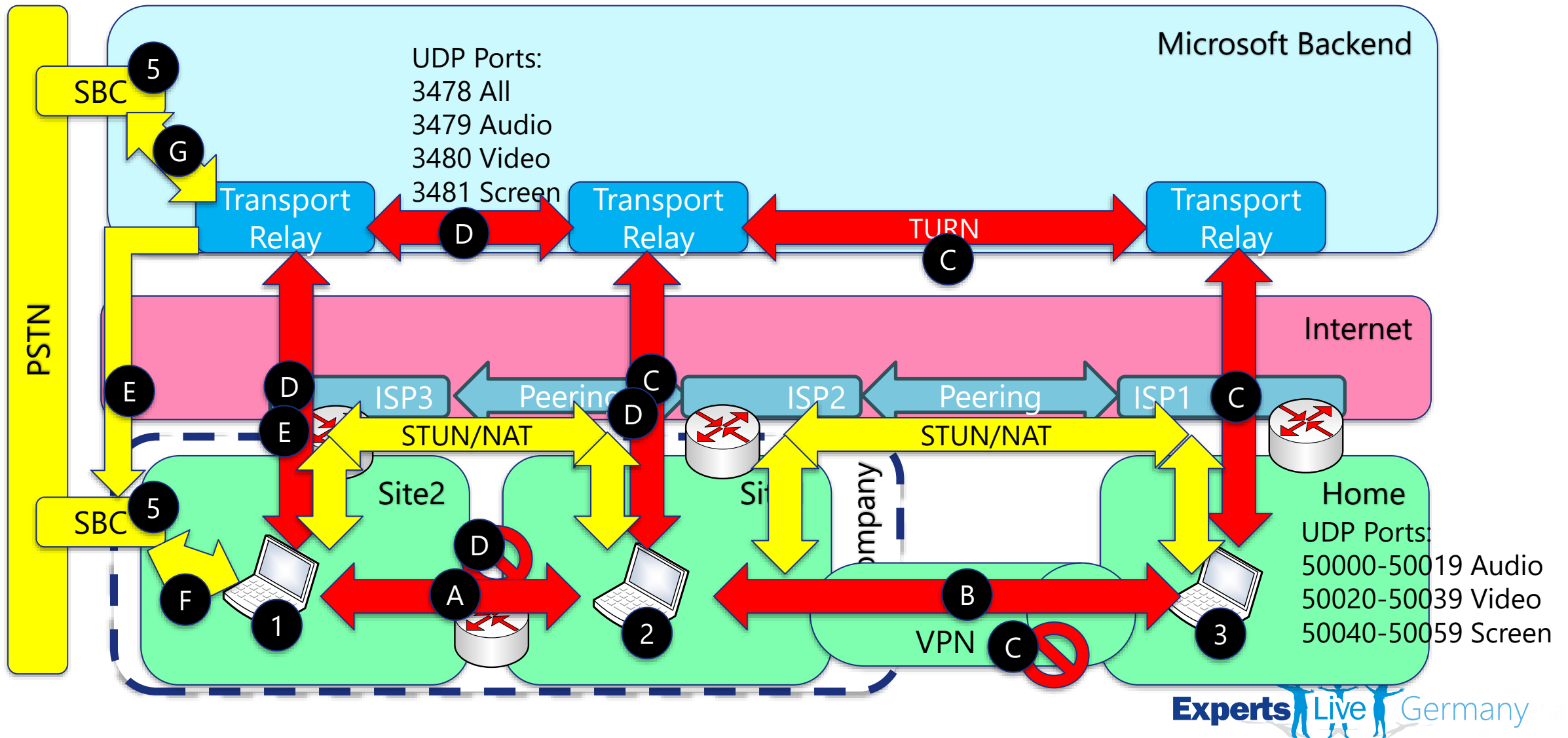
- Microsoft 365 ist nicht "Internet"
 - Wir müssen nicht alles inspizieren.
 - RTP sind keine „Daten“ und ist immer per SRTP verschlüsselt
 - Deep Inspection kostet hier nur Geld, Ressourcen und Latenzzeit
- Prüfe das Routing
 - Traceroute worldaz.tr.teams.microsoft.com
- DNS-Auflösung folgt IP-Routing
 - Bitte keinen "optimierten DNS-Service"
 - Erlaube DNS/TCP wg. großen Antworten
- Überdenke die VPN-Konfiguration, falls notwendig

Ja wo laufen Sie denn... ...die Mediastreams

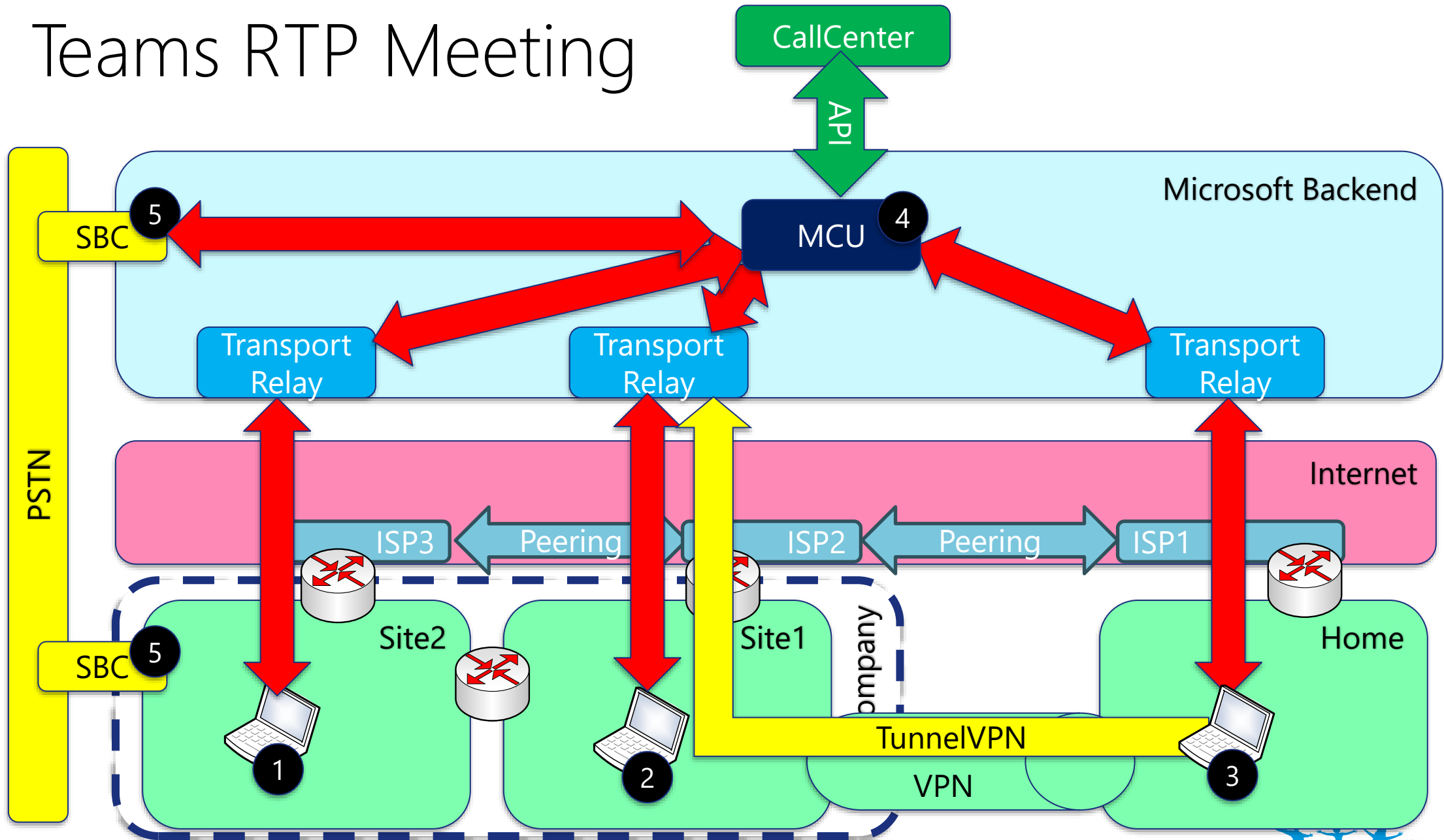
1:1, Konferenz, Telefonie



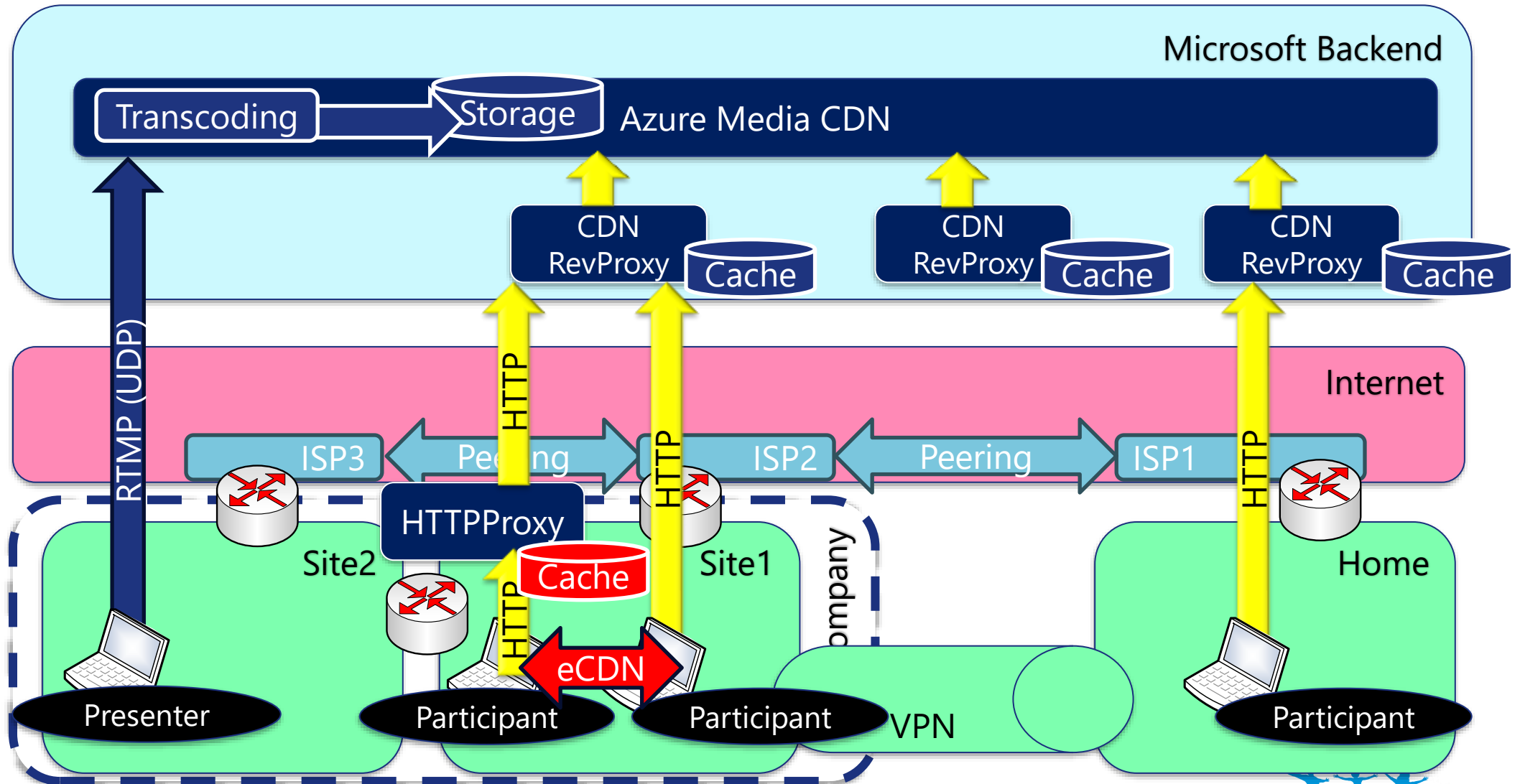
Teams RTP 1:1 Teams Call / PSTN



Teams RTP Meeting



Teams Liveevent/Townhall





Checkliste 5



- Kenne die verschiedenen Verbindungen
- Optimiere die Pfade
- Überwache die Verbindungen

An abstract graphic on the left side of the slide. It features a blue silhouette of a person climbing a rope. The rope is represented by a thick, dark blue line that curves upwards. Several other lines in various shades of blue, green, and purple are also present, some straight and some curved, creating a complex, web-like structure. The background is white.

Wir messen Latenzzeiten statt Bandbreiten

Stellt euch vor...

- LKWs stehen am Werkstor
 - ... Pforte „zählt“ die LKWs
 - ... ermitteln das Gewicht der LKWs
 - Welche Schlüsse ziehen wir daraus?

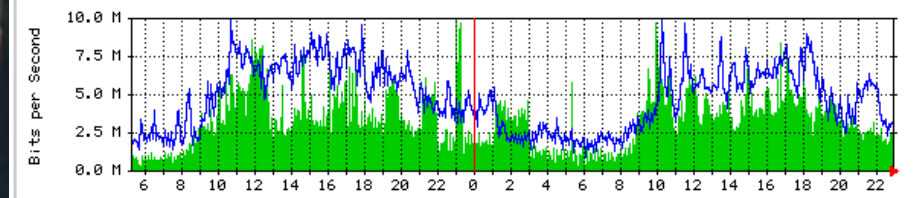
So funktioniert klassisches SNMP-Monitoring

- SNMP ermittelt (meist)...
 - ... die Anzahl der Pakete In/Out
 - ... die Kilobytes In/Out
 - ... Am Messpunkt, nicht auf dem Pfad
- Wäre es nicht klüger...
 - ... Die Laufzeit bis zum Ziel zu ermitteln?
 - ... Die Anzahl der „zu späten“ Pakete zu zählen
 - ... Oder ganz verloren gehen

Aber wie messen wir "Latenz"?

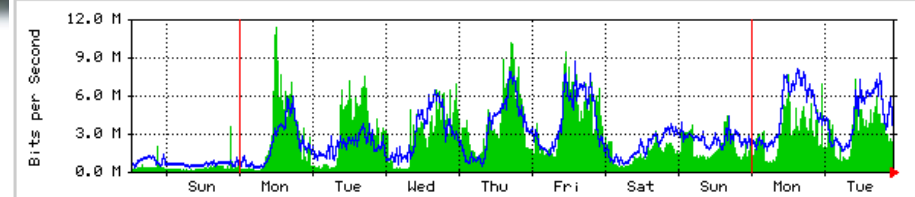


Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In: 9938.0 kb/s (9.9%) Average In: 3403.8 kb/s (3.4%) Current In: 1900.5 kb/s (1.9%)
Max Out: 9946.0 kb/s (9.9%) Average Out: 4820.8 kb/s (4.8%) Current Out: 3306.9 kb/s (3.3%)

Weekly' Graph (30 Minute Average)



Max In: 11.4 Mb/s (11.4%) Average In: 2755.3 kb/s (2.8%) Current In: 2139.7 kb/s (2.1%)
Max Out: 8678.4 kb/s (8.7%) Average Out: 2856.4 kb/s (2.9%) Current Out: 3002.0 kb/s (3.0%)

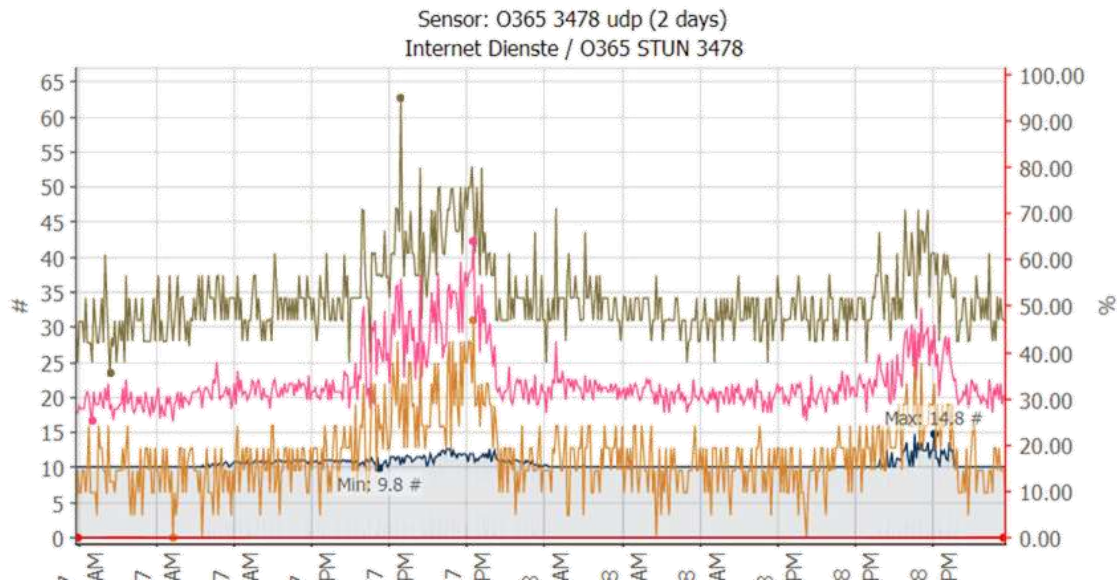


Latenz statt Bandbreite

- Bandbreite
 - An einem Verbindungspunkt. Keine Aussage zur kompletten Verbindung
 - Paketverlust, Jitter, hohe Latenz ist unsichtbar
 - Hohe Auslastung muss nicht schlecht sein (QoS)
 - Niedriger Auslastung kann irreführend sein und ist kein Zeichen für „gut“
 - Messung üblicherweise im Abstand von 1-5 Minuten
 - Wenige Sekunden Überlast stören Teams aber bleiben unerkannt
- Latenzzeitmessung
 - Finde eine geeignete Gegenstelle und Protokoll
 - Messe kontinuierlich und engmaschig (Mehrfach pro Sekunde)
 - Zunehmende Latenz bedeutet Bandbreitenproblem auf Teilstrecken
 - Beispiel: End2End-UDP oder andere Dienste (LDAP, ICMP, HTTP, ...)

End2End-UDP3478

- Ermittle Gegenstelle
- Verbindung zu 3478/UDP
- Messe Latenzzeit und Hops
- Fasse Ergebnisse zusammen



```
Auswählen End2End-UDP3478
PS C:\End2End> .\end2end-udp3478.ps1
End2End-UDP3467:Start
Mode           : END2END. continuous latency check and no distance check
MaxTTL          : 128
MaxRetries      : 0
AvgIntervalSec  : 60
InterpacketsleepMS : 20
Sleeptime       : 0
prtgpushurl     :
TURN-Server     : Use Office 365 Microsoft Teams Server: IP=52.113.193.5
End2End-UDP3478:Start UDP-Client on 50019
End2End-UDP3478:Connect UDPClient to 52.113.193.5:3478
Colorcode:<=100ms<=200ms>200ms
Legend: 100 pakets max: . = max<100ms W= max<200ms E=max>200ms
End2End-UDP3478:Keyboard: use X=End P=Pause
2020-10-14 00:10:16Z:RTT: (Min/Avg/Max):013/016/039 Total/Fail:1218/000
2020-10-14 00:11:16Z:RTT: (Min/Avg/Max):014/016/028 Total/Fail:1215/000
2020-10-14 00:12:16Z:RTT: (Min/Avg/Max):013/016/048 Total/Fail:1169/000
2020-10-14 00:13:16Z:RTT: (Min/Avg/Max):014/016/055 Total/Fail:1183/000
2020-10-14 00:14:16Z:RTT: (Min/Avg/Max):014/016/041 Total/Fail:1184/000
2020-10-14 00:15:16Z:RTT: (Min/Avg/Max):014/016/020 Total/Fail:1203/000
2020-10-14 00:16:16Z:RTT: (Min/Avg/Max):013/016/037 Total/Fail:1186/001
2020-10-14 00:17:16Z:RTT: (Min/Avg/Max):013/016/049 Total/Fail:1182/000
2020-10-14 00:18:16Z:RTT: (Min/Avg/Max):014/016/020 Total/Fail:1211/000
2020-10-14 00:19:16Z:RTT: (Min/Avg/Max):013/016/019 Total/Fail:1188/000
2020-10-14 00:20:17Z:RTT: (Min/Avg/Max):013/016/019 Total/Fail:1205/000
2020-10-14 00:21:17Z:RTT: (Min/Avg/Max):014/016/019 Total/Fail:1202/000
2020-10-14 00:22:17Z:RTT: (Min/Avg/Max):013/016/033 Total/Fail:1196/000
2020-10-14 00:23:17Z:RTT: (Min/Avg/Max):014/016/020 Total/Fail:1192/000
2020-10-14 00:24:17Z:RTT: (Min/Avg/Max):014/016/019 Total/Fail:1189/000
2020-10-14 00:25:17Z:RTT: (Min/Avg/Max):013/016/023 Total/Fail:1179/000
2020-10-14 00:26:17Z:RTT: (Min/Avg/Max):014/016/026 Total/Fail:1169/000
2020-10-14 00:27:17Z:RTT: (Min/Avg/Max):013/016/028 Total/Fail:1206/000
2020-10-14 00:28:17Z:RTT: (Min/Avg/Max):013/017/047 Total/Fail:1179/001
2020-10-14 00:29:17Z:RTT: (Min/Avg/Max):014/017/054 Total/Fail:1162/001
2020-10-14 00:30:17Z:RTT: (Min/Avg/Max):013/017/045 Total/Fail:1179/000
2020-10-14 00:31:17Z:RTT: (Min/Avg/Max):014/017/049 Total/Fail:1181/000
```

Zusammenfassung der Datenpunkte

- Mittelwerte (avg) sind Mittelmaß. Was ist ein „Perzentil“?
- Beispiel Pizza-Delivery Service
 - Fahrer verspricht „Wir liefern durchschnittlich in 10 Minuten aus“
 - 50% nach 5 Minuten „heiß“ beim Kunden
 - 50% nach 15 Minuten „lauwarm“ beim Kunden
- Mittelwerte sind wertlos. Was ist die richtige Frage?
- Wie viel Prozent sind „heiß genug“ beim Kunden?
 - Punk 1: SLA definieren, z.B. 95% in unter 10 Minuten
 - -> max. 5% Unzufriedene Kunden
 - Das ist ein 95% Perzentil
 - Häufig genutzt: 99% oder 90%



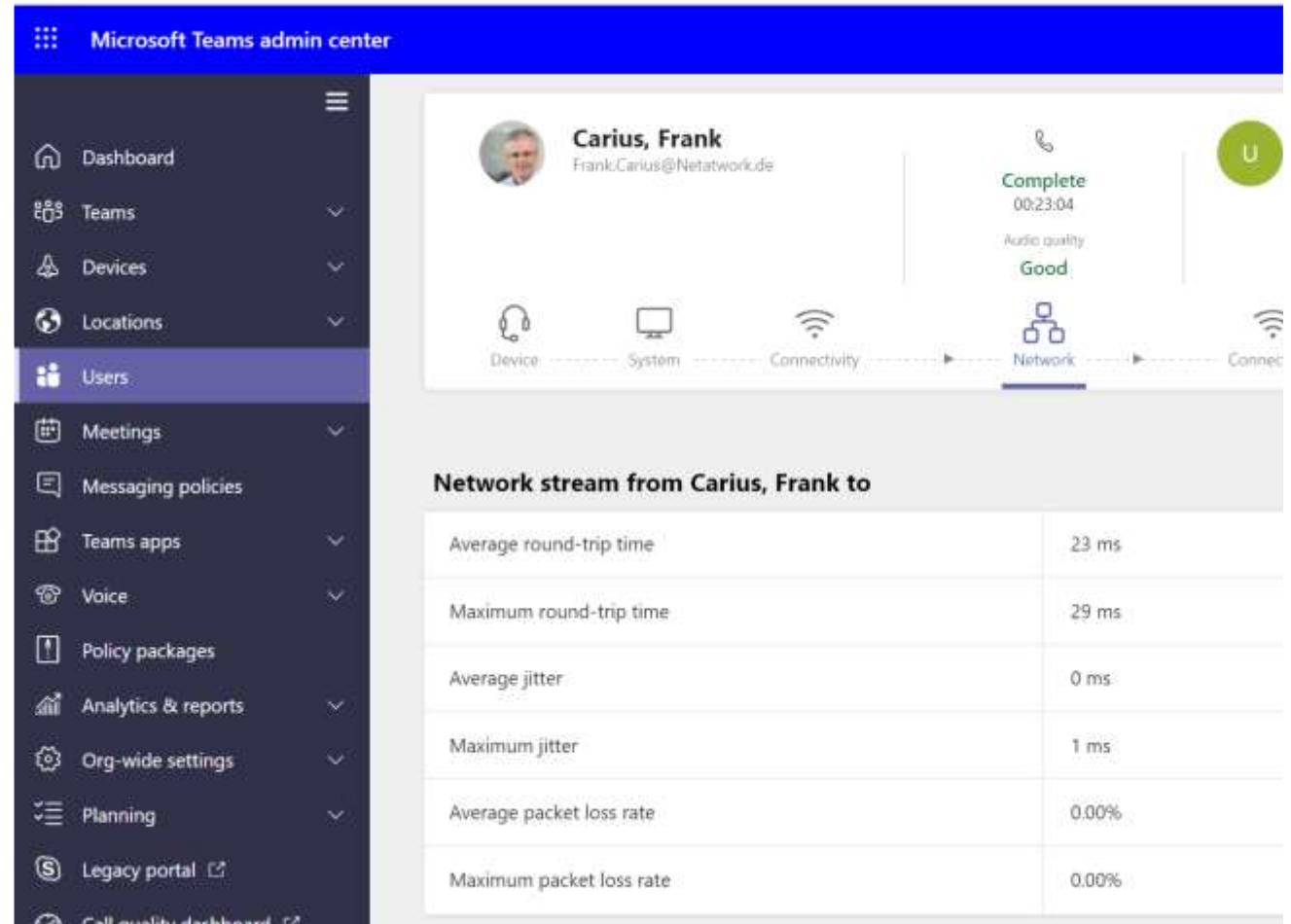
Google: "Make sure your latency is consistent at 100ms or less. Don't average the values because it can hide spikes and intermediate latency problems."

Quelle: <https://support.google.com/a/answer/7582554>

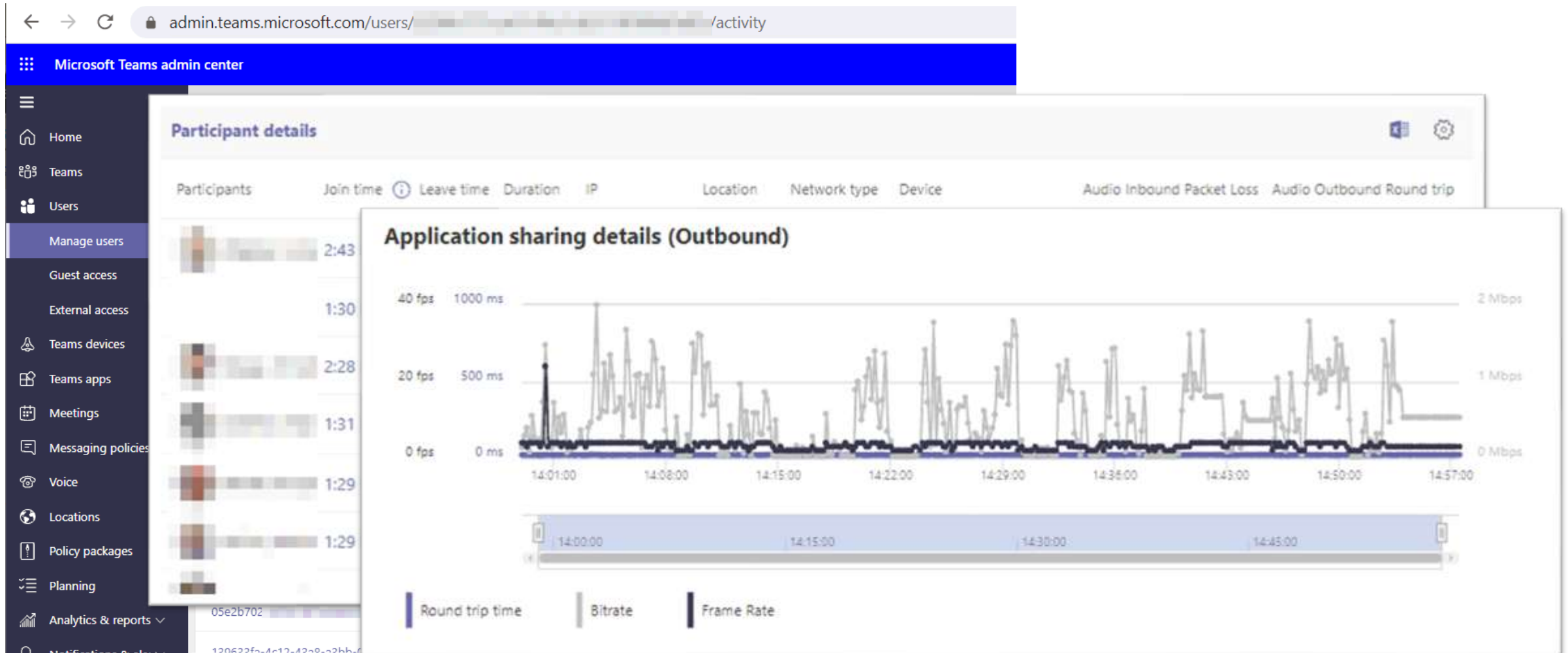


Teams Call Analytics

- Eingebaut im TAC
- Nur für abgeschlossene Anrufe
- Keine kontinuierliche Überwachung
- Unklare Bedeutung von ...
 - Average
 - Maximum

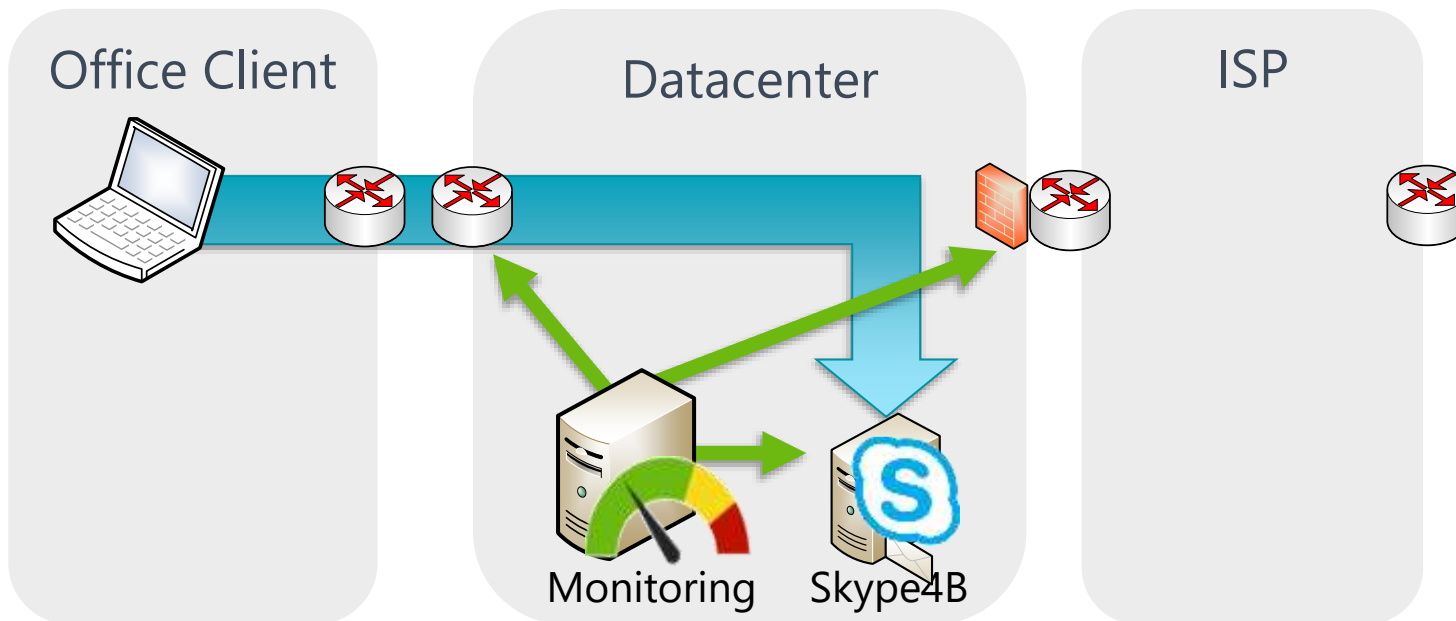


Teams Call Analytics Realtime

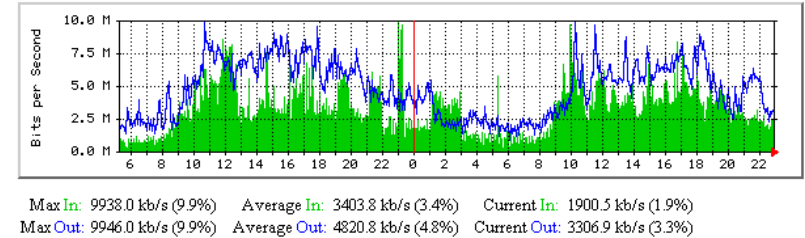


Klassisches Monitoring

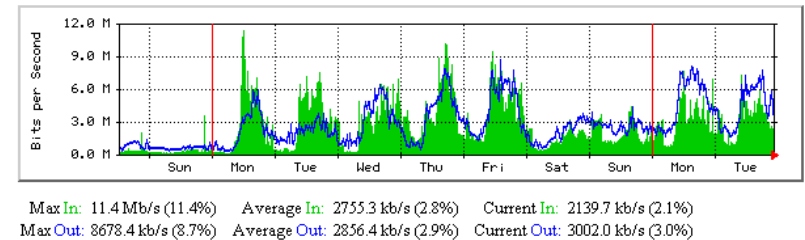
- Server
 - CPU, Disk, Services, Erreichbarkeit
- Netzwerk
 - Router, Firewall mittels SNMP
 - Bandbreite aber keine Latenz
 - 1-5 Minutenabstand



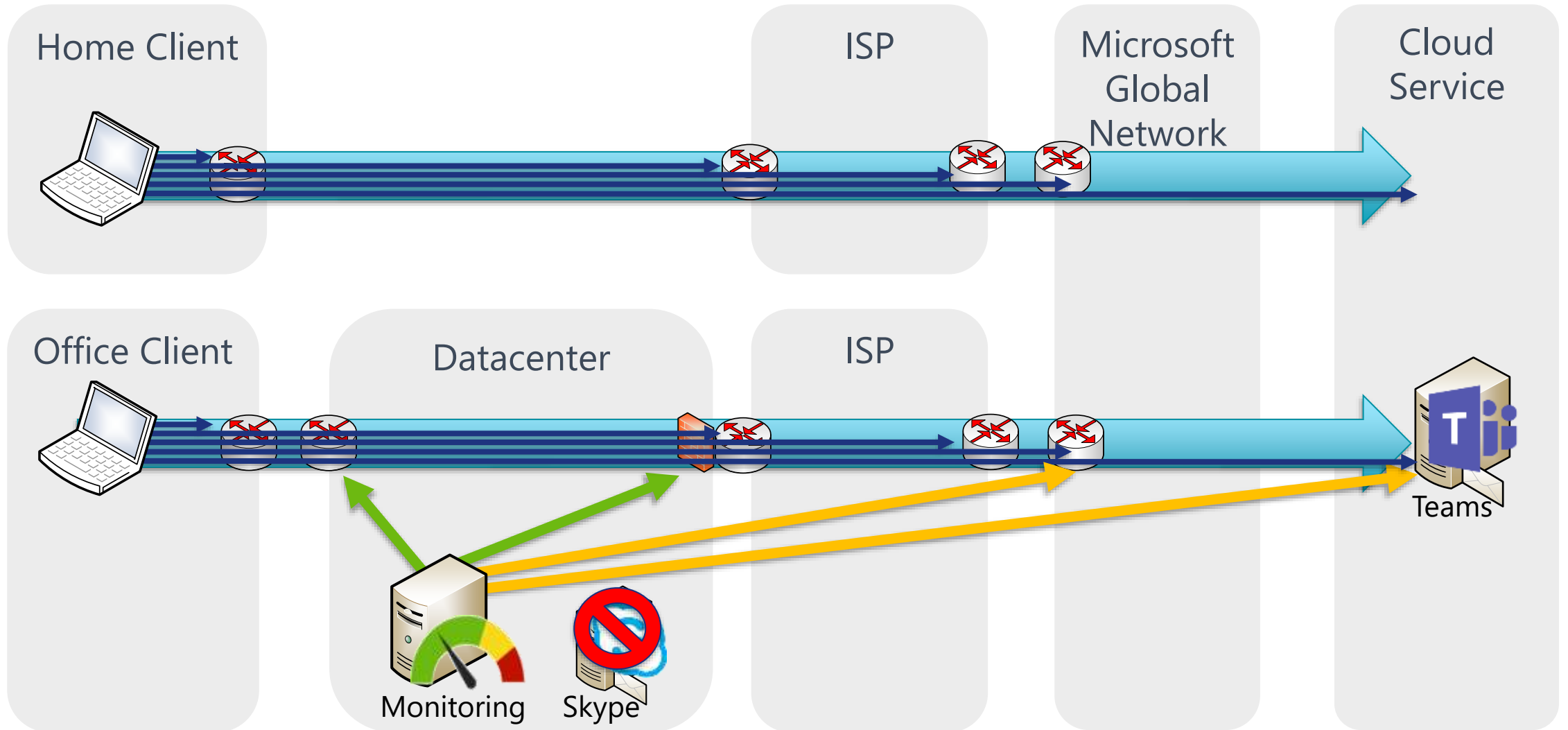
'Daily' Graph (5 Minute Average)



'Weekly' Graph (30 Minute Average)

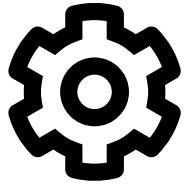


Monitoring von Clouddiensten



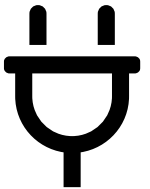


Aufgaben einer Überwachungslösung



Konfiguration

- LAN/WLAN, Netzwerkschnittstellen, Router, Routing
- DNS-Server, Proxy-Server
- Betriebssystem, Patchlevel, „Teams-Version“, ...



Verbindung

- Erreichbarkeit wichtiger Dienste (ICMP, DNS, UDP, TCP, HTTP)
- Nicht nur Microsoft 365 Dienste (Exchange, SharePoint, Teams, ...)
- Andere Clouddienste (AWS, SAP, Salesforce, ...)
- Eigene extern erreichbare Dienste: VPN, Web, RDP, ICA Zugänge



Stabilität

- Paketverluste, Jitter, Durchsatz, Latenzzeiten
- Welche Leistung kommen beim Anwender an
- Wie verfügbar und zuverlässig ist die Verbindung

Checkliste 6



- Klassische Monitoring ist wenig geeignet für Cloud
- Clients sind legitime und wichtige Sammelpunkte
- Latenzzeitmessung schlägt Bandbreitenmessung
- Percentile schlagen Durchschnittswerte
- Messintervalle in Minuten sind ungeeignet für RTP

Vielen Dank an unsere Sponsoren!

Diamond



Platinum



Gold



Silber





Bitte gebt uns euer Feedback in der App!



Vielen Dank!