

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Open-Minded

Wie Videostreaming im Internet funktioniert

Grundlagen, Technik und Messungen

Florian Metzger

Chair of Modeling of
Adaptive Systems (MAS)
Institute for Computer
Science and Business
Information Systems (ICB)
University of Duisburg-Essen

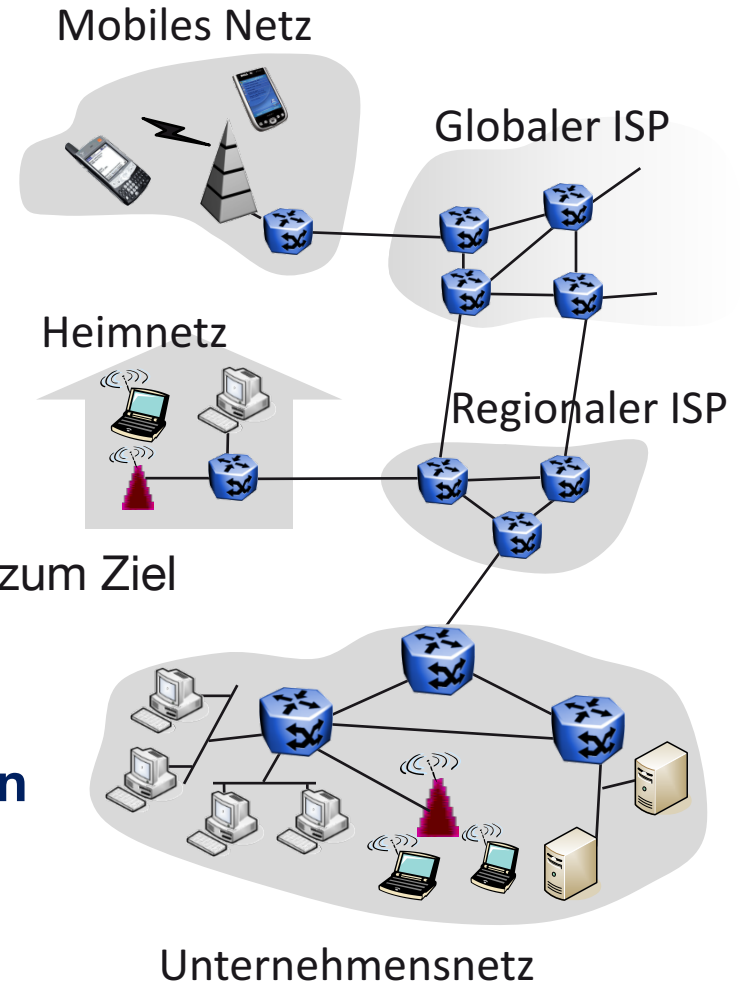
www.mas.wiwi.uni-due.de

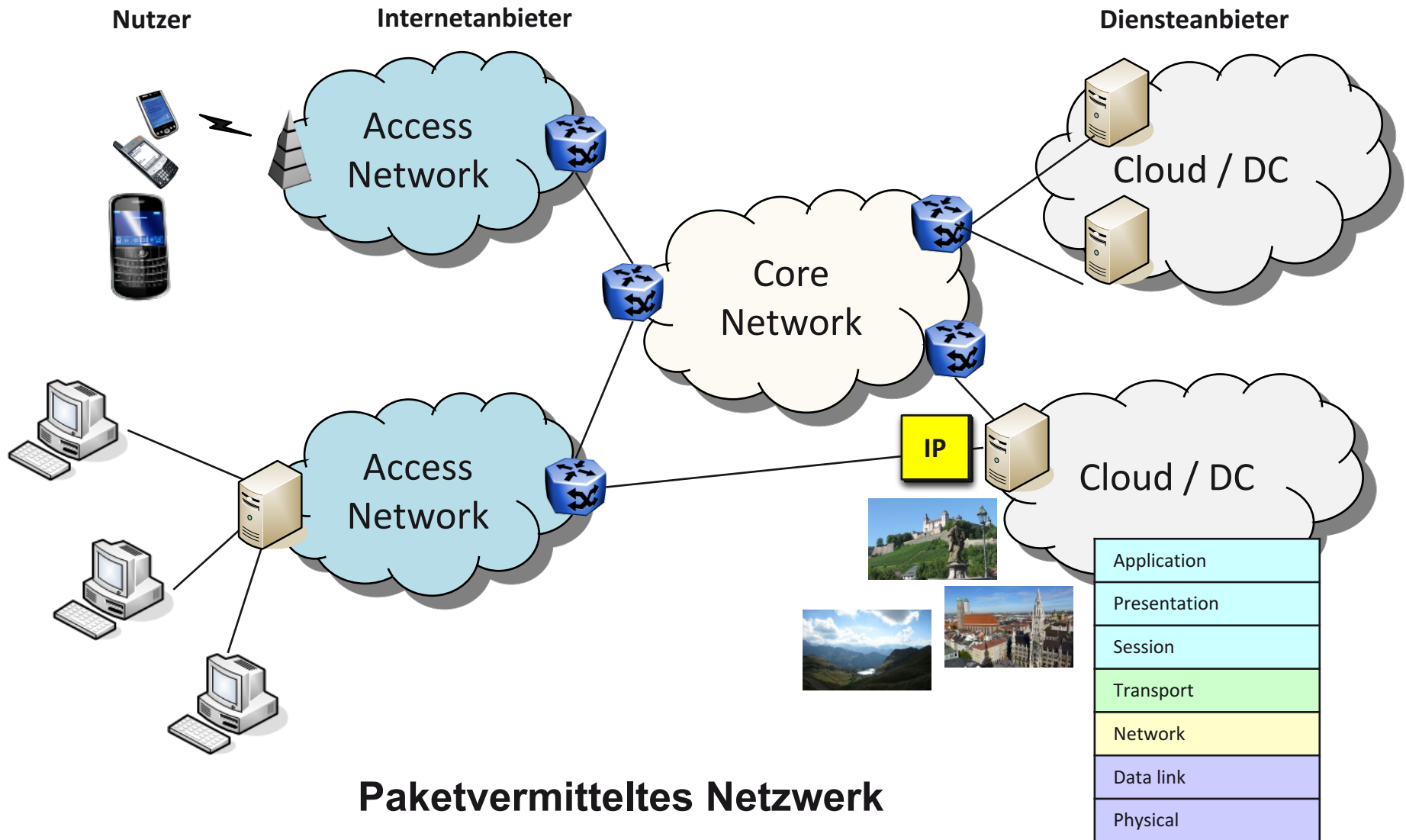


- Das Internet
 - Struktur
 - Protokolle
 - DNS und CDN
- Videostreaming
 - Entwicklung
 - Ansätze
 - HAS
- QoE
 - Bedeutung
 - QoE von Streaming
 - Management
- Forschung

DAS INTERNET UND CDN

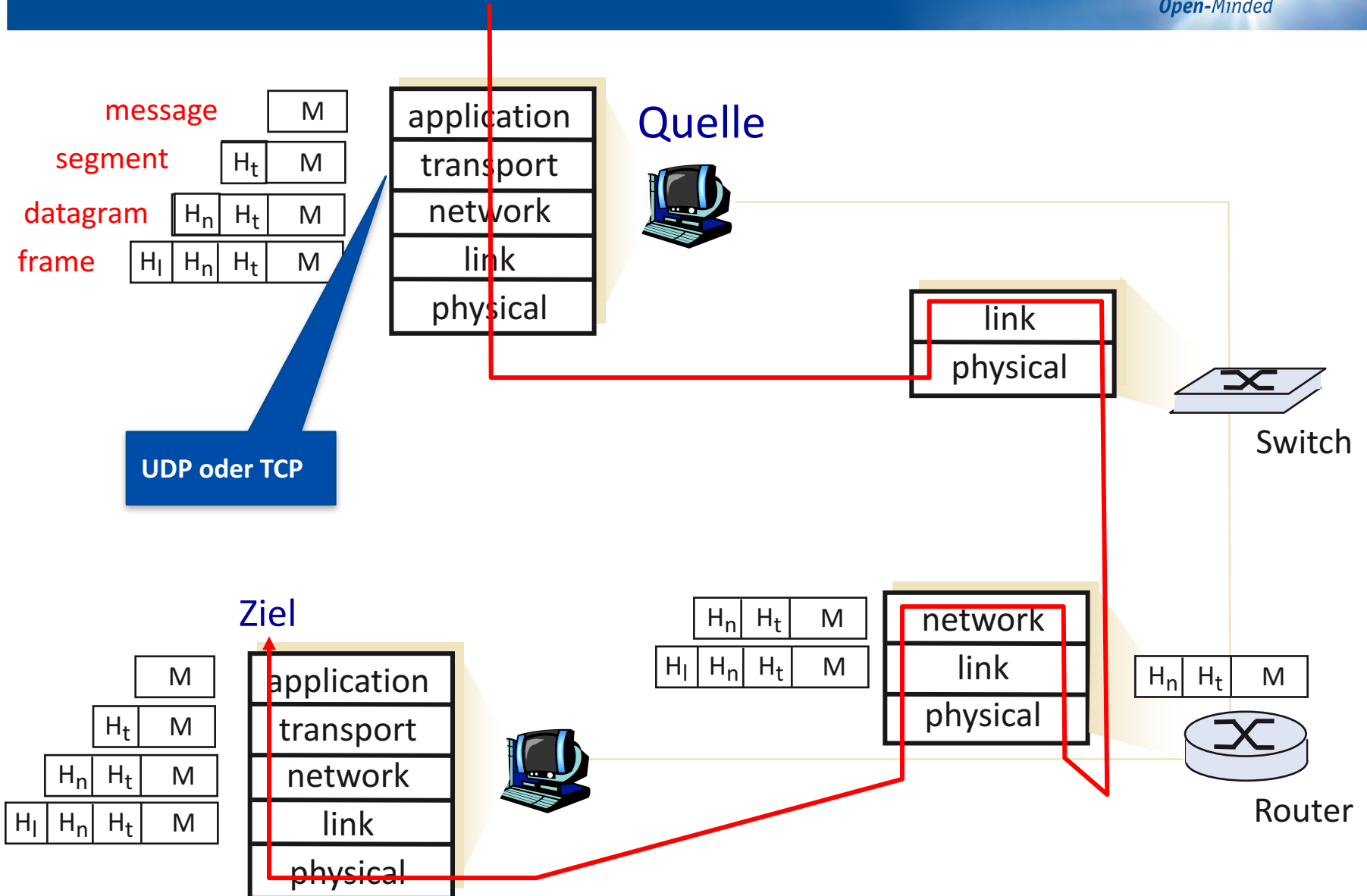
- **Kommunikationsinfrastruktur**
- Ermöglicht verteilte Anwendungen
 - Web, VoIP, Email, Spiele, File Sharing, Videostreaming
- **Kommunikationsdienste** stehen allen Anwendungen zur Verfügung
 - Zuverlässige Datenübertragung von Quelle zum Ziel
 - “Best Effort” Übertragung
- Internet als ein **Netzwerk aus Netzwerken**
 - Loser hierarchisches Aufbau
 - Internet Service Provider (ISP)



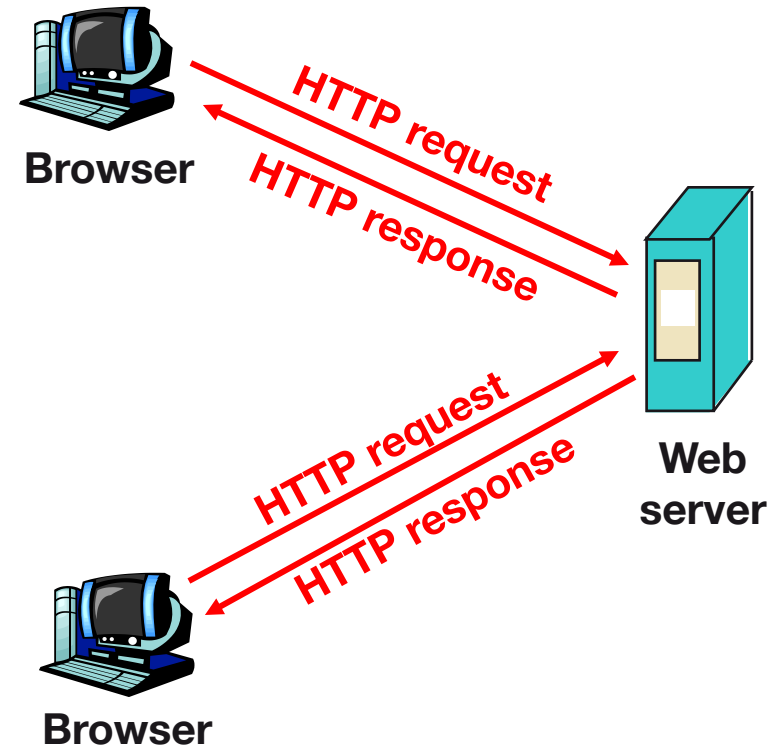


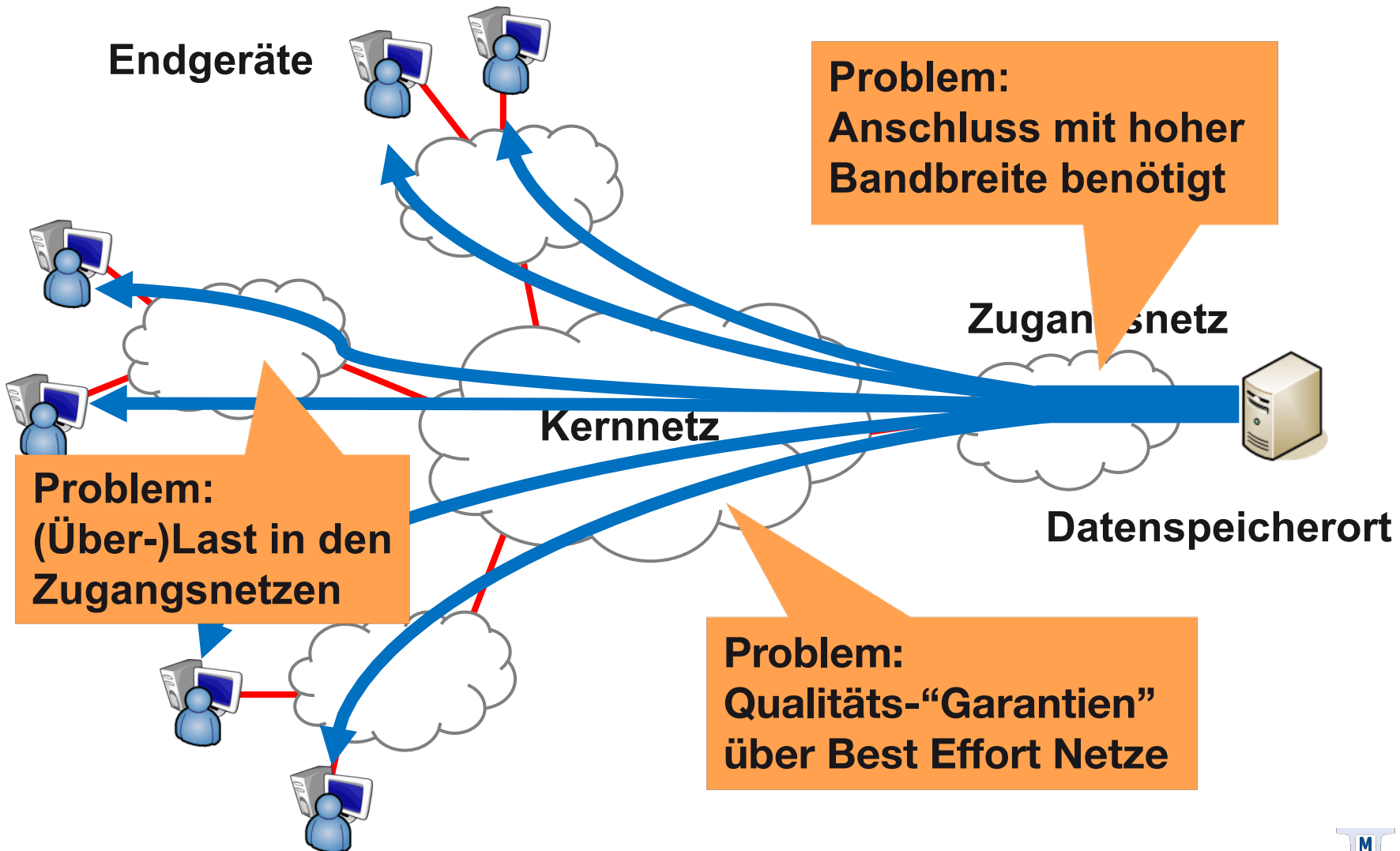
Paketvermitteltes Netzwerk

Anatomie einer Datenübertragung

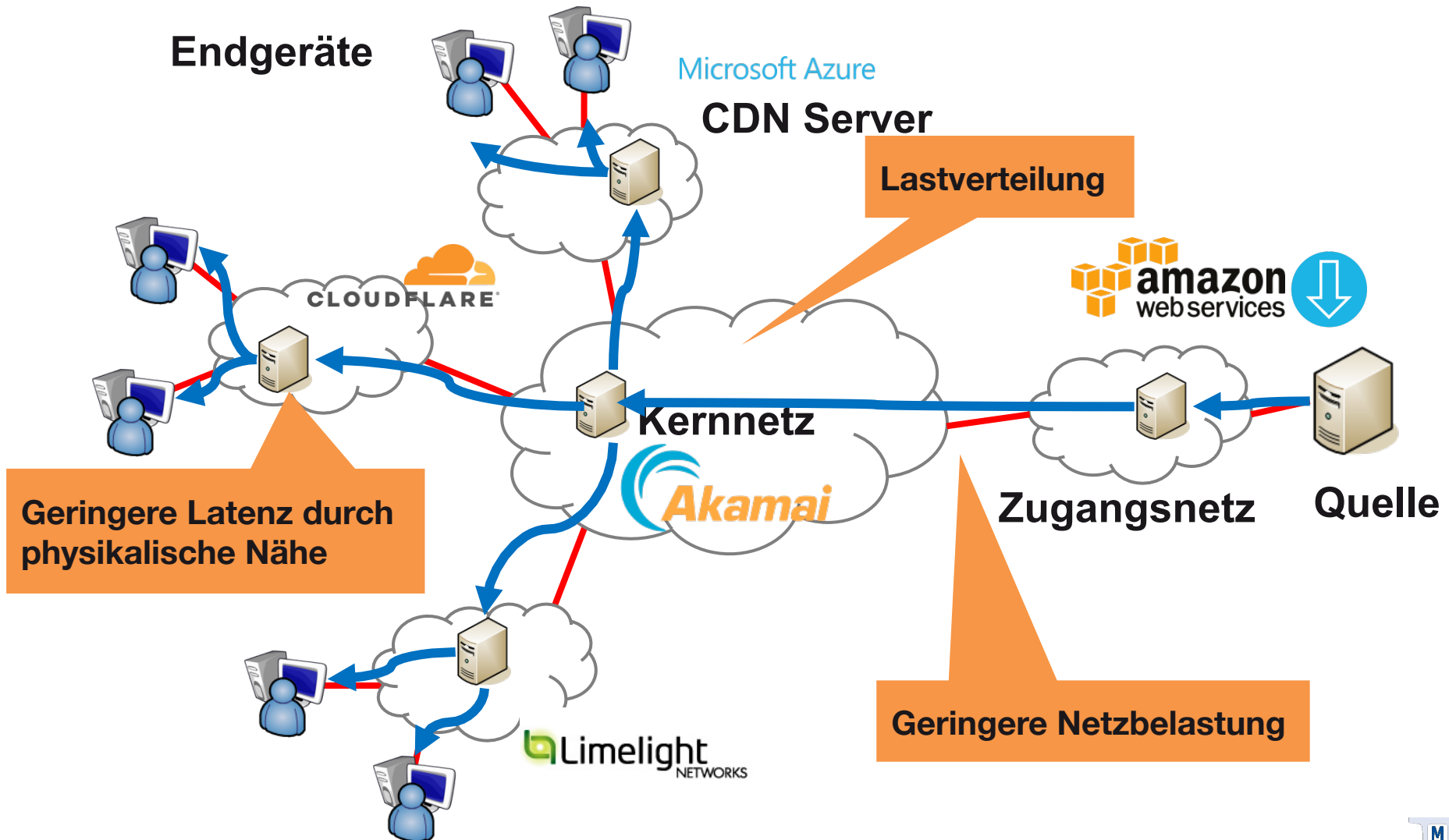


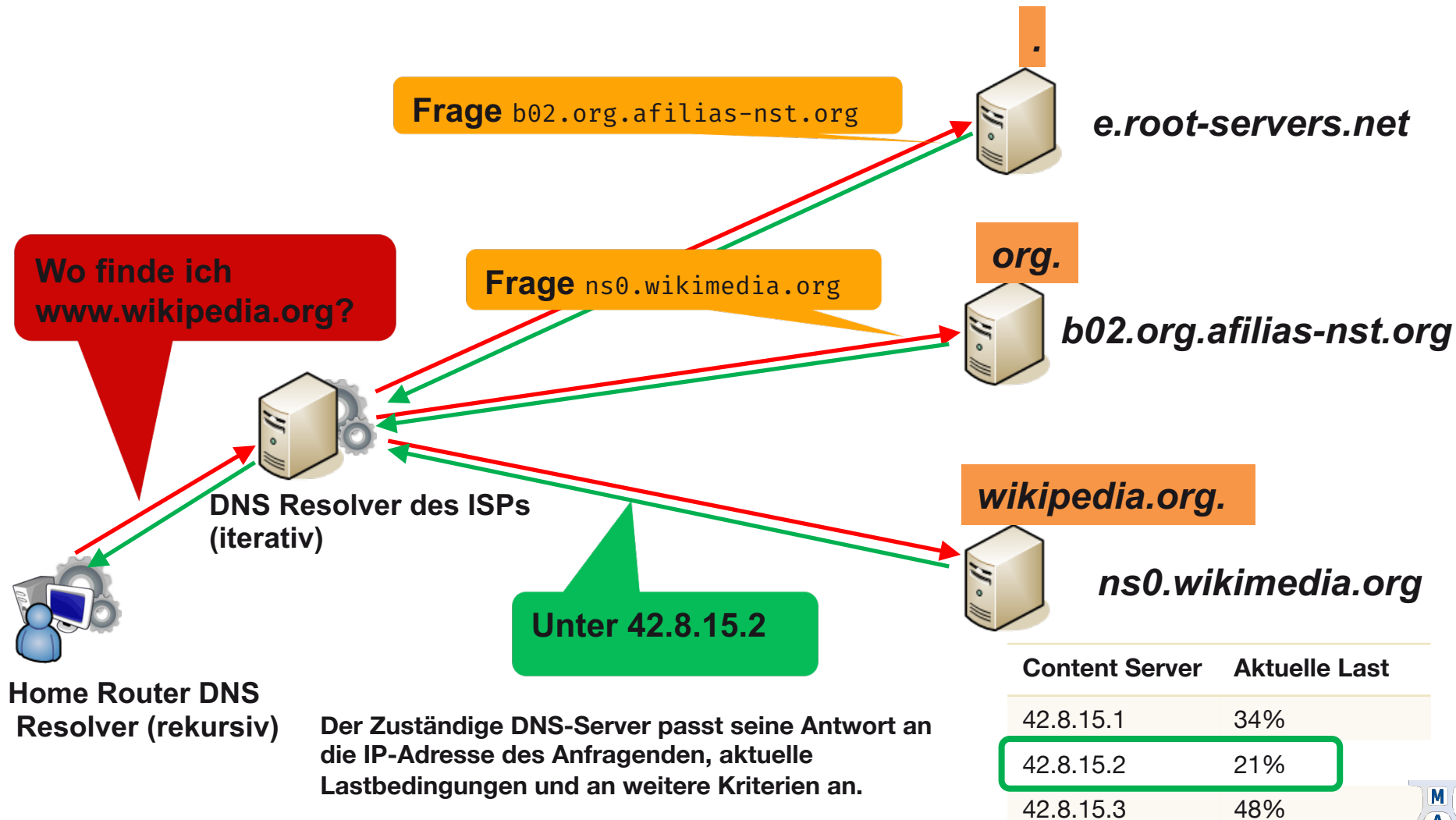
- HTTP: Hypertext Transfer Protocol
- Anwendungsprotokoll des Webs
- Webseiten bestehen aus vielen, hierarchischen Einzeldateien (HTML, JS, CSS, Medien, ...)
- Client/Server Request-Response Modell
 - Client: Browser stellt Anfragen, empfängt und zeigt Objekte an
 - Server: Web Server schickt als Antwort Objekte
 - HTTP ist zustandslos
- Aktuelle Version: HTTP/2



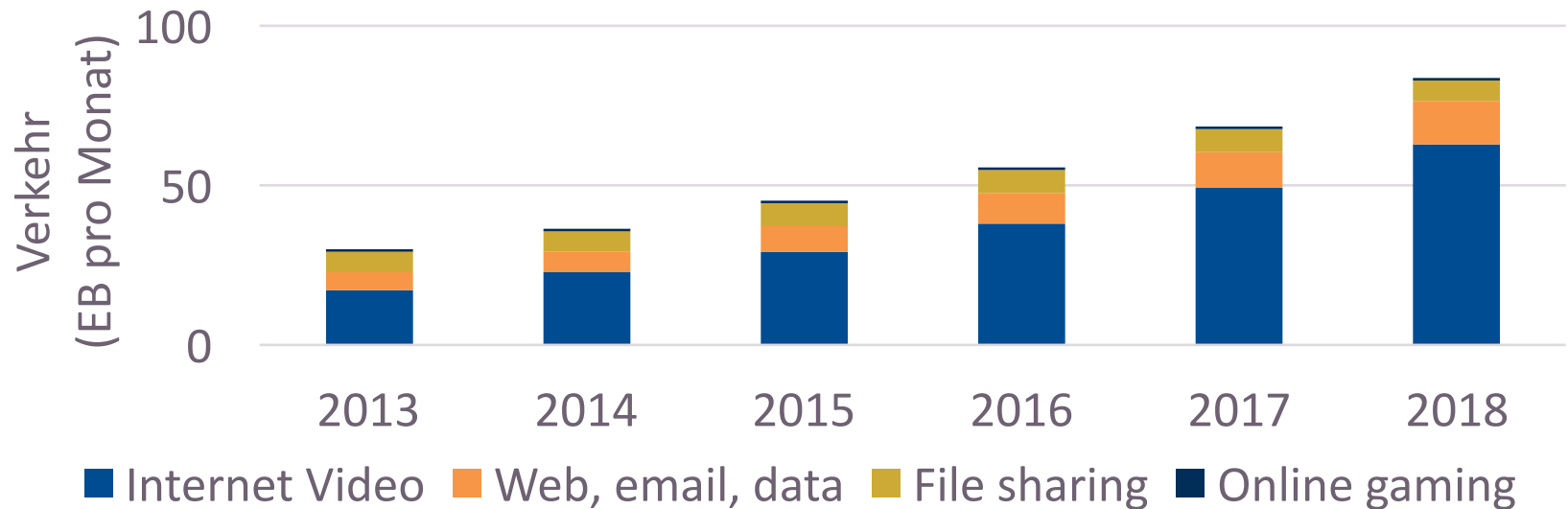


Verteilung mit Content Delivery Networks (CDN)





VIDEOSTREAMING



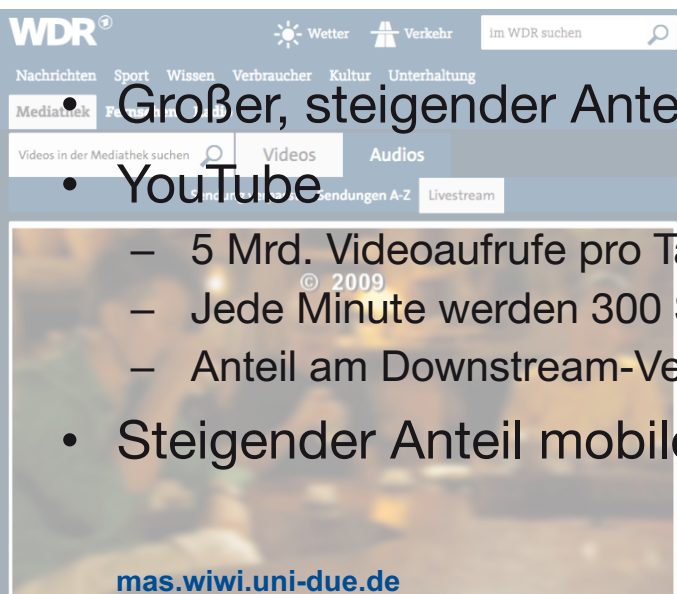
Quelle: Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2010-2015

• Großer, steigender Anteil am Internetverkehr

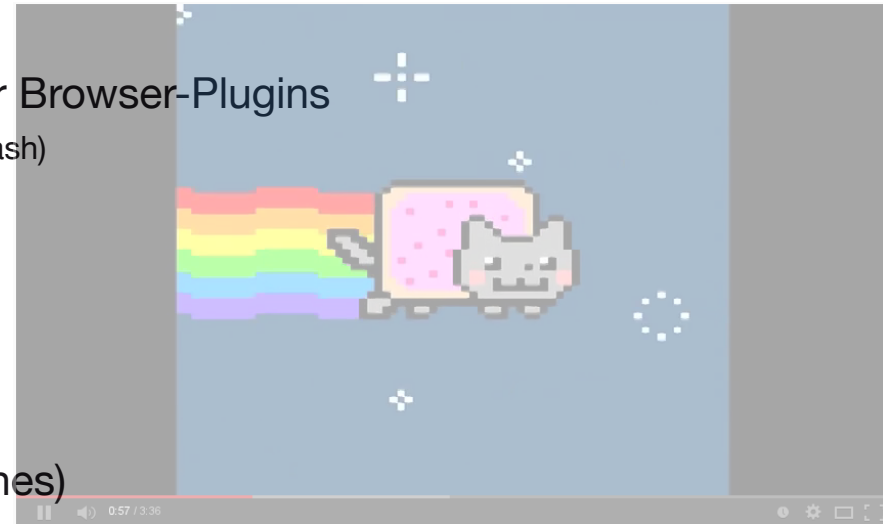
• YouTube

- 5 Mrd. Videoaufrufe pro Tag
- Jede Minute werden 300 Stunden hochgeladen
- Anteil am Downstream-Verkehr: Nordamerika 16,4%, Europa: 29,4%

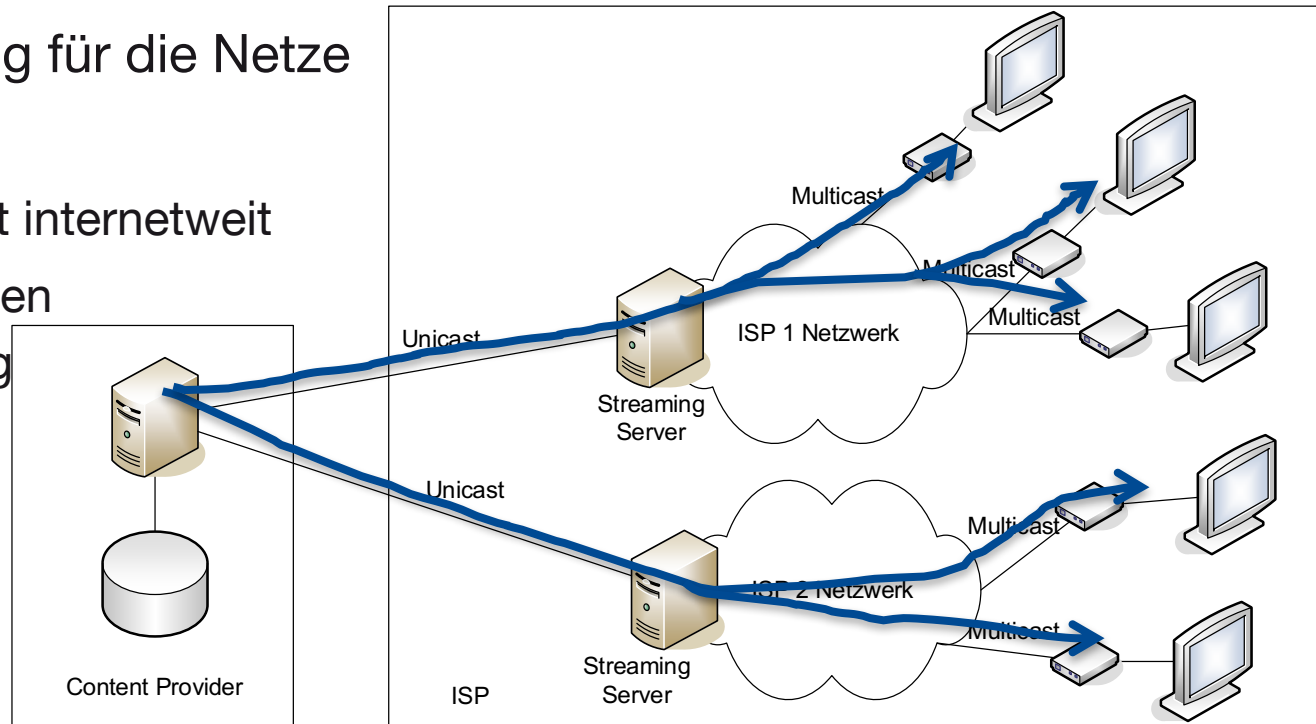
• Steigender Anteil mobiler Geräte



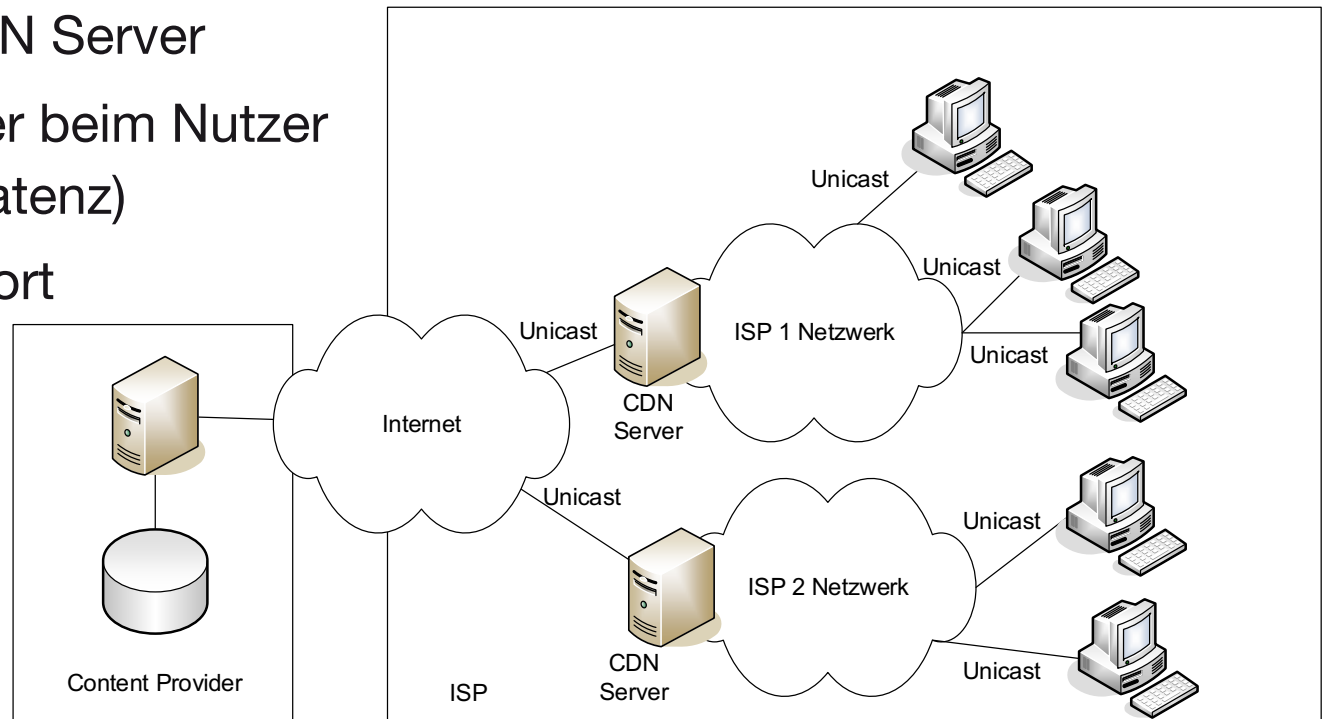
- Ab 1990: Erste Generation digitaler Videoübertragung
 - IPTV
 - Entwicklung von RTP/RTSP/RTCP (seit 1996)
 - Setzt i.d.R. auf im Netz vorhandenen QoS-Mechanismen (z.B. Diffserv) und IP Multicast
- Ab 2000: Peer-to-Peer (Filesharing (z.B. BitTorrent) und P2PTV (z.B. PPLive))
- Ab 2000: Verbreitung von Internet-Video
 - Steigende Kodiereffizienz (MPEG4, DivX, später h.264)
 - Erst Herunterladen, dann anschauen
 - Anschauen durch externe Programme oder Browser-Plugins (z.B. QuickTime, RealPlayer, Windows Media Player, Flash)
 - Spezialisierte und proprietäre Protokolle
- Ab 2005: YouTube
- Beeinflusst durch Fortschritte in u.a.
 - Verfügbarkeit digitaler Videos (DVD, ...)
 - Digitale Aufnahmegeräte (bis zu Smartphones)
 - Schnell steigende Geschwindigkeit des Internetzugangs



- Daten werden nur an angemeldete Teilnehmer gesendet
- Benötigte Quell-Bandbreite ist nur noch abhängig von Anzahl der Streaming-Server
- Geringere Belastung für die Netze
- Aber:
 - Funktioniert nicht internetweit
 - Alle Nutzer müssen Video gleichzeitig sehen



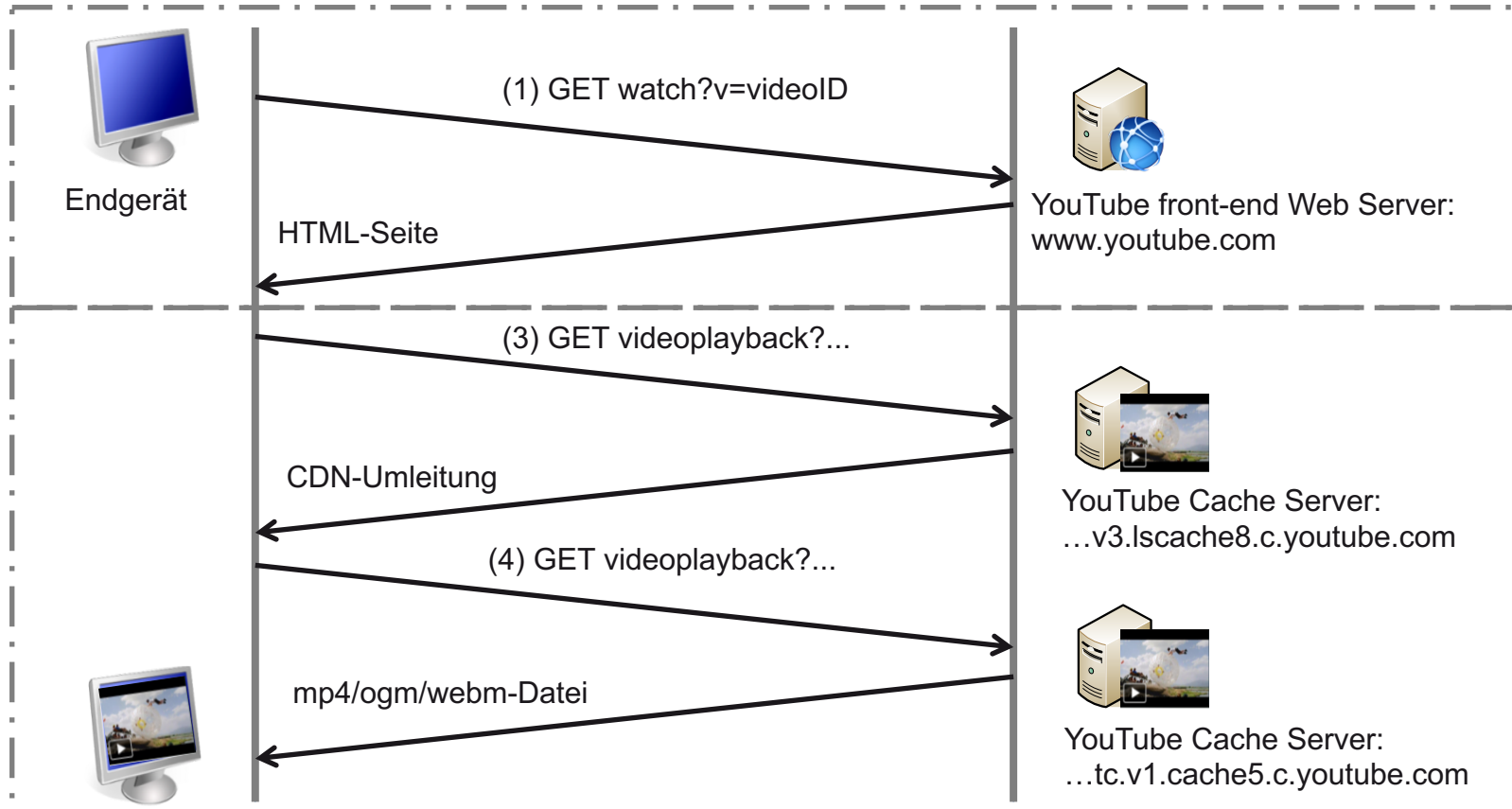
- „Multicast-Ersatz“ im Internet für VoD
- Videodatei wird vom nächsten CDN Cache ausgeliefert
- Reduziert Datenverkehr in beteiligten Netzen
- Benötigte Serverbandbreite ist nur noch abhängig von Zahl der bedienten CDN Server
- Video ist näher beim Nutzer (Durchsatz, Latenz)
- HTTP-Transport

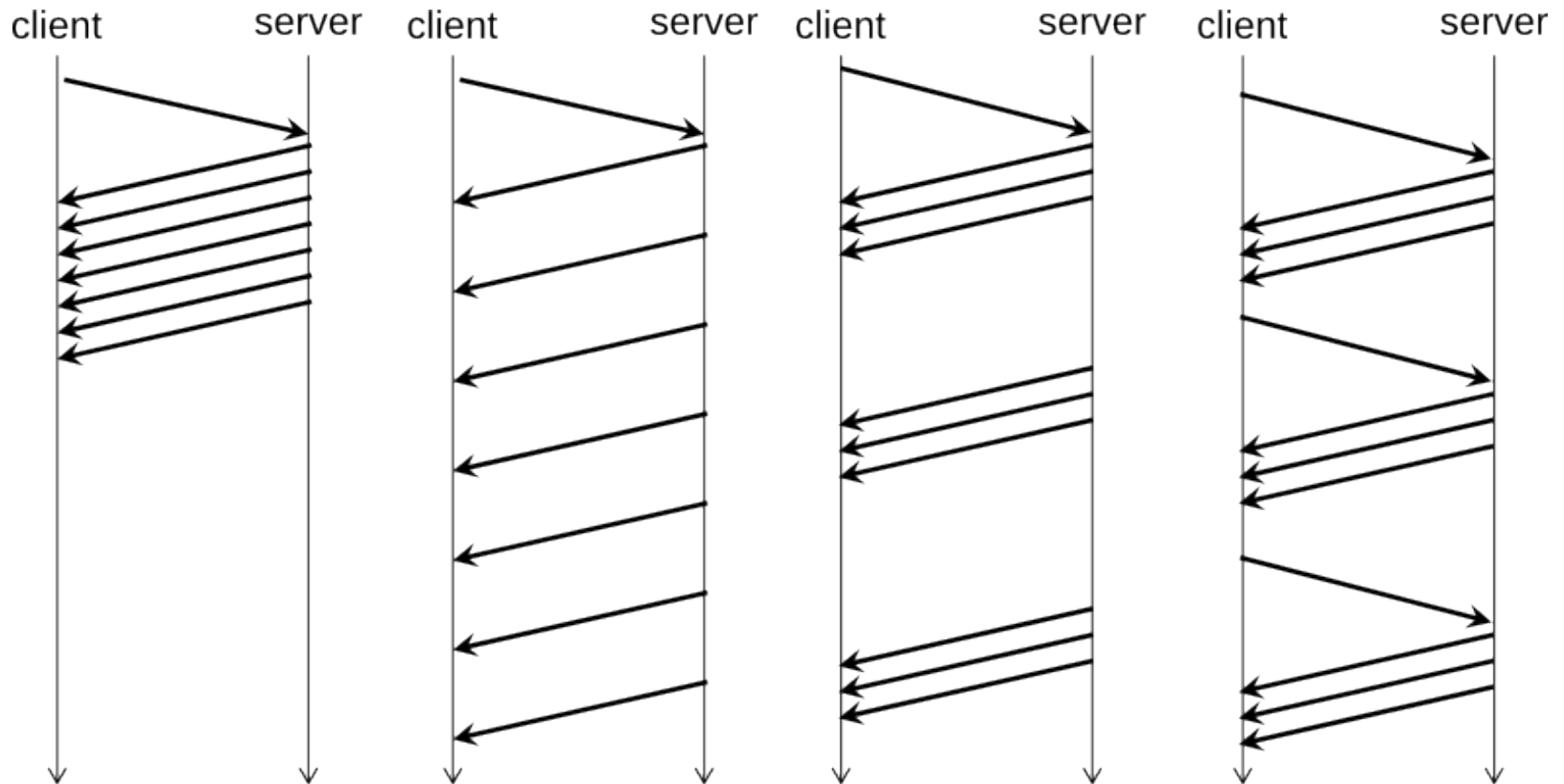


Streaming mit CDN/YouTube (HTML5)

Video nachschlagen

Download und abspielen



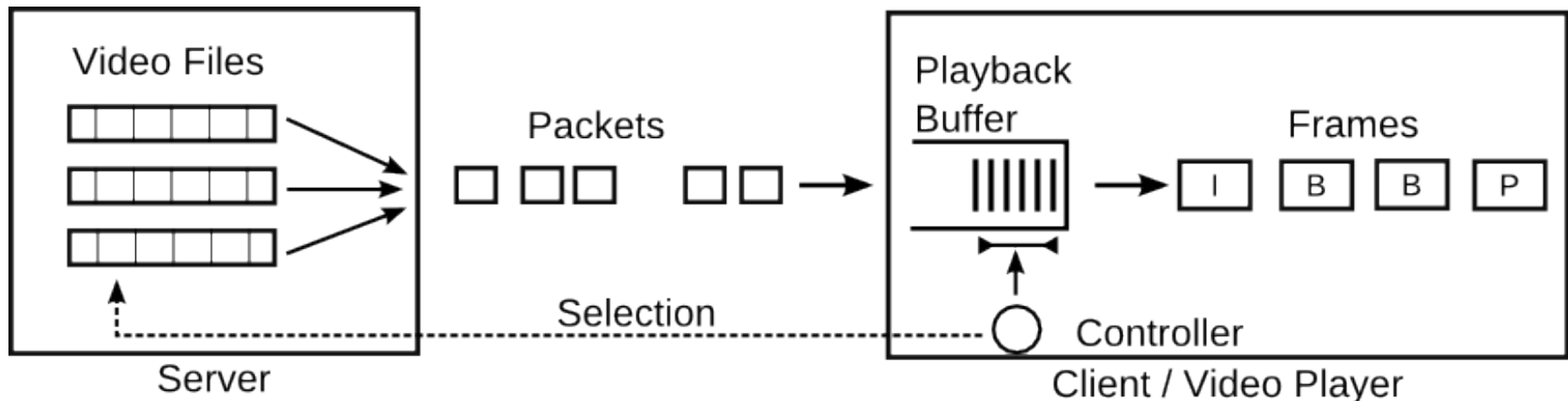


**Ungedrosselt,
im Block übertragen**

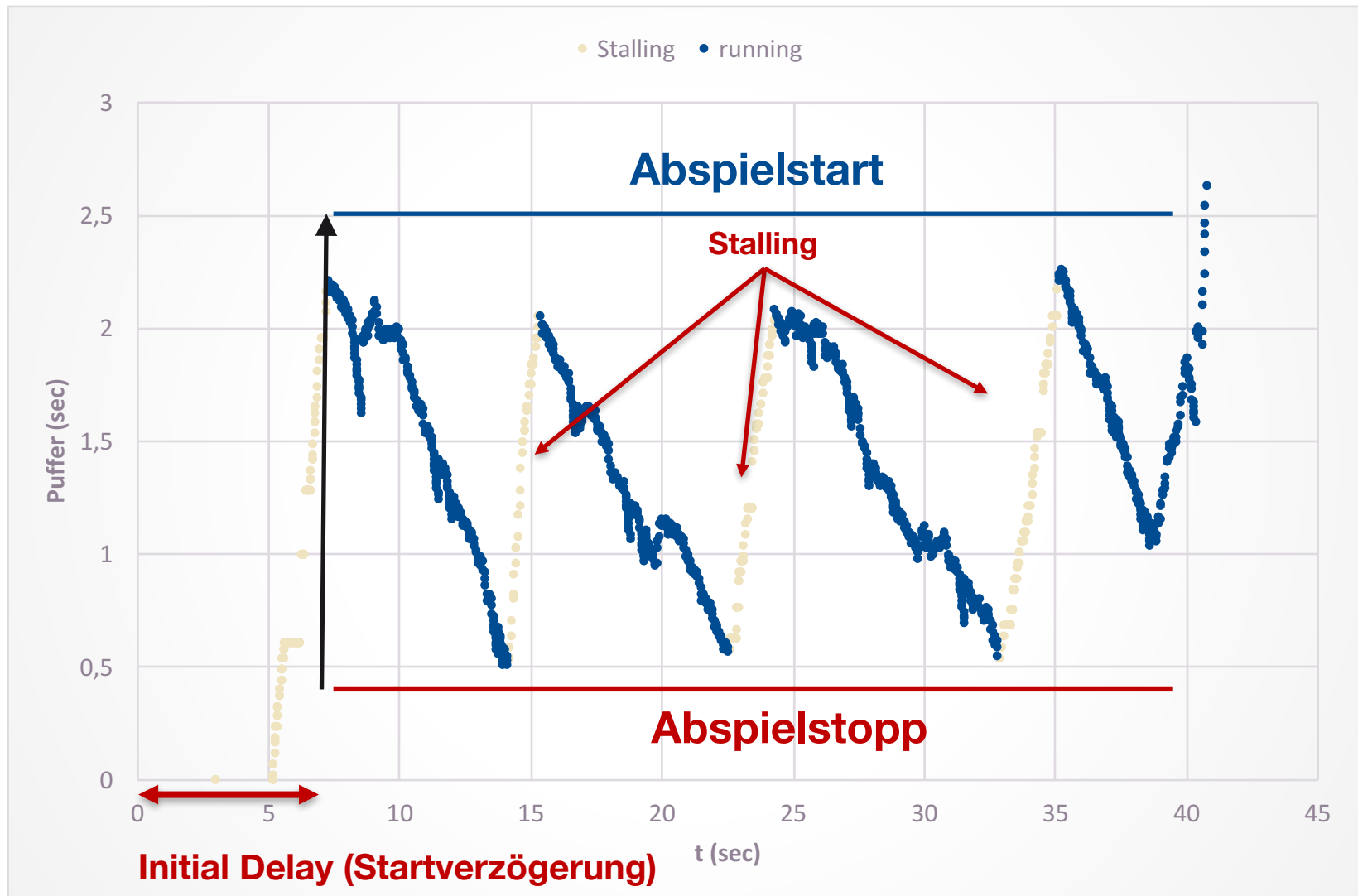
**Ans Video angepasst gedrosselte
Übertragung**

**Segmentierte Videos,
evtl. adaptiv**

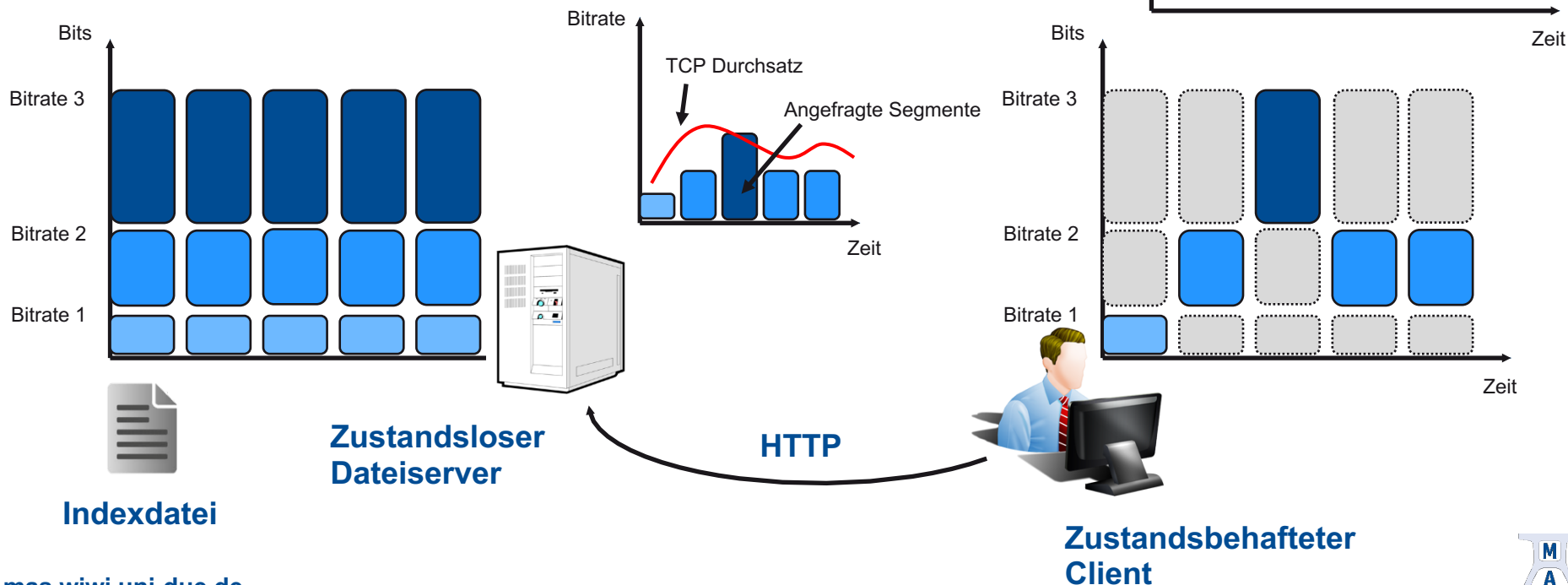
- Streaming-Kontrolle serverseitig („push“)
 - Server verwaltet alle Aspekte des Streamings (z.B. Qualitätsanpassung)
 - Benötigt Kontroll-/Rückkanal
 - IPTV, RTP
- Streaming-Kontrolle beim Client („pull“)
 - Player holt sich eigenständig Video/Videosegmente
 - Ermöglicht „dumme“, zustandslose Server, ideal für CDN
 - Videoübertragung per HTTP



Beispiel eines Streaming Video Puffers und Strategie



- Video wird für verschiedene Qualitätsstufen kodiert
- Client fordert kurze Videosegmente mit HTTP an
- Wahl der Segment-Qualität basierend z.B. auf Downloadgeschwindigkeit und Pufferstatus
 - **Entscheidung des Clients**
 - **Startverzögerung, Stalling, Qualitätsadaptionen**



Proprietary HAS solutions

Proprietary solution	Silverlight Smooth Streaming – MSS	HTTP Live Streaming – HLS	HTTP Dynamic Streaming – HDS
Owner	Microsoft	Apple	Adobe
Data description	Manifest (XML) [44]	Playlist file (M3U8) [35]	Manifest (F4M) [45]
Video codec	H.264, VC-1	H.264	H.264, VP6
Audio codec	AAC, WMA	AAC (HE, LC), MP3, AC3	MP3, AAC
Format	fMP4 [34] *.ismv + *.isma files	M2TS [35] *.ts files	fMP4 [37] *.f4f files
Segment length (typical)*	2 s [34]	10 s [35]**	2 – 5 s [37], [46]***

* No distinction between live and on demand playback is done in the cited documents.

** Shorter segments result in more frequent refreshes of the index file, introducing extra network overhead.

*** 2–3 seconds recommended for content up to 30 seconds long with many scene changes.

Standardized HAS solutions

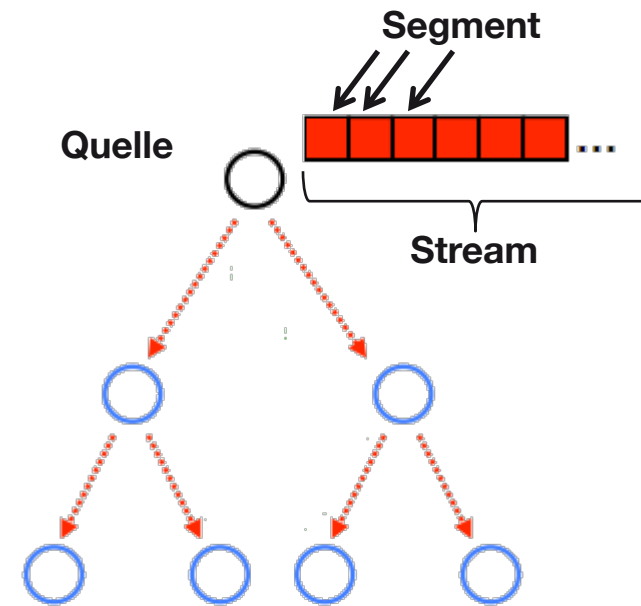
Standard solution	MPEG DASH [40]	3GP DASH [38]	HbbTV DASH [47]
Owner	Standard	Standard	Recommendation
Data description	Media Presentation Description (XML)	Media Presentation Description (XML)	Media Presentation Description (XML)
Video codec	any	H.264	H.264
Audio codec	any	Enhanced aacPlus, AAC-LC, AAC-LTP Extended AMR-WB	HE-AAC, E-AC3
Format	MP4 or M2TS	3GPP File Format	MP4
Segment length (typical)	not specified	not specified	1 – 15 s

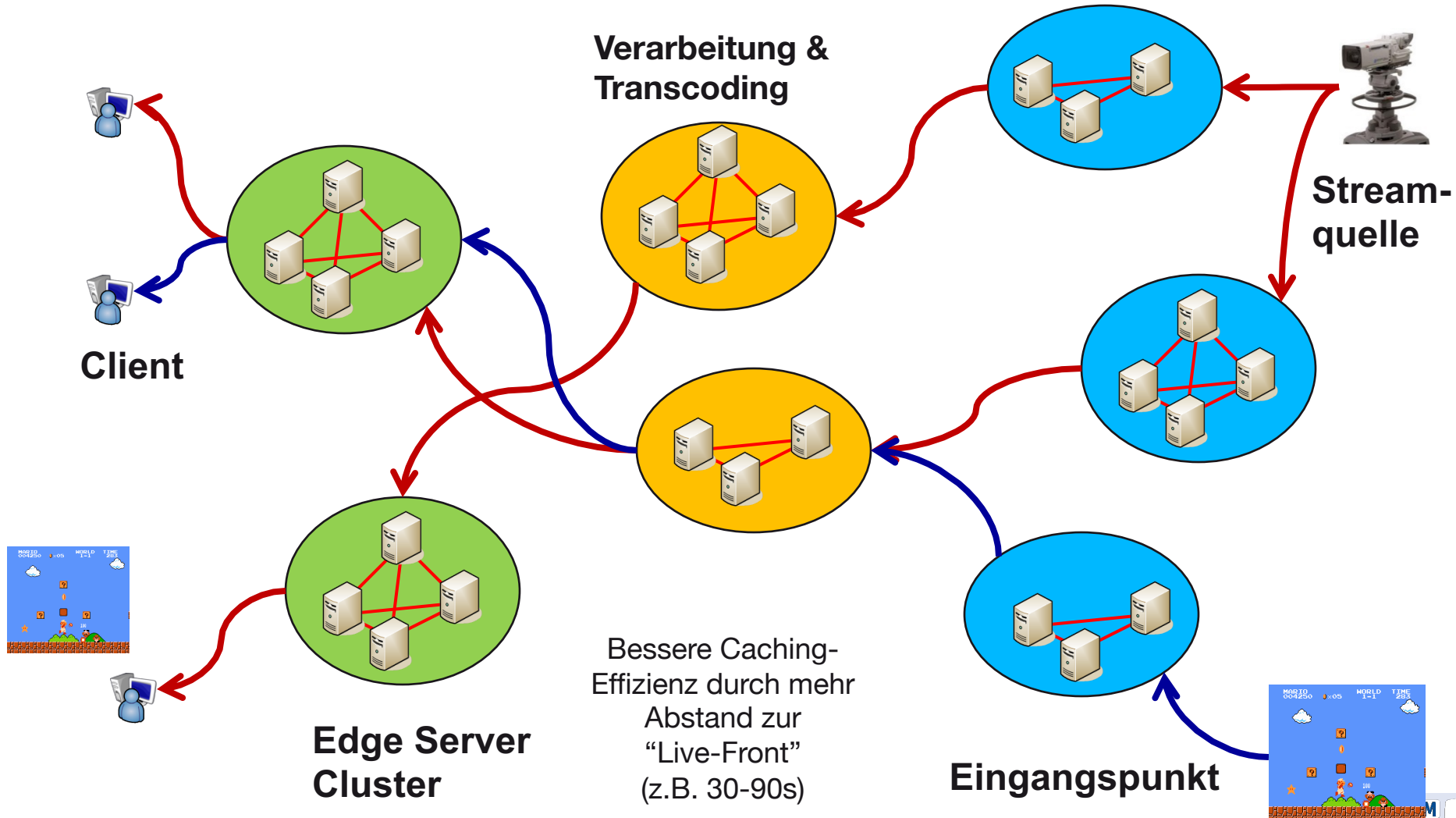
Prinzip gleich:

- Dateisegmente
- Indexdatei der Segmente
- “Intelligenz” nur im Client

LIVE STREAMING UND BEISPIELE

- Ähnlich zum TV-Broadcasting
- Alle Zuschauer brauchen das Video ungefähr zur gleichen Zeit
- Video wird meist erst zur Übertragung erzeugt und ist vorher nicht bekannt
 - Kein langes Puffern möglich
 - Segmentierung und ständiges aktualisieren einer Indexdatei
- Im “echten“ Livestreaming existiert nur eine Quelle
 - Oft Baumstruktur zur effektiveren Verteilung verwendet





- Globales Phänomen
 - Südkorea, China
 - Ausbreitung in den “Westen”
 - Preisgelder
 - >20M \$ Pool aktuell Spitze
 - Zuschauer
 - Vor Ort
 - TV (China, Korea, Schweden, ESPN)
- Web
 - 20M Gesamtzuschauer eines Turniers, 4,6M gleichzeitig
 - Dedizierte Gamestreaming Plattformen
 - Douyu.tv (China), Hitbox, YouTube Gaming
 - **twitch.tv**

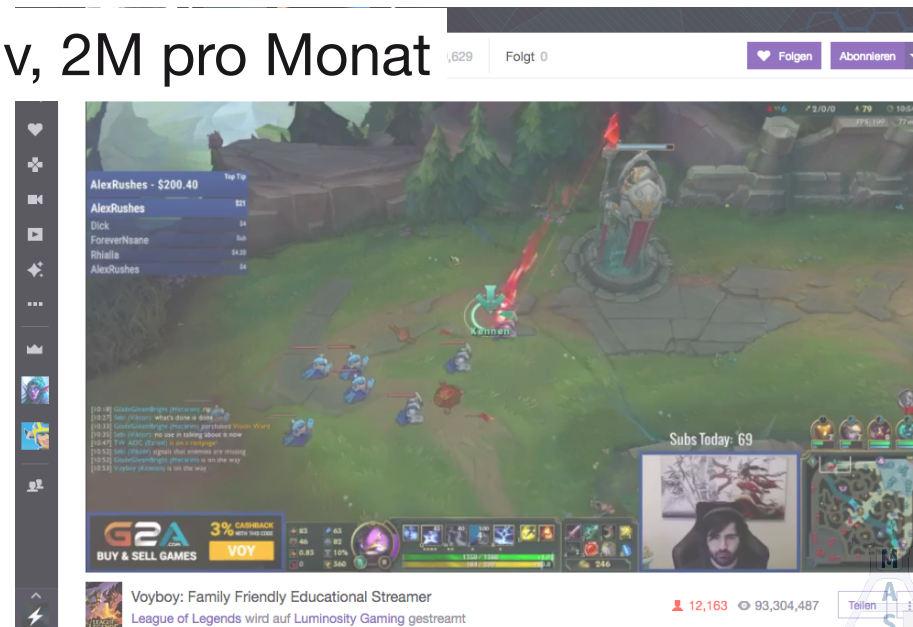


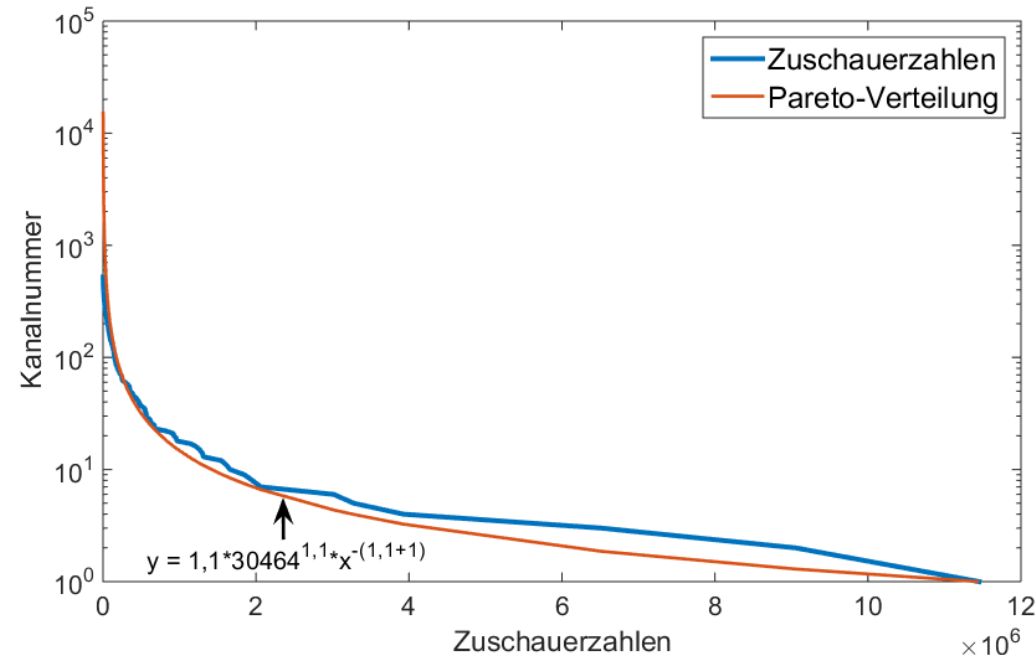
ESL One Frankfurt 2015

- Live-Streaming Videoportal (seit 2011) und begleitender Chat
- Video-Übertragung von Spielen
- Downstream-Traffic: Nordamerika 1,35 %
- 45 Millionen Nutzer pro Monat
- Im Schnitt 550k Zuschauer gleichzeitig
- 420 Min. pro Zuschauer im Monat
- 35.000 Kanäle gleichzeitig aktiv, 2M pro Monat
- Besonders beliebt
 - Turniere
 - „Let’s Plays“ neuer Spiele



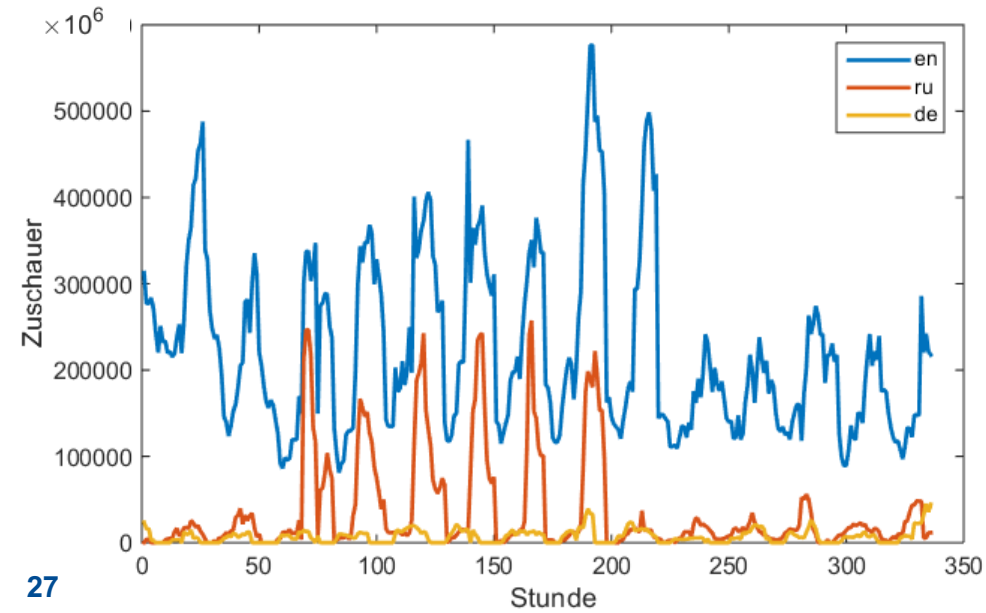
<https://www.twitch.tv/year/2015>





- Sprachen und Regionen der Top-25-Kanäle
- Englische Kanäle deutlich beliebter als die der eigenen Landessprache
- Ähnliche Effekte wie in sozialen Netzen (z.B. Verfolgen des Lieblingskommentators)

- Verteilung der Zuschauer auf die Kanäle
- Nur wenige große Kanäle wirklich erfolgreich



QUALITY OF EXPERIENCE



Warnehmung der Wartezeit



HTTP-Streaming

- Übertragung garantiert verlustfrei
- Bildqualität nicht beeinträchtigt
- Aber: **Stalling**
- Nur „temporale“ Beeinträchtigungen



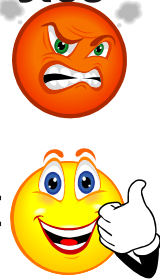
UDP-Streaming

- Keine Übertragungsgarantien
- Bildqualität kann beeinträchtigt werden
- Auftreten von Artefakten
- „temporale“ und räumliche Beeinträchtigungen



- Von Quality of Service (QoS) zu Quality of Experience (QoE)
 - QoS: Paketverluste, Verzögerung, Jitter, ...
 - QoE: Subjektive Erfahrungen/Zufriedenheit der Benutzer eines Dienstes

- *Beispiel:* Ein Zuschauer, der an guter Bildqualität und einem unterbrechungsfreien Abspielen eines Videos interessiert ist



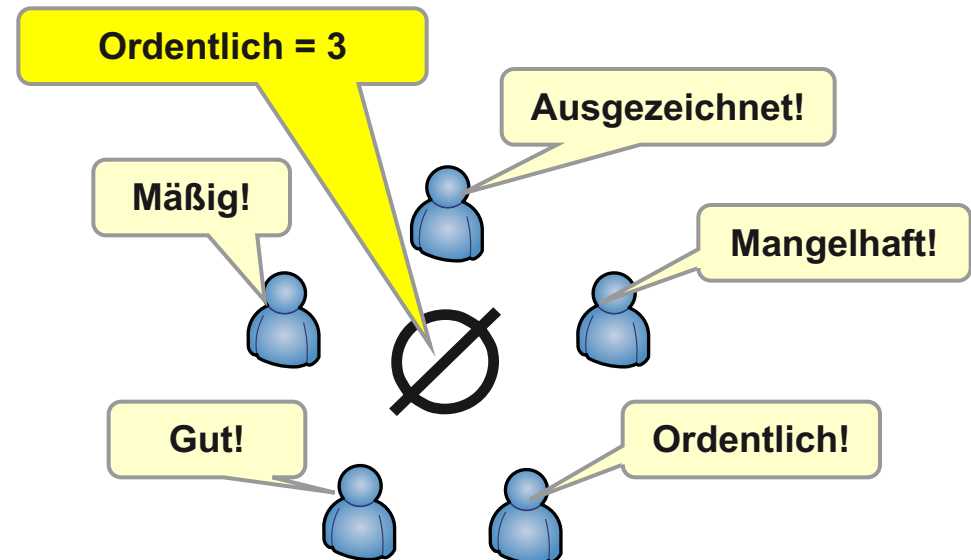
- „Messen“ der QoE
 - Nutzer befragen und bestimmte Szenarien bewerten lassen
 - Modellbildung
 - Direkter Vergleich zu Referenzmaterial



- **Verbessern der QoE durch geeignetes Monitoring und Management**

Mean Opinion Score (MOS): numerischer Indikator der wahrgenommenen Qualität eines Mediums

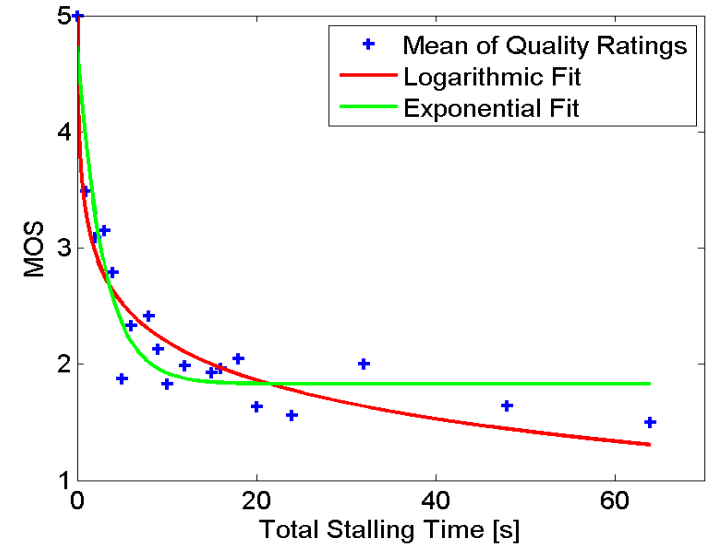
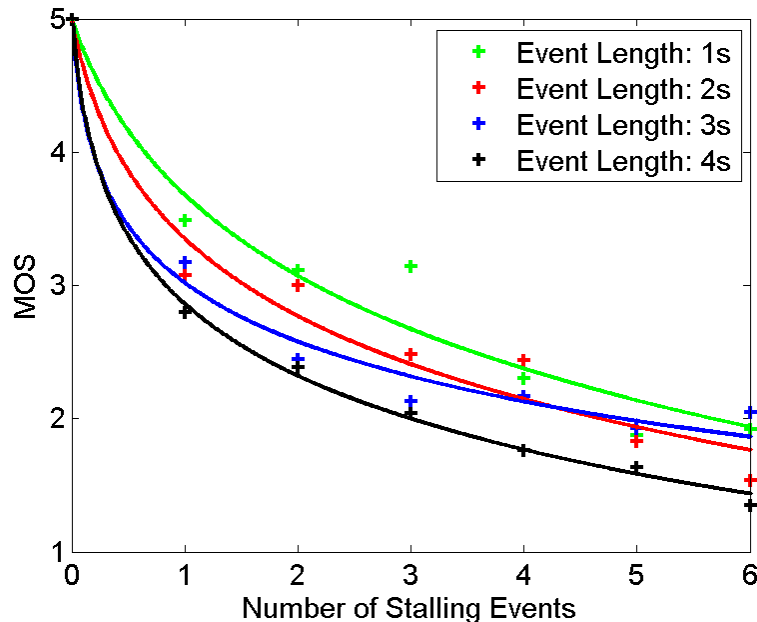
MOS	Qualität	Impairment
5	Ausgezeichnet	Imperceptible
4	Gut	Perceptible
3	Ordentlich	Slightly annoying
2	Mäßig	Annoying
1	Mangelhaft	Very annoying



- MOS beschreibt nicht alle Zusammenhänge perfekt
- Zusätzliche statistische Maße nötig, z.B.
 - **Konfidenzintervalle**
 - **Standardabweichung**

Dauer

- Insgesamt mehr Stalling führt zu geringerer MOS
- Längere Stalling-Ereignisse führen zu niedrigeren MOS-Werten
- Zusätzliche Ereignisse verringern die Qualität weiter

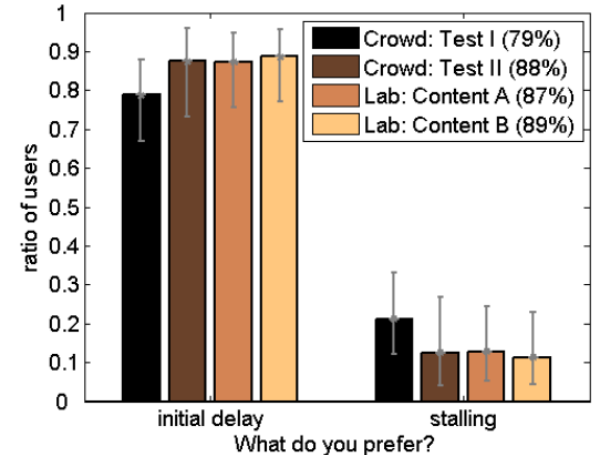


Frequenz

- Sehr kurze, häufige Ereignisse werden als störende Unterbrechung wahrgenommen → Kann schlimmer als einmaliges langes Warten sein

- Umfrageergebnisse

- Fast 90% der Nutzer bevorzugten Startverzögerung zu Stalling

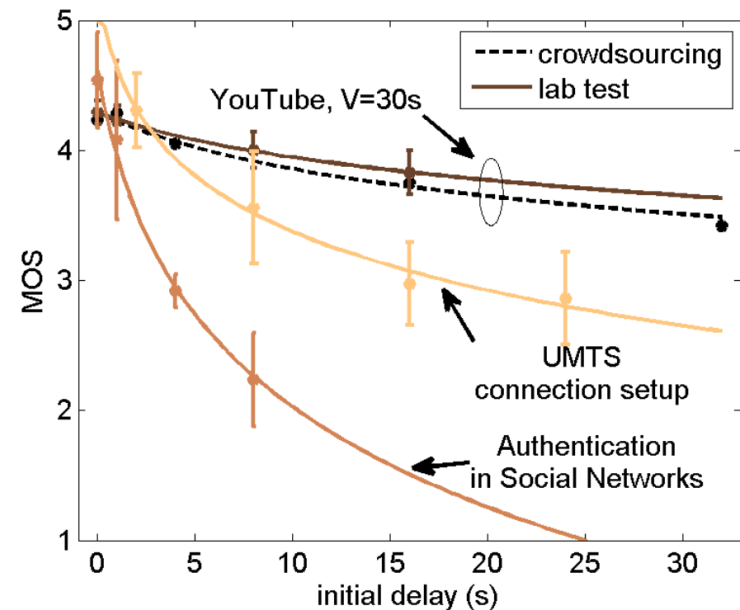


- Studie: Quantifizieren des Einflusses

- Verzögerter Abspielstart hat nur geringen Einfluss auf QoE
- Nutzer sind an Warten beim Start gewohnt, da diese beim Streaming sowieso immer auftreten

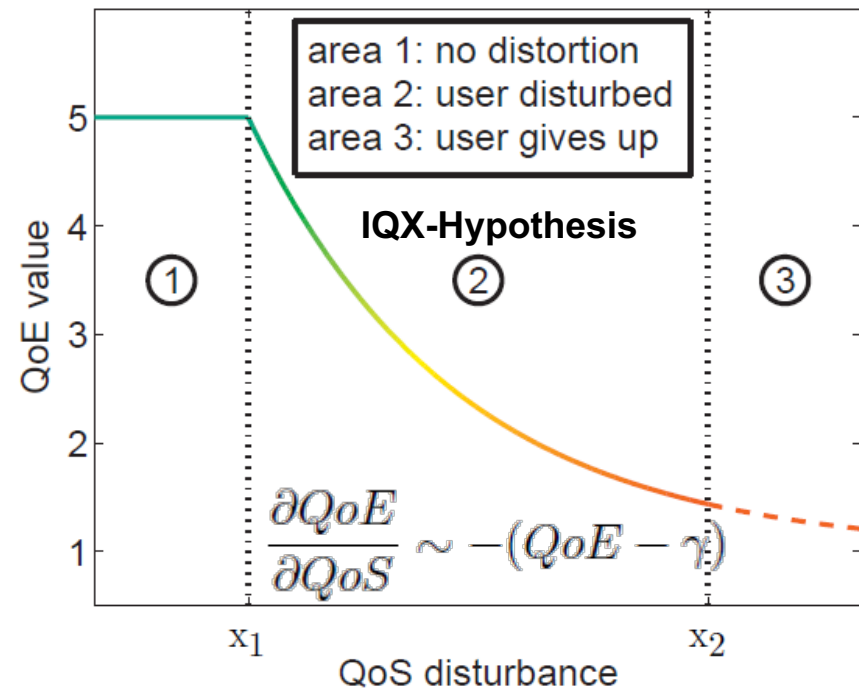
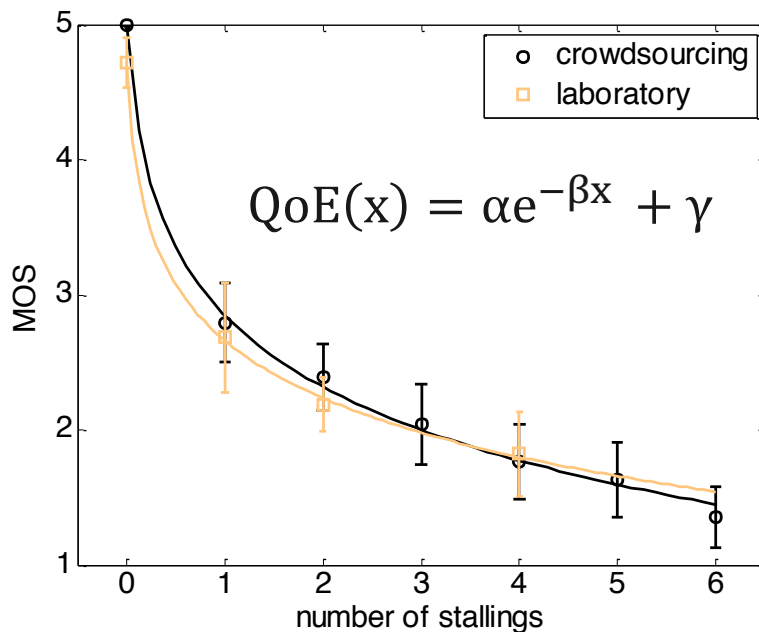
- Stalling ► Verzögerter Start

- Nur etwas längeres Warten statt Unterbrechungen



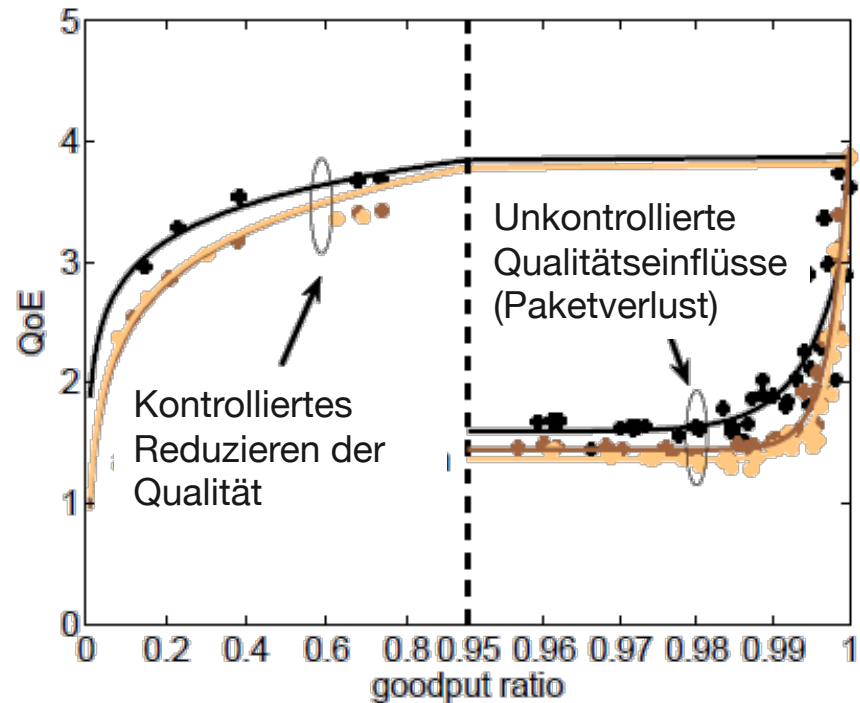
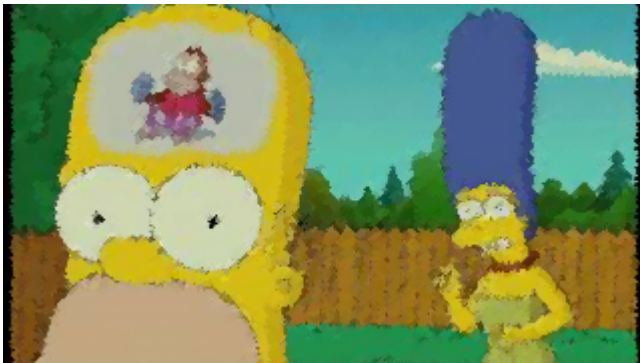
- Schon geringe Zahl von Unterbrechungen beeinträchtigen die YouTube QoE
- ➔ Dienstanbieter muss Stalling vermeiden

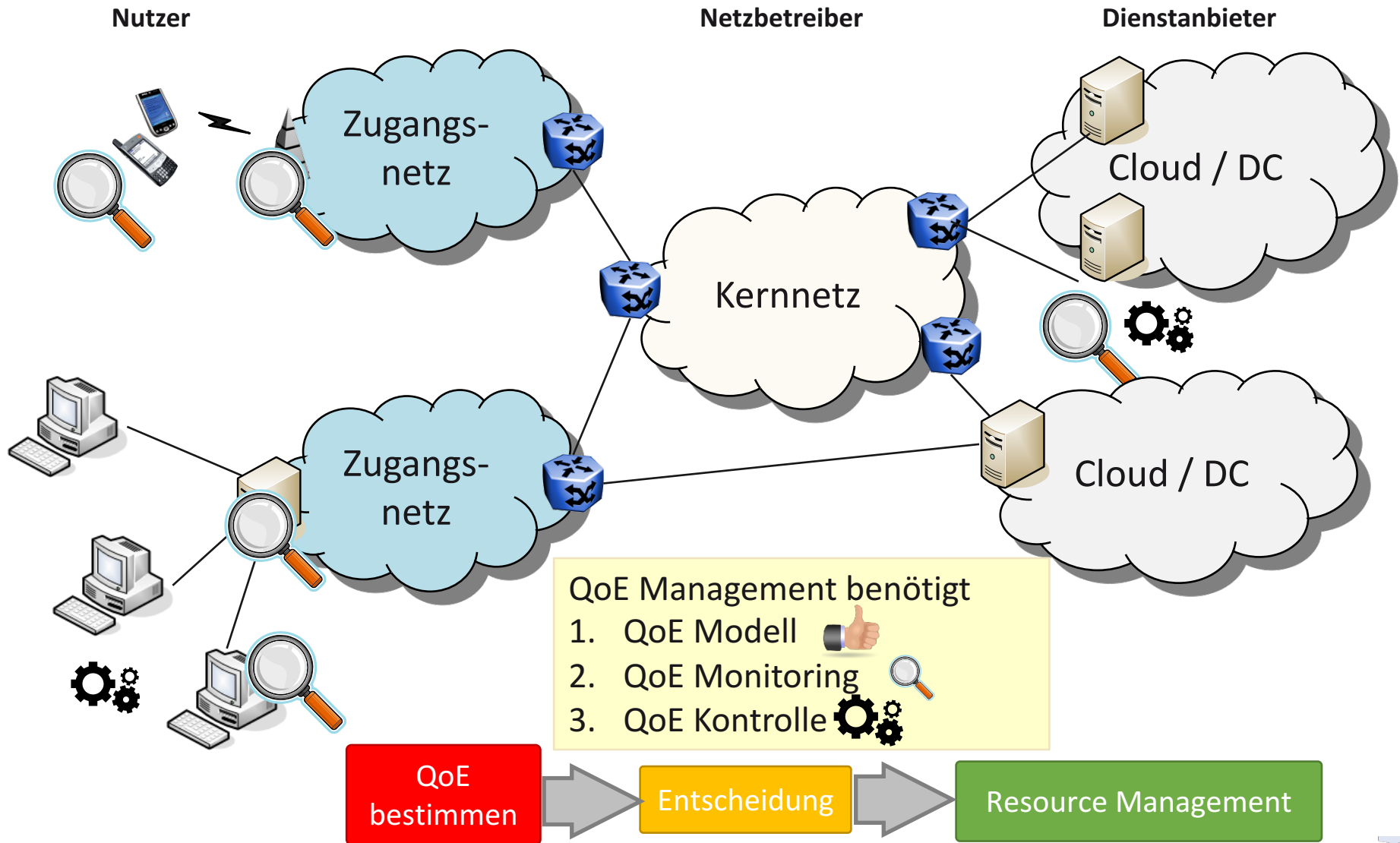
5	Excellent	Imperceptible
4	Good	Perceptible
3	Fair	Slightly annoying
2	Poor	Annoying
1	Bad	Very annoying



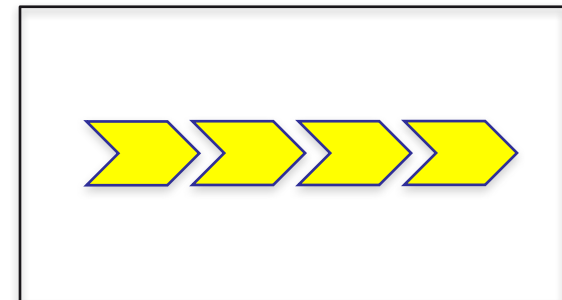
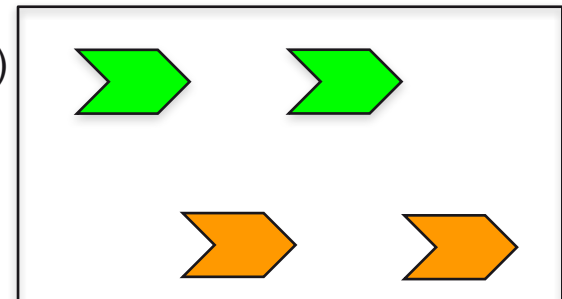
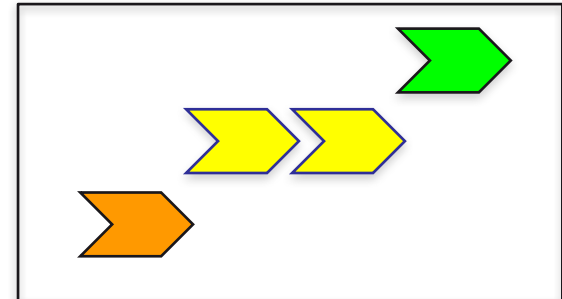
QoE RESOURCE MANAGEMENT

- Verringern der
 - Auflösung
 - Bildrate
 - Bildqualität





- Für HAS:
 - Welche Qualitätsstufe soll ausgewählt und abgespielt werden?
- Verbessern der QoE durch
 - Vermeiden von Stalling, maximieren der Qualität
 - **Adaptierungsparameter z.B.**
 - Zahl der Qualitätsstufen
 - Adaptierungsfrequenz (Segmentlänge und Zahl der Wechsel)
- Aber welche Adaptierungsstrategie wird als Bessere wahrgenommen?
- Adaptierungslogik basierend auf
 - Verhalten: Aggressiv oder konservativ
 - Aktueller Pufferfüllstand
 - Netzwerkdurchsatz
 - **→ Kontextinformationen, z.B. Internetzugang, Mobilität, Popularität, ...**

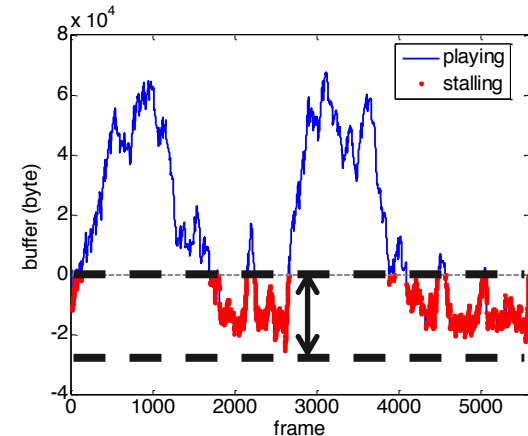


- QoE Management
 - Stalling vermeiden durch
 - Größere Bandbreite (Netzwerk und Dienst)
→ Kosten für die Betreiber
- oder**
- Verzögerter Start
→ Auf Kosten der QoE

➔ Startverzögerung kann für ein gegebenes Video und Bandbreite vorberechnet, angewandt und angezeigt werden

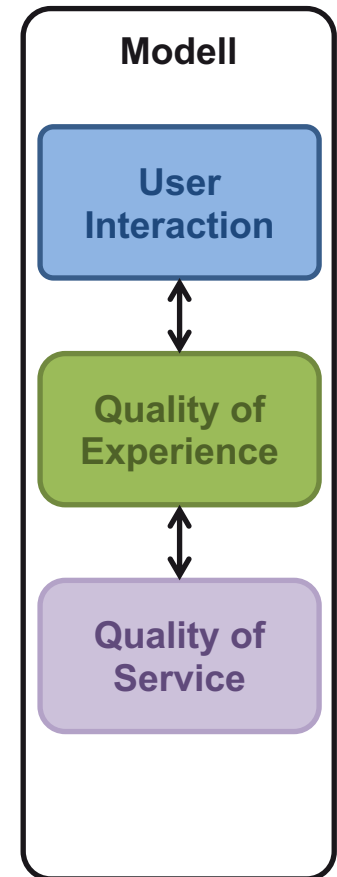
YouTube Player without Stalling

12 sec. until video playback starts ...

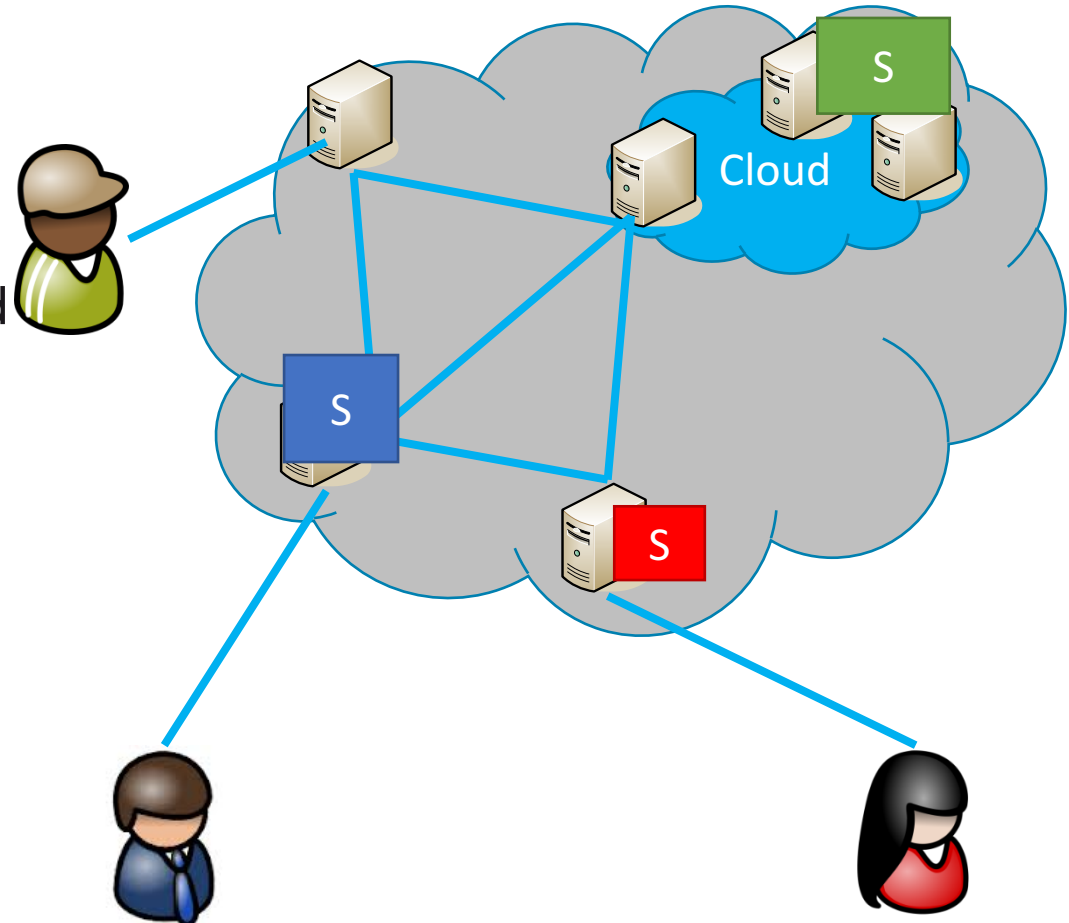


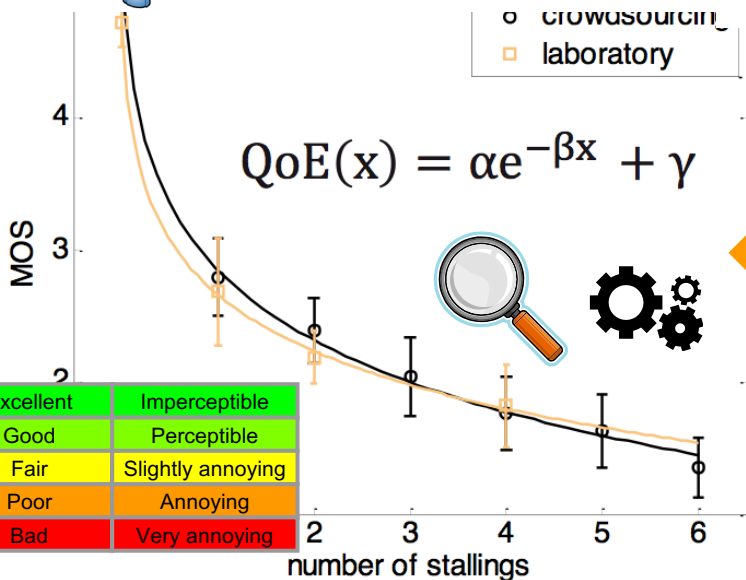
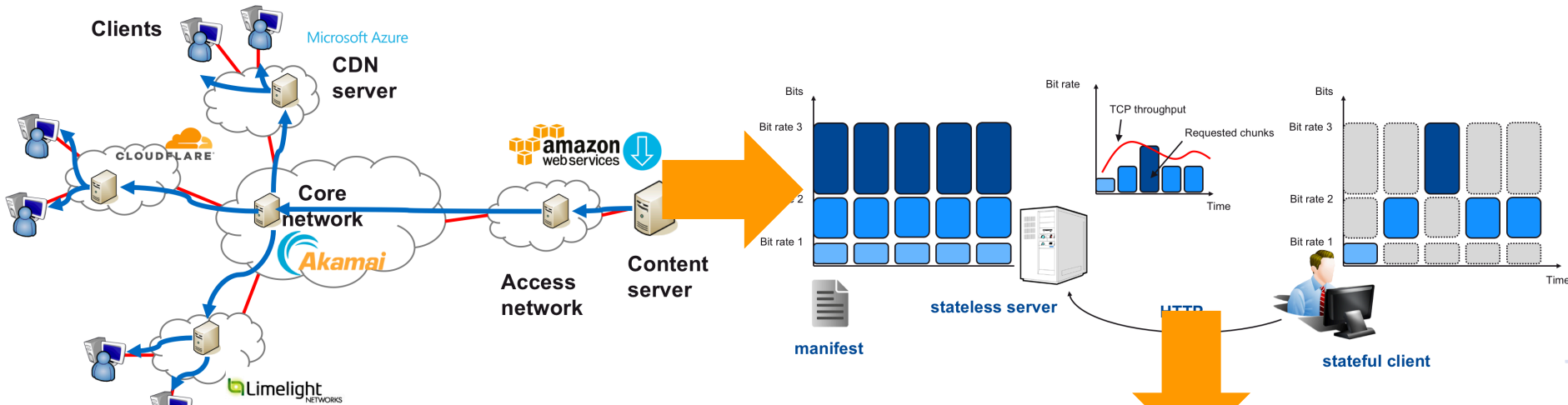
FORSCHUNGSTHEMEN ZU HAS (AUSZUG)

- Ziel eines QoE-Modell?
 - QoE ist für Netzbetreiber eine Funktion der Netzparameter, für Videoanbieter hingegen eine Funktion der Videoparameter, für den Nutzer...
- Benutzerverhalten und Kontext
 - Beispiel: Startverzögerung i.d.R. nicht wichtig, außer z.B. beim Browsen durch verschiedene Videos
 - Kontextabhängigkeiten bislang nicht genauer untersucht
 - Erweitern der QoE-Forschung auf Kontext
 - **Identifizieren von Einflussfaktoren in allen Aspekten**
Videoinhalt, Benutzer, System, Kontext
 - **Fundamentale Zusammenhänge verstehen**
Nutzerverhalten, QoE, QoS, Akzeptanz



- Platzieren der Dienste nahe am Benutzer → „Edge Cloud“
- Anpassen der Größe und des Ortes der virtuellen Server
- Trennen von Speicher und Processing zur Skalierbarkeit
- Dynamisches Platzieren und Caching von Videos





$$QoE(x) = \alpha e^{-\beta x} + \gamma$$

5	Excellent	Imperceptible
4	Good	Perceptible
3	Fair	Slightly annoying
2	Poor	Annoying
1	Bad	Very annoying



- Kontakt: `florian.metzger@uni-due.de`
- Key Fingerprint: `C98A 32B7 554F C5CC 4E5A 60FB 1CE5 B541 7B20 99C7`

Overview on HAS and HAS QoE

Seufert, M.; Egger, S.; Slanina, M.; Zinner, T.; Hoßfeld, T.; Tran-Gia, P., "A Survey on Quality of Experience of HTTP Adaptive Streaming," *Communications Surveys & Tutorials, IEEE* , vol.17, no.1, pp.469,492, 2015
doi: 10.1109/COMST.2014.2360940

YouTube QoE Model

Hoßfeld, T., Schatz, R., Biersack, E., & Plissonneau, L. (2013). Internet video delivery in YouTube: from traffic measurements to quality of experience. In *Data Traffic Monitoring and Analysis* (pp. 264-301). Springer Berlin Heidelberg.

Time on high layer in HAS: Subjective Study

Hoßfeld, T., Seufert, M., Sieber, C., & Zinner, T. (2014). Assessing Effect Sizes of Influence Factors Towards a QoE Model for HTTP Adaptive Streaming. In *Proceedings of the 6th International Workshop on Quality of Multimedia Experience (QoMEX 2014), Singapore*.

Benchmarking Framework: Optimal HAS QoE

Hoßfeld, T., Seufert, M., Sieber, C., Zinner, T., & Tran-Gia, P. (2015). Identifying QoE optimal adaptation of HTTP adaptive streaming based on subjective studies. *Computer Networks*, 81, 320-332.

Concrete HAS Implementation

Sieber, C.; Hoßfeld, T.; Zinner, T.; Tran-Gia, P.; Timmerer, C., "Implementation and user-centric comparison of a novel adaptation logic for DASH with SVC," *Integrated Network Management (IM 2013), 2013 IFIP/IEEE International Symposium on* , vol., no., pp.1318,1323, 27-31 May 2013

- De Simone, F., Tagliasacchi, M., Naccari, M., Tubaro, S., Ebrahimi, T.: H.264/AVC video database for the evaluation of quality metrics. 35th International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP 2010).
- De Simone, F., Naccari, M., Tagliasacchi, M., Dufaux, F., Tubaro, S., Ebrahimi, T.: Subjective assessment of H.264/AVC video sequences transmitted over a noisy channel. QoMEX 2009.
- Fiedler, M., Hoßfeld, T., Tran-Gia, P.: A Generic Quantitative Relationship between Quality of Experience and Quality of Service. IEEE Network Special Issue on Improving QoE for Network Services (June 2010)
- Sieber, C., Hoßfeld, T., Zinner, T., Tran-Gia, P., Timmerer, C.: Implementation and User-centric Comparison of a Novel Adaptation Logic for DASH with SVC. QCMAN, Ghent, Belgium (May 2013)
- Hoßfeld, T., Schatz, R., Biersack, E., Plissonneau, L.: Internet Video Delivery in YouTube: From Traffic Measurements to Quality of Experience. In Biersack, E., Callegari, C., Matijasevic, M., eds.: Data Traffic Monitoring and Analysis: From measurement, classification and anomaly detection to Quality of experience. Springer Computer Communications and Networks series (2013)
- Tobias Hoßfeld, Christian Keimel, Matthias Hirth, Bruno Gardlo, Julian Habigt, Klaus Diepold, Phuoc Tran-Gia . *Best Practices for QoE Crowdstesting: QoE Assessment with Crowdsourcing*. Transactions on Multimedia, 16, (2014)