

Beuth Hochschule für Technik Berlin

University of Applied Sciences

Fachbereich VIII – Maschinenbau, Verfahrens- und Umwelttechnik

Bachelorstudiengang Veranstaltungstechnik und – management

Bachelorarbeit

Entwicklung eines Lehr- & Laborprojekts zum Thema

"AV-Streaming-Veranstaltungen" –

*Hard- und Softwarelösungen im Vergleich**

vorgelegt von: Philipp Kapser

Matrikelnummer: 852536

vorgelegt am: 08.03.2021

Erstgutachter: Prof. Dr. rer. nat. Alexander Lindau

Zweitgutachter: Prof. Dr. phil. Jürgen Lohr

**Personenbezogene Bezeichnungen sind genderneutral zu verstehen*

Zusammenfassung

Das Live-Streaming von Veranstaltungen hat durch die Coronapandemie sehr stark an Bedeutung gewonnen. Dabei stellen virtuelle Events die Veranstaltungsbranche bei der technischen Umsetzung vor neue streaming-spezifische Herausforderungen. Audio- und Videosignale müssen für die Übertragung über das Internet bearbeitet und angepasst werden. Für diese Aufgabe kommen hard- und softwarebasierte Lösungen zum Einsatz. In der vorliegenden Arbeit werden Aufbau und Struktur einer Streaming-Übertragungskette dargestellt und untersucht. Sie bietet einen Gesamtüberblick der Streaming-Techniken, den Signalfluss und mögliche Komponenten. Auf dieser Grundlage werden für das Lehr- und Laborprojekt „AV-Streaming-Veranstaltungen“ Aufgaben und Übungen für den Vergleich von hard- und softwarebasierten Lösungen entwickelt.

Abstract

Live streaming of events has become very important due to the corona pandemic. Virtual events present new streaming-specific challenges to the event industry in terms of technical implementation. Audio and video signals need to be edited and adjusted for transmission through the Internet. Hardware- and software-based solutions are used for this task. This thesis presents and examines the composition and structure of a streaming transmission chain. It offers a complete overview of the streaming techniques, the signal flow and possible components. On that basis, tasks and exercises are developed for the teaching and laboratory project "AV streaming events" for the comparison of hardware and software-based solution.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
1 Einleitung	1
2 Grundlagen Streaming	3
2.1 Definition Streaming	3
1.1. Das Streaming-Media-System.....	3
2.2 Streaming Over-the-Top.....	4
2.3 Streaming Arten	4
2.3.1 Video-on-Demand.....	4
2.3.2 Live-Streaming.....	4
2.3.3 Live-Streaming mit Interaktion.....	5
2.3.4 Kategorien von Streaming im Vergleich	5
3 Encoding	6
3.1 Definition.....	6
3.2 Datenraten.....	6
3.2.1 Formeln.....	7
3.2.2 Rechnungen.....	7
3.2.3 DSL-Verbindungen	8
3.3 Datenkompression.....	9
3.4 Videocodierung.....	11
3.4.1 Vorverarbeitung	11
3.4.2 Bildcodierung.....	12
3.5 Audiocodierung	17
3.6 Containerformate	18
3.6.1 MPEG-System	19
3.7 Codec Anforderungen Streaming	20
3.8 Ausgabe Einstellungen Encoder	21

4	Netzwerke.....	22
4.1	Grundlagen	22
4.2	Übertragungssysteme in der Produktion	23
4.2.1	SDI.....	23
4.2.2	NDI.....	24
4.3	Übertragungssysteme in der Distribution.....	26
4.3.1	TCP/IP-Referenzmodell	26
4.3.2	Protokolle.....	28
4.3.3	QoS & QoE.....	30
4.3.4	Adaptive Streaming	31
4.3.5	Content Delivery Content.....	33
4.3.6	Streaming-Plattformen.....	34
5	Hard- und Software-Encoder im Vergleich	36
5.1	Hardware-Encoder	37
5.2	Software-Encoder	37
5.2.1	OBS	37
5.2.2	vMix	38
5.3	Messtechnik	39
6	Schlussbemerkung und Aufgabenstruktur	40
	Literaturverzeichnis.....	VI
	Anhangsverzeichnis.....	IX
	Eidesstattliche Erklärung	XLVI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Client-Server Interaktion in einem Streaming-Media-System	3
Abbildung 2 Struktur Live-Streaming	5
Abbildung 3 Video- und Audio-Datensignale	6
Abbildung 4 Vereinfachtes Blockschaltbild eines Kompressionsverfahrens	10
Abbildung 5 Intraframe-Verfahren mit DCT	12
Abbildung 6 Beispiel Bewegungsvektor	13
Abbildung 7 Bidirektional codierte Differenzbilder	14
Abbildung 8 Hybride DCT	15
Abbildung 9 Bildstrukturenvergleich H.265 und H.265	16
Abbildung 10 Blockschema MP3-Encoder	17
Abbildung 11 MPEG Packetized Elementary Stream	19
Abbildung 12 Beziehung zwischen Bildqualität, Latenz und Bitrate	20
Abbildung 13 Variable Bitrate und Konstante Bitrate gegenübergestellt	21
Abbildung 14 Übertragungssysteme	22
Abbildung 15 „brick-wall-effect“ SDI-Signal	23
Abbildung 16 Übertragungsschema NDI	24
Abbildung 17 Schichten und Protokolle im TCP/IP-Modell	26
Abbildung 18 Kommunikationsbeziehungen von UDP und TCP im Vergleich	27
Abbildung 19 Echtzeitfähige Protokolle	29
Abbildung 20 Der Transcoding-Prozess	32
Abbildung 21 "First Mile" und "Last Mile" in einer Streaming-Übertragungskette	32
Abbildung 22 Übertragungsarten in einem CDN	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Merkmale der Streaming-Kategorien.....	5
Tabelle 2 Up- und Downloadgeschwindigkeiten DSL.....	8
Tabelle 3 Gegenüberstellung verlustfreie und verlustbehaftete Kompressionsmethoden.....	9
Tabelle 4 Datenreduktion durch Vorverarbeitung.....	11
Tabelle 5 Upload-Speed-Vergleich H.264 und H.265	16
Tabelle 6 Beispiel Containerformate.....	18
Tabelle 7 Übersicht SMPTE-SDI-Standards	24
Tabelle 8 Vergleich SDI und NDI.....	25
Tabelle 9 Eigenschaften von QoS und QoE	30
Tabelle 10 Vergleich kostenloser Streaming-Plattformen.....	34
Tabelle 11 Vor- und Nachteile Hard- und Software Encoder im Vergleich	36

Abkürzungsverzeichnis

AAC.....	Advanced Audio Coding
ABR.....	Adaptive Bitrate Streaming
ARQ.....	Automatic Repeat reQuest
AVC.....	Advanced Video Coding
AVI.....	Audio Video Interleaved
CBR.....	Constant Bit Rate
CDN.....	Content-Delivery-Network
CTU.....	Coding-Tree-Units
DASH	Dynamic Adaptive Streaming over HTTP
DCPM.....	Differenz-Puls-Code-Modulation
DCT	Diskrete Kosinustransformation
ES	Elementary Stream
FLV.....	Flash Video
FPS	Frames Per Second
FTT	Fast Fouriertransformation
GOP	Group of Pictures
HDMI.....	High Definition Multimedia Interface
HDS	HTTP Dynamic Streaming
HEVC	High Efficiency Video Coding
HLS.....	HTTP Live Streaming

HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunication Union
JPEG	Joint Photographic Experts Group
LAN	Local Area Network
MDCT	Modifizierte Diskrete Kosinustransformation
MMS	Microsoft Media Server
MP4	MPEG-4 Part 14
MPEG	Moving Pictures Experts Group
MXF	Media Exchange Format
NDI	Network Device Interface
OBS	Open Broadcaster Software
OTT	Over-the-Top
PES	Packetized Elementary Streams
PTZ	Pan-Tilt-Zoom
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Service
RSVP	Resource Reservation Protocol
RTCP	Real-Time Transport Control Protocol
RTMP	Real Time Messaging Protocol
RTP	Real-Time Transport Protocol
RTSP	Real-Time Streaming Protocol
SDI	Serial Digital Interface
SDTV	Standard Definition Videocast
SMPTE	Society of Motion Picture and Television Engineers
SRT	Secure Reliable Transport
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
VBR	Variable Bit Rate
VLE	Variable Length Coding
VoD	Video-on-Demand
WMV	Windows Media Video

1 Einleitung

Die Coronapandemie verändert aktuell zahlreiche Lebens- und Arbeitsbereiche (Buschle & Meyer, 2020). Dabei haben die Auswirkungen der Maßnahmen im Kampf gegen die Ausbreitung des Coronavirus die Konzert- und Veranstaltungswirtschaft besonders stark getroffen. Seit mehreren Monaten befindet sich der Wirtschaftszweig in einem totalen Lockdown (Tagesschau, 2021). Als direkte Folge der Coronapandemie hat der Bedarf an virtuellen Veranstaltungsformaten branchenübergreifend deutlich zugenommen. In Zeiten von Einschränkungen der persönlichen Bewegungsfreiheit zum Schutz der Bevölkerung sind virtuelle Veranstaltungen eine echte Alternative und Ergänzung zu physischen Veranstaltungen und bieten für Veranstalter und Teilnehmer einen deutlichen Mehrwert (Narrate, 2021). Dies belegen die Zahlen einer aktuellen Umfrage des Digitalverbands Bitkom. Darin gaben 10 % der Internetnutzer ab 16 Jahren an, erstmals an virtuellen Rundgängen oder Kulturveranstaltungen teilgenommen zu haben, 3 % gaben an häufiger an diesen teilgenommen zu haben (Bitkom e.V, 2020).

Der digitale Wandel von Veranstaltungsformaten stellt die Veranstaltungsbranche vor neue Herausforderungen. Es entstehen neue technische Lösungen und Veranstaltungskonzepte, um Kommunikation, Informationen und Emotionen einer Veranstaltung zu transportieren. Unternehmen, Dienstleister und Agenturen müssen sich von altbekannten Veranstaltungsmustern lösen (Stefan Lohmann, 2021). Typische veranstaltungsspezifische Anforderungen von Ton-, Licht- und Videotechnik müssen gleichzeitig mit neuen streaming-spezifischen Anforderungen verbunden und umgesetzt werden. Nur in den seltensten Fällen sollen digitale Audio- und Videosignale einer Veranstaltung mithilfe eines Encoders lediglich komprimiert und über das Internet übertragen werden. Dabei zählen z.B. das Einbinden von Videos, Logos oder die Bild-in-Bild-Darstellung eines Referenten in einer Präsentation häufig zu den Aufgaben, die technische Dienstleister mit Bildmischern realisieren. Für die technische Umsetzung der Anforderungen an Bildmischern und Encoder können Anwender zwischen hard- und softwarebasierten Lösungen wählen (Heber, 2020).

Auch die Studierenden der Studiengänge für Veranstaltungstechnik und -management und Theatertechnik werden mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit in ihrem Berufsleben mit der Live-Übertragung von Veranstaltungen konfrontiert. Die Studiengänge für Veranstaltungstechnik und -management und Theatertechnik der Beuth Hochschule für Technik Berlin sind dem Fachbereich VIII zugeordnet. Im Studium erwerben die Studierenden ingenieur- und wirtschaftswissenschaftliche Grundlagen in den Bereichen Theater- und Veranstaltungstechnik und -management. Dabei orientieren sich die Studienschwerpunkte im Bereich Maschinenelemente & Konstruktion häufig sehr stark am Studiengang Maschinenbau. Wichtige Grundlagen der Medientechnik im Bereich Streaming können im Modul Kommunikationstechnik ohne praktische Übungen nicht ausreichend vertieft werden.

In der vorliegenden Arbeit werden Aufbau und Struktur einer Streaming-Übertragungskette dargestellt und untersucht. Sie bietet einen Gesamtüberblick der Streaming-Techniken, den Signalfluss und mögliche Komponenten. Auf dieser Grundlage werden für das Lehr- und Laborprojekt „AV-Streaming-Veranstaltungen“ Aufgaben für den Vergleich von hard- und softwarebasierten Lösungen entwickelt. In den praxisnahen Übungen lernen die Studierenden die streaming-spezifischen Anforderungen von Veranstaltungen umzusetzen und erhalten gleichzeitig die Möglichkeit die Zusammenarbeit der unterschiedlichen Gewerke Ton-, Licht- und Videotechnik zu proben.

2 Grundlagen Streaming

2.1 Definition Streaming

Der Begriff Streaming (engl. für strömen) wird heutzutage sinngemäß für Streaming-Media verwendet. Streaming-Media beschreibt eine Datenstrom-Anwendung, bei der Audio- und Videodaten übertragen, empfangen und gleichzeitig wiedergegeben werden (Meinel & Sack, 2012). Nach einmaliger Anforderung durch den Nutzer fließen die Daten kontinuierlich so lange bis die Übertragung endet, der Nutzer die Übertragung abbricht oder der Datenfluss aufgrund eines Verbindungsabbruchs abreißt (Wirz, 2019).

1.1. Das Streaming-Media-System

Streaming ermöglicht den Konsum von Filmen und Musik über das Internet ohne Wartezeiten und unabhängig der Speicherkapazität des Endgerätes. Dazu werden die digitalen Audio- und Videodaten im Encoding-Prozess komprimiert. Die Daten werden auf einem Streaming-Server gespeichert oder an diesen gesendet (Lohr, 2020). Erhält ein Webserver die Anforderung Medieninhalte auszuliefern, sendet er eine Aufforderung an den Streaming-Server, die Daten direkt an den Media-Player des Clients zu senden. Um Schwankungen in der Übertragung auszugleichen und eine flüssige Wiedergabe zu ermöglichen, ist der Einsatz eines Puffers notwendig. Überschreitet der Umfang der erhaltenen Daten einen vordefinierten Schwellwert, werden die Medieninhalte dekodiert und nach einer Fehlerkorrektur wiedergegeben (Meinel & Sack, 2012). Die Abbildung 1 zeigt die Client-Server-Interaktion in einem Streaming-Media-System dargestellt.

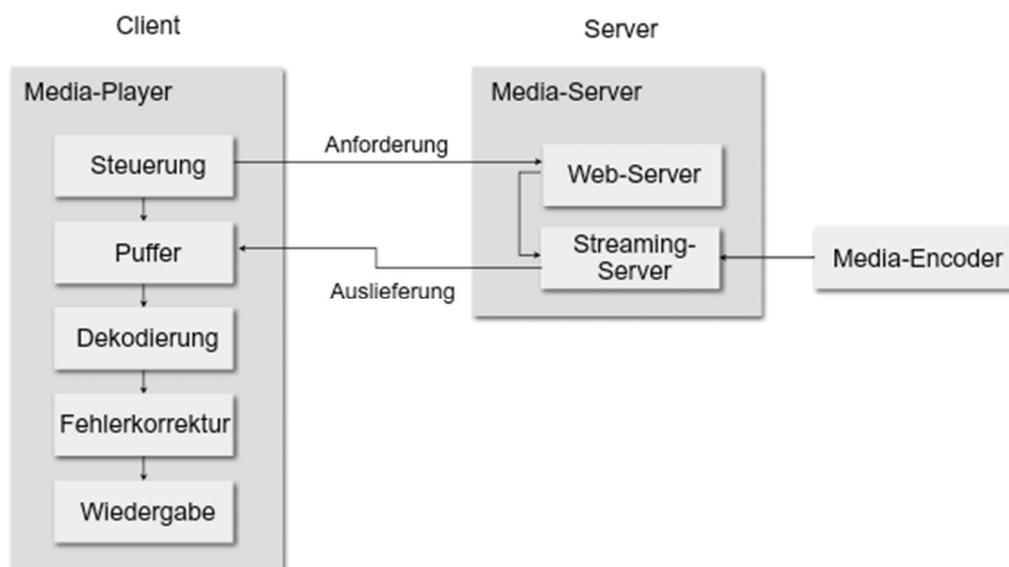


Abbildung 1 Client-Server Interaktion in einem Streaming-Media-System

Quelle: (Meinel & Sack, Internetworking: Technische Grundlagen und Anwendungen, 2012, S. 851)

2.2 Streaming Over-the-Top

Die Übertragung der Medieninhalte (engl. content) über das Internet wird Over-the-Top (OTT) bezeichnet. Der Content-Besitzer hat somit keine direkte Kontrolle über das Netzwerk (Internet) (Barz & Basset, 2016). Im Vergleich zum klassischen Fernsehen bzw. linearen Rundfunk muss sich der Verbraucher bei OTT nicht nach dem Sendeplan der Anbieter richten (Fischer, 2016). Dabei beeinflusst Streaming OTT nicht nur die Art wie wir Medieninhalte konsumieren, sondern auch die Art & Weise wie diese produziert werden. Streaming-Media OTT bietet die Möglichkeit, eigene Werke schnell und unkompliziert auf den Markt zu bringen (Wirz, 2019). In dieser Arbeit bezieht sich der Begriff des Streamings immer auf die Übertragung OTT.

2.3 Streaming Arten

Die Anwendungen zur Übertragung von Audio- und Videodaten über das Internet werden oft als Real-Time-Applications (Echtzeit-Anwendungen) bezeichnet, da eine zeitgerechte Übertragung und Darstellung erforderlich sind. Grundlage für die Übertragung großer Datenmengen von Medieninhalten ist der Ausbau breitbandiger Internetverbindungen (Wirz, 2019). Prinzipiell können Video-Streaming-Anwendungen in die drei folgenden Kategorien eingeordnet werden:

2.3.1 Video-on-Demand

Video-on-Demand (VoD) bezeichnet die Übertragung von Audio- und Video-Daten, die auf einem Server gespeichert wurden. Ein Client (Nutzer) fordert die Daten über den Web-Server auf sein lokales Datengerät an und ist dabei in der Lage durch die Multimedia-Datei zu navigieren (Meinel & Sack, 2012). VoD-Angebote ermöglichen dem User das zeit- und ortsunabhängige Abrufen bereitgestellter Inhalte. Dabei verändert VoD global das Konsumverhalten von Medieninhalten im Film- und Musikbereich (Wirz, 2019), und hat in der Coronapandemie deutlich zugenommen. In einer Studie gaben Ende 2020 42% der deutschen TV-Haushalte an VoD zu nutzen (AGF Videoforschung, 2021).

2.3.2 Live-Streaming

Die Live-Streaming-Übertragung von Medieninhalten kann mit der Live-Übertragung einer Radio- oder Fernsehsendung verglichen werden. Die Mediendaten werden ohne zeitliche Verzögerung direkt nach der Aufzeichnung über das Internet gesendet. Die Abbildung 2 zeigt eine vereinfachte Darstellung der Struktur der Übertragungskette einer Live-Stream-

Veranstaltung. Das digitale Signal einer Kamera wird mithilfe eines Encoders komprimiert und mit einem Transportprotokoll an einen Streaming-Server gesendet. Über ein Content-Delivery-Network (CDN) wird der Stream an einen Media-Player gesendet.

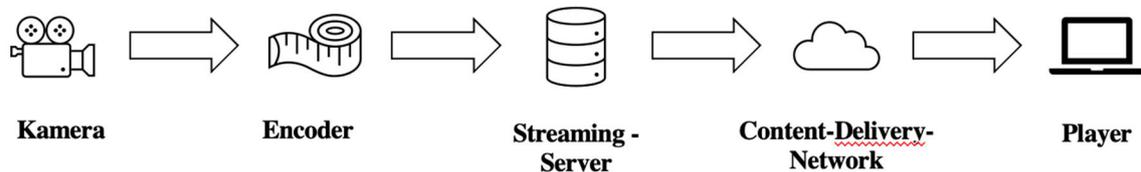


Abbildung 2 Struktur Live-Streaming
Quelle: Eigene Darstellung

2.3.3 Live-Streaming mit Interaktion

Dieser Kategorie können z.B. Videokonferenzen zugeordnet werden. In Videokonferenzen kommunizieren die Anwender visuell und verbal über das Internet. Für die interaktive Kommunikation werden Audio- und Videoinformation in Echtzeit mit anderen Teilnehmern geteilt. Auf Grundlage der Interaktion ist es in diesem Zusammenhang besonders wichtig zeitliche Verzögerungen bei der Übertragung zu vermeiden, da diese die Kommunikation stark beeinflussen. Bereits bei 150ms wird eine sprachliche Verzögerung wahrgenommen und ab 400ms als unangenehme Störung empfunden (Meinel & Sack, 2012).

2.3.4 Kategorien von Streaming im Vergleich

Die unterschiedlichen Eigenschaften der Streaming-Kategorien werden in der Tabelle 1 dargestellt.

	On-Demand	Live-Streaming	Interaktive Echtzeit-kommunikation
Definition	Streaming abgespeicherter Videos von einem Server	Streaming von Events, die aufgenommen, kodiert und sofort übertragen werden	Bereitstellung von Kommunikationsdiensten im Internet
Besonderheit	Umfangreiche Steuerungs- und Navigationsmöglichkeiten	Hohe Rechenlast und Ressourcennutzung	Minimale zulässige Verzögerung
Beispiele	Filme, Musik, E-Learning	Konzerte, Sportereignisse, Live-Vorlesung	Videokonferenzen, Internettelefonie

Tabelle 1 Merkmale der Streaming-Kategorien
Quelle (Zschorlich, 2017, S. 19)

3 Encoding

3.1 Definition

Der Begriff Codec setzt sich zusammen aus den Wörtern *Compression* und *Decompression*. Codecs sind Verfahren mit deren Hilfe Audio- und Videodaten digital kodiert und dekodiert werden (Hansch & Renschler, 2012). Die Hard- und Software zum Komprimieren werden als Encoder, Soft- und Hardware für das Abspielen der Inhalte als Decoder, bezeichnet. (Bühler, Schlaich, & Sinner, 2018).

3.2 Datenraten

Der erste Schritt in einer Live-Streaming-Übertragungskette ist die Wandlung von analogen in digitale Audio- und Videosignale. Die Abbildung 5 zeigt diese Wandlung am Beispiel eines unkomprimierten Standard Definition Videosignals (SDTV) mit 270 Mbit/s und eines Stereo-Audiosignals in CD- Qualität mit ca. 1,5 Mbit/s (Fischer, 2016).

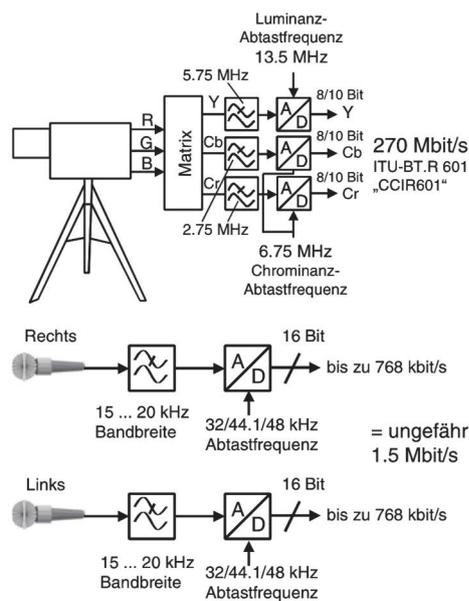


Abbildung 3 Video- und Audio-Datensignale
Quelle: (Fischer, 2016, S. 43)

Da die Datenraten der oben genannten Audio- und Videosignale für eine effiziente Speicherung oder Übertragung zu groß sind, müssen diese komprimiert bzw. datenreduziert werden. Die Übertragung dieser Medieninhalte über das Internet ist daher eine große Herausforderung, da die Daten erst nach der Datenkompression in einer akzeptablen Zeit vom Server zum Client übertragen werden können (Chantelau & Brothuhn, 2010). Die Methoden der Datenkompression werden in Abschnitt 3.3 Datenkompression dargestellt.

Zuerst soll der Zusammenhang von Auflösung und Bildfrequenz anhand der folgenden Beispielrechnungen untersucht und anschließend mit den möglichen Bandbreiten einer DSL-Verbindung verglichen werden.

3.2.1 Formeln

Die Datenrate eines Videos ergibt sich aus:

$$D_{R,Video} = B_H \times B_B \times F \times f \quad (1)$$

Hierbei ist B_H die Bildhöhe und B_B die Bildbreite in Pixeln, F die Farbtiefe in Bit, f die Bildfrequenz.

Die Datenrate für Audio ergibt sich aus;

$$D_{R,Audio} = k \times z \times f \quad (2)$$

Dabei ist k die Abtastrate, z die Quantisierung und k die Anzahl der Kanäle.

3.2.2 Rechnungen

Datenrate Full HD-Video:

$$\begin{aligned} D_{R,Video} &= B_H \times B_B \times F \times f && (1) \\ &= 1920 \text{ Px} \times 1080 \text{ Px} \times 50\text{Hz} \times 24\text{Bit} \\ &= 2\,488\,320\,000 \text{ Bit/s} && | : 1000 \\ &= 2\,488\,320 \text{ kBit/s} && | : 1000 \\ &= 2\,488 \text{ MBit/s} && | : 1000 \\ &= 2,49 \text{ GBit/s} \end{aligned}$$

Datenrate eines Stereosignals:

$$\begin{aligned} D_{R,Audio} &= k \times z \times f && (2) \\ &= 2 \times 16\text{Bit} \times 44100\text{Hz} \\ &= 1,35 \text{ MBit/s} \end{aligned}$$

3.2.3 DSL-Verbindungen

Zu den gebräuchlichsten Internetanschlüssen in Deutschland zählen heute DSL-16000, VDSL 50 sowie VDSL-100 (DSLWEB, 2021). Entscheidend für das Streaming sind dabei die Upload-Datenraten, die im Vergleich zu den Download-Datenraten deutlich geringer sind. Vergleicht man die Upload-Datenraten der DSL mit den Datenraten unkomprimierter Videosignale wird deutlich, dass die aktuellen Bandbreiten für die Übertragung nicht ausreichen.

Bezeichnung	Upload in Mbit/s	Download in Mbit/s
DSL-6000	0,5	6
DSL-16000	2,5	16
VDSL-25000	10	25
VDSL-50000	20	50
VDSL-100000	40	100

Tabelle 2 Up- und Downloadgeschwindigkeiten DSL

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an (Video-Stream-Hosting, 2021)

3.3 Datenkompression

Die Kompression digitaler Signale ist der generelle Ausdruck für Verfahren oder Programme ein einfaches Datenformat in ein auf Kompaktheit optimiertes Format umzuwandeln. (Karrenberg, 2017) Die Codierung zum Zweck der Datenkompression wird als Quellkodierung bezeichnet, um sie von anderen Codierungsarten zu unterscheiden. Die Verfahren der Datenkompression können anhand ihrer Eigenschaften in verlustfreie und verlustbehaftete Methoden unterschieden werden, vergleiche Tabelle 3.

verlustfrei (engl. lossless)	verlustbehaftet (engl. lossy)
▪ Entfernung der Redundanz	▪ Entfernung von Irrelevanz
▪ Beseitigung von Daten, die im Original mehrfach vorliegen	▪ Beseitigung von Daten, die für den Empfänger entbehrlich sind
▪ das Original ist aus einem redundanzreduzierten Signal ohne Informationsverluste rekonstruierbar	▪ das Original ist aus einem irrelevanzreduziertem Signal nicht mehr ohne Informationsverluste rekonstruierbar

*Tabelle 3 Gegenüberstellung verlustfreie und verlustbehaftete Kompressionsmethoden
Quelle: Eigene Darstellung*

Für die quantitative Bewertung eines Kompressionsverfahrens dient die Kompressionsrate, bei der die ursprüngliche Datenmenge mit der komprimierten Datenmenge in ein Verhältnis gesetzt wird. Dabei erzielt die Irrelevanzreduktion deutlich bessere Ergebnisse als die Redundanzreduktion (Schmitz, Kiefer, Maucher, Schulze, & Suchy, 2006). Als Beispiel für die Redundanzreduktion dient das Morsealphabet. Häufig verwendete Buchstaben werden dabei mit kurzen Codesequenzen dargestellt, selten verwendete Codesequenzen durch längere Codesequenzen abgebildet. In der Datentechnik wird dieser Vorgang als Huffman-Codierung, bzw. Variable Length Coding (VLE) bezeichnet (Fischer, 2016).

Die Irrelevanzreduktion nutzt die Wahrnehmungseigenschaften der menschlichen Sinnesorgane. Das menschliche Auge löst Luminanz (Helligkeitsinformation) deutlich feiner auf als Chrominanz (Farbinformation) (Ebner, 2019). Diesen Vorteil nutzt die Farbuntertastung (Chroma Subsampling) und überträgt die Farbinformationen mit geringeren Datenraten. Die Farbuntertastung ist somit häufig der erste Schritt der Datenkompression, vergleiche Abbildung 3. Eine weitere nützliche Eigenschaft unserer Augen, die bei der Datenkompression genutzt werden kann, ist die unterschiedliche Wahrnehmung von feinen und groben Bildstrukturen.

Ein bekanntes Beispiel für eine Eigenschaft unseres Gehörs ist die frequenzabhängige Hörschwelle. Erst wenn der Schalldruckpegel eines Eintonsignals die Hörschwelle überschreitet, kann der Ton wahrgenommen werden. Unter bestimmten Bedingungen können bei Mehrton-Signalen auch Signale über der Hörschwelle nicht wahrgenommen bzw. „verdeckt“ werden. Diese Eigenschaft wird daher als Verdeckungs- oder Maskierungseffekt bezeichnet und zusammen mit der Hörschwelle für die Datenkompression genutzt (Werner, 2009).

Grundlage für die Datenkompression sind die Wahrnehmungseigenschaften unserer Sinnesorgane, sowie Gesetzmäßigkeiten in den Signalen. Allgemein wird die Irrelevanzreduktion auch als Wahrnehmungscodierung bezeichnet und bedeutet immer einen irreparablen Informationsverlust. Die Abbildung 4 zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild eines Kompressionsystems. Diese Kompressionsverfahren werden als hybrid bezeichnet, da verschiedene Verfahren zu einem Gesamtsystem zusammengefügt werden (Werner, 2009). Aufgaben und Funktion der Dekorrelation, Quantisierung und Entropiecodierung werden in den Beispielen der Audio- und Videocodierung dargestellt.

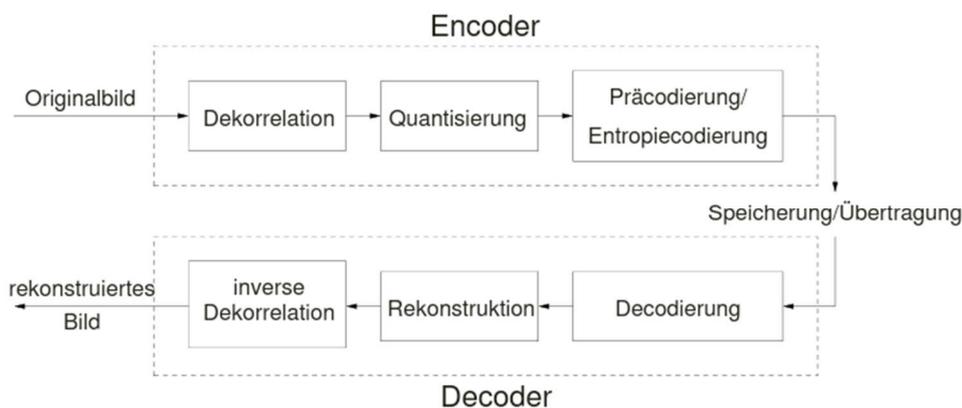


Abbildung 4 Vereinfachtes Blockschaltbild eines Kompressionsverfahrens
Quelle: (Strutz, 2009, S. 154)

3.4 Videocodierung

Prinzipiell kann der Vorgang der Datenreduktion in die Schritte Vorverarbeitung und Bildcodierung unterschieden werden.

3.4.1 Vorverarbeitung

Vor der Anwendung der eigentlichen Kompressionsverfahren wird das Quellmaterial vorverarbeitet. Dazu zählt die Übertragung des Farbraums vom RGB in den YCrCb- Bereich. Anschließend können die Farbdifferenzsignale (Cb,Cr) reduziert werden (Schönfelder, 2006), vergleiche Abbildung 4. Weiterhin kann bei der Vorverarbeitung durch das Weglassen von Austastwerten und der Reduzierung der Quantisierung die Datenrate weiter reduziert werden (Schmidt, 2013). Die Tabelle 4 zeigt die Reduktionswerte der Vorverarbeitung für unterschiedliche Schnittstellen an.

Signal	625i/25	720p/50	1080i/p/25	1080p/50
Schnittstelle	SDI	HD-SDI	HD-SDI	Dual link/3G
Datenrate der Schnittstelle	270 Mbit/s	1,485 Gbit/s	1,485 Gbit/s	2,97 Gbit/s
Datenrate bei 4:2:2 YC _R C _B 10 Bit	270 Mbit/s	1,485 Gbit/s	1,485 Gbit/s	2,97 Gbit/s
Weglassen der Austastwerte				
Nettodatenrate	207,36 Mbit/s	921,6 Mbit/s	1,036 Gbit/s	2,072 Gbit/s
Reduktion von 10 auf 8 Bit				
Datenrate bei 8 Bit	165,89 Mbit/s	737,28 Mbit/s	0,8288 Gbit/s	1,6576 Gbit/s
Unterabtastung				
Datenrate bei 4:2:0 oder 4:1:1	124,4 Mbit/s	552,96 Mbit/s	621,6 Mbit/s	
Datenrate bei 3 : 1,5 : 1,5		552,96 Mbit/s	621,6 Mbit/s	
Datenrate bei 3 : 1 : 1			518 Mbit/s	
Datenrate bei 3 : 1,5 : 0			466,2 Mbit/s	

Tabelle 4 Datenreduktion durch Vorverarbeitung
Quelle: (Schmidt, 2013, S. 159)

3.4.2 Bildcodierung

Die Bildcodierung beschreibt die Darstellung von Bildern mit Hilfe von Zahlen. Dabei werden die Grau- und Farbwerte der einzelnen Bildpunkte durch eine Zahl beschrieben. Die Datenrate von digitalen Bildern können durch effiziente Transformation und Codewortzuordnung weiter reduziert werden (Schmidt, 2013) Codecs kombinieren meist mehrere Kompressionsverfahren. Dabei nutzen fast alle modernen Codecs die Diskrete Kosinustransformation (DCT) zur Datenkompression (Schönfelder, 2006).

3.4.2.1 Intraframe-Kompression

Die Intraframe-Kompression beschreibt die räumliche Kompression von Einzelbilder und nutzt die Eigenschaft, dass benachbarte Pixel meist ähnliche Farb- und Helligkeitsinformationen haben. Die DCT ist eine Sonderform der Fast-Fouriertransformation (FFT) und transformiert die Intensitätsdaten in Frequenzdaten, die darstellen, wie schnell sich die Farb- und Helligkeitsinformationen ändern. (Meinel & Sack, 2009) Das Bild wird in Blöcke mit z.B. 8 x 8 Pixel eingeteilt und anschließend mit der diskreten Cosinus Transformation aus dem Orts- in den Frequenzbereich überführt. Große Bildstrukturen und langsame Helligkeitsunterschiede werden dabei von tiefen Frequenzen abgebildet, feine Bildstrukturen und starke Helligkeitsübergänge mit hohen Frequenzen dargestellt. Diese Eigenschaften im Frequenzbereich können für die Datenreduktion genutzt werden. Da in einer natürlichen Umgebung grobe Strukturen öfter vorkommen als feine, können hohe Frequenzen reduziert und damit die Kompression gesteigert werden (Schmidt, 2013). Mithilfe einer einfachen Berechnungsmethode erhält man aus den 64 Pixeln eines Bildblocks eine Matrix aus 64-DCT-Koeffizienten, die jeweils den Anteil einer bestimmten Frequenz innerhalb eines Bildblocks widerspiegeln (Schönfelder, 2006). Die Koeffizienten werden in Quantisierungstabellen verrechnet und mit der VLC reduziert. Dabei können für eine effizientere Kompression, die für das Auge weniger wichtigen hohen Frequenzen stärker quantisiert werden. Ursprünglich als Basis-Algorithmus für JPEG (Joint Photographic Experts Group) für die Standbildkomprimierung eingeführt, bildet die DCT heute den Kernalgorithmus vieler Videocodierungsverfahren. Bei den neueren Verfahren kann die Blockgröße variieren. Die Abbildung 5 zeigt die Struktur der Intraframe-Kompression mit DCT.

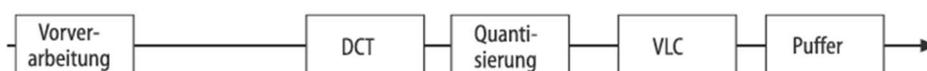


Abbildung 5 Intraframe-Verfahren mit DCT
Quelle: (Schmidt, 2013, S. 169)

Allerdings hat die DCT auch den Nachteil, dass in natürlichen Bildern selten identische Werte auftreten. Viel häufiger treten zwischen Werten benachbarter Elemente leichte Abweichungen auf, weshalb die Differenz-Puls-Code Modulation (DCPM) zu einer höheren Effizienz führt. Dabei werden nur die Differenzwerte zwischen den benachbarten Bildpunkten übertragen. Zur Steigerung der Effizienz werden diese Werte quantisiert (Schönfelder, 2006).

3.4.2.2 Interframe-Kompression

Die Kompression von Videodaten erzielt deutlich höhere Kompressionsraten, wenn zusätzlich zu örtlichen Redundanzen innerhalb eines Einzelbildes die zeitlichen Redundanzen zwischen aufeinander folgenden Bildern berücksichtigt werden (Schmitz, Kiefer, Maucher, Schulze, & Suchy, 2006). Bewegte und zeitlich benachbarte Bilder unterscheiden sich meist nur sehr geringfügig. Diese Eigenschaften nutzt die DCPM und überträgt nur die Differenzwerte zwischen den aufeinanderfolgenden Bildern. Die Differenzbildung erfolgt dabei auf Makroblock-Ebene. Dabei werden immer die Makroblöcke aufeinander folgender Bilder untersucht.

Die DCPM allein ist nicht für die hohe Effizienz bzw. für die hohe Kompressionsrate der Interframe-Kompression verantwortlich. Verschiebungen im Bild werden in der Makroblock-Ebene analysiert und mit Bewegungsvektoren übertragen. Hat sich der Makroblock nicht verändert, wird keine Information übertragen (Fischer, 2016). Bewegungsvektoren können dabei bis zu 40 % der gesamten Information eines komprimierten Video-Datenstroms ausmachen (Schmitz, Kiefer, Maucher, Schulze, & Suchy, 2006). Die Bewegung des Flugzeugs in Abbildung 6 kann zum Beispiel mit einem Bewegungsvektor für Objekte dargestellt werden.



Abbildung 6 Beispiel Bewegungsvektor
Quelle: (Bühler, Schlaich, & Sinner, 2018, S. 46)

Die Interframe Codierung unterscheidet zwischen drei unterschiedlichen Bildtypen, die in bestimmter Regelmäßigkeit aufeinander folgen. I-Frames (Intra- oder Key-Frame) sind nur in sich kodiert und dienen den anderen Bildtypen als Referenz. P-Frames benötigen für die Kodierung I- oder P-Frames. B-Frames (Bidirectionally Predictive Frames) beziehen sich auf I- oder P-Frames, dienen selbst aber nicht als Referenz (Schönfelder, 2006). Alle Bilder zwischen zwei I-Bildern vorkommende Bilderanordnung wird als Group of Pictures (GOP) bezeichnet. Die Abbildung 7 zeigt die Struktur einer GOP am Beispiel bidirektional codierter Differenzbilder.

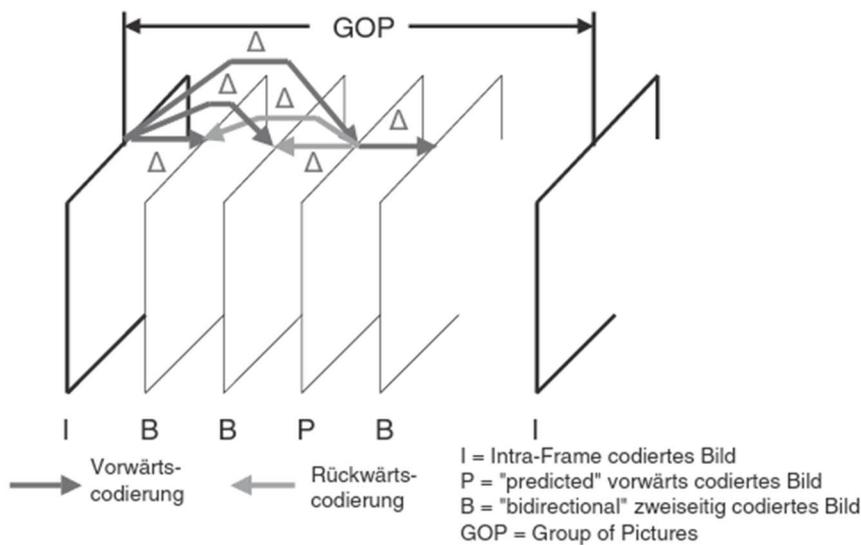


Abbildung 7 Bidirektional codierte Differenzbilder
Quelle: (Fischer, 2016, S. 144)

Die Größe der GOP hat für das Live-Streaming eine entscheidende Bedeutung. Wie bereits dargestellt ist die Größe eines GOP durch die Größe des Key-Frame-Intervalls definiert. Dieser Wert kann in vielen Encodern angegeben werden und beeinflusst die Kompression der Bildsequenzen. In der Regel wird beim Live-Streaming ein Key-Frame Intervall von 2 Sekunden vorgegeben, d.h. bei 30 FPS (Frames Per Second) wird nach 60 Frames ein Key-Frame Intervall gesendet. Schnelle Bewegungen vor einem bewegten Hintergrund führen aufgrund der Größe der GOP zu einer sinkenden Bildqualität in der Übertragung, da zwischen den Key-Frames deutlich mehr Differenzwerte verarbeitet werden müssen als bei einem ruhenden Bild. Die Größe der GOP beeinflusst somit die Bitraten der Datenübertragung.

3.4.2.3 Entropiekodierung

Im Anschluss an die Inter- und Intraframe-Kompressionsverfahren wird versucht durch geschickte Codewortnutzung die Datenraten weiter zu reduzieren (Schönfelder, 2006). Dabei nutzt die Entropiekodierung die statistische Verteilung von Symbolen innerhalb einer Zeichenkette. Die Entropiekodierung arbeitet verlustfrei, da sie ausschließlich redundante Informationen verwerfen (Schmitz, Kiefer, Maucher, Schulze, & Suchy, 2006; Robinson, 2017). Häufig kommen dabei folgende Kodierungen zum Einsatz:

1. Lauflängenkodierung (Run Length Encoding)

Bei der Lauflängenkodierung werden identische Symbole einer Zeichenkette durch Codewörter zusammengefasst und somit komprimiert (Meinel & Sack, 2012).

2. Huffman-Kodierung (Variable Length Coding)

Bei der Huffman-Kodierung werden, die an den häufigsten auftretenden Symbolen einer kodierten Zeichenkette mit möglichst kurzen Codewörtern kodiert (Meinel & Sack, 2012)

3.4.2.4 Hybride DCT

Die deutliche Steigerung der Effektivität der Datenreduktion ergibt sich aus der Kombination der Inter- und Intraframe-Kompressionsverfahren. Dieser wird Vorgang als hybride DCT bezeichnet und beschreibt die Verknüpfung von DCT und DCPM und wird heute von der Mehrzahl der veröffentlichten Videocodecs angewandt. Die Abbildung 8 zeigt eine vereinfachte Struktur der hybriden DCT.

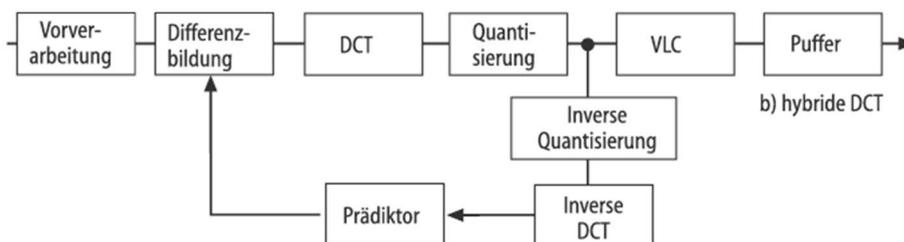


Abbildung 8 Hybride DCT
Quelle: (Schmidt, 2013, S. 169)

Im Live-Streaming kommen häufig zwei von der Moving Picture Experts Group (MPEG) entwickelte Videocodecs zum Einsatz, die von der International Telecommunication Union (ITU) unter den Bezeichnungen H.264 und H.265 eingeführt wurden.

3.4.2.5 H.264 & H.265/HEVC im Vergleich

Der MPEG-4 Part 10 Advanced Video Coding (AVC) (H.264) ist der Vorgänger von HEVC (High Efficiency Video Coding). HEVC ist Part 2 von MPEG- H und wurde unter der Bezeichnung H.265 als ITU-Standard eingeführt. Während H.264 auf eine Standardauflösung von nur 720 x 576 Pixel optimiert ist, wurde der Nachfolger HEVC für großformatigere Bilder mit Auflösungen bis zu 8000 x 4000 Pixel entwickelt. Dabei wurden die wesentlichen Bausteine der hybriden Kodierung von H.264 in H.265 übernommen, weiterentwickelt und mit neuen Bausteinen ergänzt. Ein wichtiger neuer und unterschiedlicher Baustein von H.265 im Vergleich zu H.264 ist die unterschiedliche Bildstruktur. Dabei wurde, für die Komprimierung großformatiger Bilder, die Blockbildung verbessert. Statt der Unterteilung der Bilder in gleichgroße Makroblöcke mit maximal 16 x 16 Pixeln in H.264, verwendet H.265 Coding-Tree-Units (CTU) mit maximal 64 x 64 Pixeln. Die Größe der CTU orientiert sich dabei an der Bildinformation und ermöglicht somit eine bessere Kodierungseffizienz (Strutz, 2009). Die unterschiedlichen Bildstrukturen sind in Abbildung 9 dargestellt.

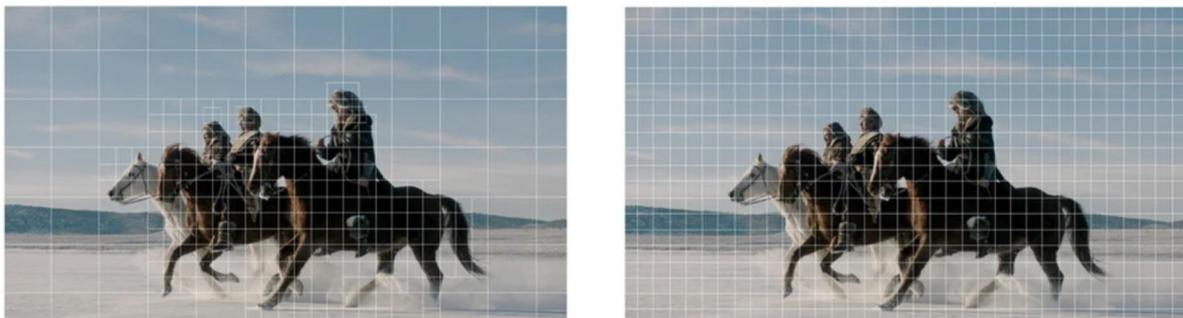


Abbildung 9 Bildstrukturenvergleich H.265 und H.264

Quelle: Teradek; 02.02.2021; URL: <https://teradek.com/blogs/articles/3-reasons-why-hevc-x265-matters-and-how-you-can-start-using-it-now>

Die Tabelle 5 zeigt den Vergleich der Datenraten von H.265 und H.264. Trotz der deutlich besseren Ergebnisse konnte sich H.265 aufgrund der hohen Lizenzgebühren nicht gegen H.264 durchsetzen (FILM & TV KAMERA, 2021).

Auflösung	Minimum Upload Speed	
	H.264	H.265
480p	1.5 Mbit/s	0,75 Mbit/s
720p	3 Mbit/s	1.5 Mbit/s
1080p	6 Mbit/s	3 Mbit/s
4K	32Mbit/s	15 Mbit/s

Tabelle 5 Upload-Speed-Vergleich H.264 und H.265

Quelle: Eigene Darstellung an BoxCast; 03.02.2021; URL: <https://www.boxcast.com/blog/hevc-h.265-vs.-h.264-avc-whats-the-difference>

3.5 Audiocodierung

Die Verfahren der Audiokompression gleichen den Verfahren der Videokompression.

Beide Kompressionsarten nutzen die besseren Bearbeitungsmöglichkeiten im Frequenzbereich zur Steigerung der Effizienz (Schönfelder, 2006). Dabei nutzen die Audio-Kodierungsverfahren die Wahrnehmungseigenschaften unseres Gehörs und versuchen wichtige Signalanteile von irrelevanten zu unterscheiden. Dafür ist eine umfassende Analyse des Eingangssignals notwendig. Zu Beginn der Kodierung wird das unkomprimierte Audiosignal einem Frequenzanalysator (FFT) und einem Filterprozess zugeführt. Die FFT führt eine Spektrumsanalyse durch und ermittelt in zeitlich grober Auflösung, dafür in frequenzmäßig feiner Auflösung die aktuellen Audiobestandteile und überträgt diese dem psychoakustischen Modell (Fischer, 2016). Das psychoakustische Modell berücksichtigt für die Weiterverarbeitung die wichtigsten Eigenschaften des Gehörs, wie z.B. Maskierungseffekte. Anschließend stellt das Psychoakustische Modell die Daten für die weiteren Bearbeitungsschritte der Modifizierten Diskreten Kosinustransformation (MDCT) und Quantisierung zur Verfügung (Weinzierl, 2008). Der Einsatz der MDCT auf die Ausgabe der ursprünglichen Filterbänke bewirkt im Filterprozess eine drastische Erhöhung der Subbänder und teilt jedes Band in 18 weitere Bänder auf. Anschließend wird im Block Quantisierer die Codierung mit Datenkompression durchgeführt. Dabei werden jedem Teilsignal der Subbänder zu seiner Darstellung so wenig Bits wie möglich zugeteilt. An die Irrelevanzreduktion schließt sich die Huffmann-Kodierung an, welche die Redundanzen im Signal für die Datenkompression nutzt (Werner, 2009). Die Abbildung 10 zeigt am Beispiel des MPEG-2 Audio Layer III, auch als MP3 bekannt, das Blockschema eines Encoders. Die Weiterentwicklung AAC (Advanced Audio Coding) wird häufig im Streaming eingesetzt.

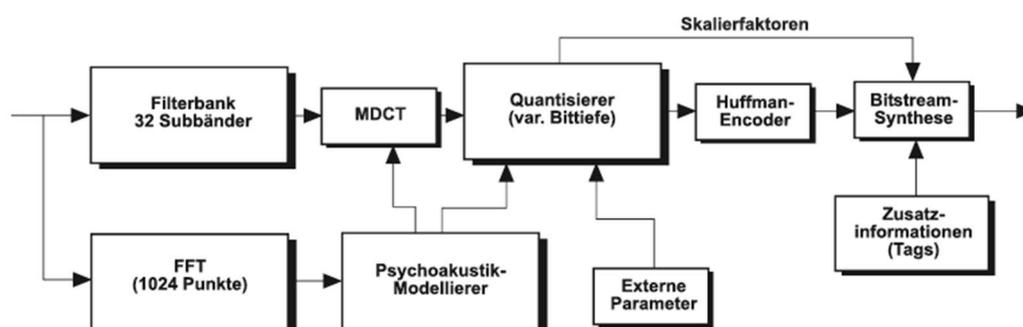


Abbildung 10 Blockschema MP3-Encoder
Quelle: (Strotz, 2019, S. 70)

3.6 Containerformate

Als Containerformate werden Dateiformate bezeichnet, die unterschiedliche Datenformate enthalten können. Containerformate legen die Struktur und die Art der Aufbewahrung von Inhalten fest. Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Containerformate, die neben verschiedenen Audio- und Videocodecs zusätzliche Daten, wie z.B. Metadaten, Untertitel oder Menüstrukturen beinhalten (Hansch & Renschler, 2012). Zu den bekanntesten Beispielen für Containerformaten zählen:

- Microsoft „AVI“ (Audio Video Interleaved)
- Apple Quicktime „MOV“ (Abkürzung für „movie“)
- Adobe „FLV“ und F4V“ (Flash Video)
- SMPTE „MXF“ (Media Exchange Format)
- MPEG „MP4“ (MPEG-4 Part 14)
- Microsoft „WMV“ (Windows Media Video)

Die Tabelle 6 zeigt Einsatzbeispiele, sowie Audio- und Videocodec unterschiedlicher Containerformate.

Name	Dateiendung	Video-Codec	Audio-Codec	Einsatzbeispiele
MPEG-2	.mpeg .mpg .m2v	MPEG-2 (H.262)	MPEG Audio	DVD-Video Blu-ray-Disc HD-Video
MPEG-4	.mp4	H.264 H.265	AAC Dolby Digital MPEG Audio	Blu-ray-Disc Video für mobile Endgeräte YouTube-Videos Full-HD-Video UHD-Video (4K, 8K)
Windows Media	.wmv	Windows Media Video	Windows Media Audio	HD-Video Full-HD-Video

Tabelle 6 Beispiel Containerformate

Quelle: (Bühler, Schlaich, & Sinner, 2018, S. 48)

Für eine synchrone Wiedergabe der Medieninhalte werden die Audio- und Videodaten in einem Multiplexverfahren strukturiert. Im Folgenden wird das Multiplex-Verfahren am Beispiel des MPEG-System dargestellt.

3.6.1 MPEG-System

MPEG ist eine Arbeitsgruppe der ISO/IEC (International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission) die sich mit der Veröffentlichung und Verabschiedung von Standards beschäftigt (Weinzierl, 2008). Eine wichtige Aufgabe der MPEG-Containerformate ist die Synchronisation von Audio- und Videodaten. Um diese Synchronität zu erreichen werden die Datenströme in Portionen aufgeteilt, zwischengespeichert und im Multiplex-Verfahren übertragen (Schmidt, 2013). Die komprimierten Audio-, Video- und Datensignale im MPEG-System werden als Elementary Streams (ES) bezeichnet und in Pakete variabler Länge geteilt. Diese Pakete werden Packetized Elementary Streams (PES) genannt. Ein PES besteht immer aus einem Kopfteil (Header) und der Nutzlast (Payload). Der Kopfteil beinhaltet alle Informationen der Art der Daten (Audio, Video, Daten) und der Länge des PES. Im Nutzteil werden neben PES-spezifischen Informationen für Synchronisation, wie z.B. Zeitstempel und Paketzählung, die eigentliche Nutzlast übertragen. Die Abbildung 11 zeigt die ES und PES im MPEG- System.

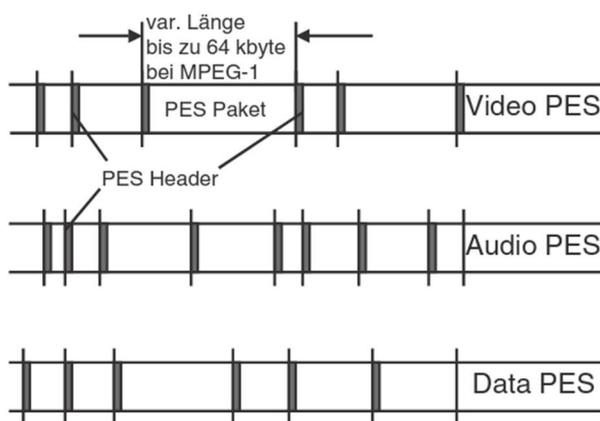


Abbildung 11 MPEG Packetized Elementary Stream
Quelle: (Fischer, 2016, S. 44)

Nach der Komprimierung werden die PES in MPEG-Transport-Streams oder Programm-Streams eingebunden. Während die Programm Streams der Speicherung der Daten dienen, haben die Transport Streams die Aufgabe die Daten über ein Netzwerk zu senden. Dabei können mehrere Elementarströme über einen Transportstrom übertragen werden.

3.7 Codec Anforderungen Streaming

Abhängig von der Streaming-Art unterscheiden sich die Anforderungen des Codecs. Für Video on Demand steht in der Regel die Kompression im Vordergrund, um Speicherplatz zu sparen, gleichzeitig können die Daten aufgrund der geringeren Datenmenge schneller kopiert werden. Im Live-Streaming muss der Encoder zum einen die Datenrate für einen schnellen Transport über die Netzwerke reduzieren und eine möglichst geringe Latenz ermöglichen (Haivision, 2021). Grundsätzlich hängt die Wahl des Encoders aus der Balance der Faktoren Bildqualität (Auflösung), Bitrate und Latenz ab. Die Beziehung der Kriterien ist in dem Dreieck der Abbildung 12 dargestellt. Darin lassen sich allerdings immer nur zwei Kriterien erfüllen. Möchte man z.B. eine gute Bildqualität bei einer genauen Bitrate erzielen, hat dies eine größere Latenz zur Folge.

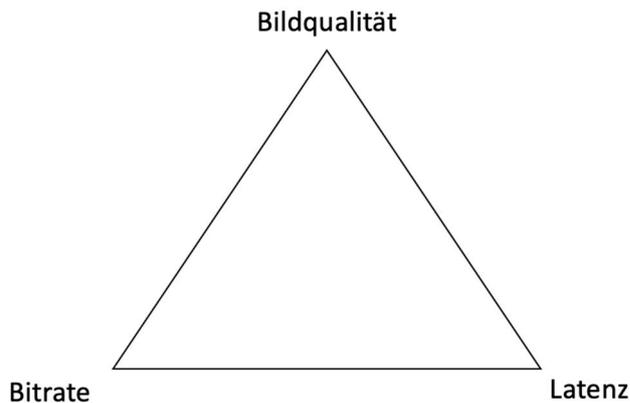


Abbildung 12 Beziehung zwischen Bildqualität, Latenz und Bitrate
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Haivision

Bildqualität

Die Bildqualität ist abhängig von den Faktoren Auflösung, Bildfrequenz und Bildinhalt. Während immer größere Auflösungen und Bildfrequenzen grundlegend die Datenrate erhöht ist für das Live-Streaming der Bildinhalt relevant. Ruhige Bildinhalte erfordern für eine gute Bildqualität im Vergleich zur schnellen Bildinhalten weniger Datenraten.

Latenz

Im Streaming Kontext definiert die Latenz die Zeit, die der Stream benötigt, um vom Ursprung an das Ziel gesendet zu werden. Dabei addieren sich alle Latenzen in der Übertragungskette zu einer Gesamtlatenz. Erfolgt die Übertragung ins CDN schneller als 1 Sekunde ist von Ultra-Low-Latency die Rede.

Bitrate

Die Bitrate beschreibt das Verhältnis zwischen Datenmenge und Zeiteinheit der Bewegtbildsequenzen. Die Bitraten Codierung wird unterschieden in Constant Bit Rate (CBR) und Variable Bit Rate (VBR). Bei der konstanten Bitrate wird eine Bildsequenz mit einer konstanten Datenrate übertragen, unabhängig der Komplexität des Videosignals. Ist der Wert der CBR-Wert zu hoch gewählt, wird Übertragungsvolumen unnötig verbraucht. Ist der Wert der CBR zu niedrig, reicht die Bitrate ggf. nicht aus, um Inhalte zu übertragen. In diesem Fall findet eine Redundanzreduktion statt, welche die gewünschte Bitrate auf Kosten der Qualität erzwingt. Eine konstante Bitrate bedeutet keine konstante Qualität. An diesem Punkt setzt die VBR an und strebt eine gleichbleibende Qualität der Bewegtbildsequenzen an. Die Datenrate der Sequenz ist dabei abhängig von der Komplexität des Videosignals. Der Vorteil der VBR im Vergleich zur CBR ist ein effizienteres Kompressionsergebnis, da die Datenrate dynamisch angepasst wird. Allerdings können die hohen Datenraten auch dazu führen, dass aufgrund der begrenzten Übertragungsbandbreite, das Signal auf der Empfängerseite ins Stocken gerät (Hansch & Renschler, 2012). Aus diesem Grund wird im Live-Streaming häufig CBR eingesetzt. Die Abbildung 13 zeigt VBR und CBR im Vergleich.

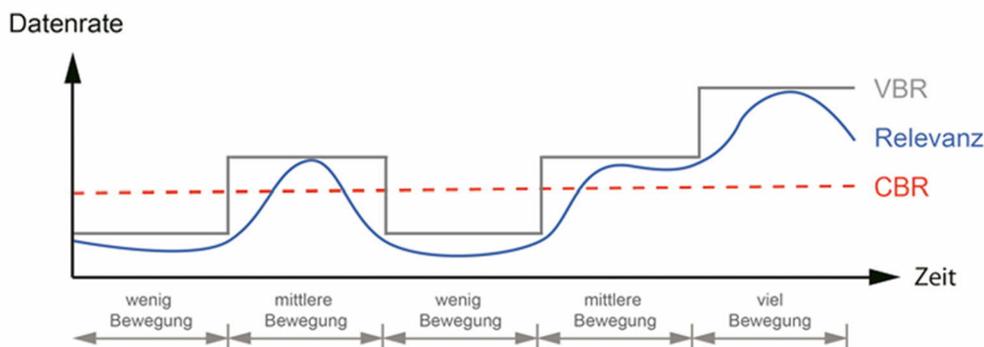


Abbildung 13 Variable Bitrate und Konstante Bitrate gegenübergestellt
Quelle: (Hansch & Renschler, 2012, S. 218)

3.8 Ausgabe Einstellungen Encoder

Zu den wichtigsten Ausgabe-Einstellungen in einem Streaming Encoder zählen:

- Videocodec
- Framerate
- Key-Frame-Frequenz
- Audiocodec
- Bitratencodierung

Die für die Übertragung über das Internet notwendigen Übertragungsprotokolle werden in dem Kapitel Übertragungssysteme in der Distribution genauer betrachtet.

4 Netzwerke

4.1 Grundlagen

Der Begriff Netzwerk bezeichnet die Gesamtheit aller Ressourcen, die eine Kommunikation zwischen den Teilnehmern ermöglicht (Freyer, 2017). In einem Streaming-Netzwerk kommen im Bereich der Produktion und der Distribution unterschiedliche Übertragungssysteme zum Einsatz.

Definition Übertragungssysteme

Eine Übertragung definiert den Transport eines Signals zu einer räumlich entfernten Position. Das Signal wird von einer Quelle über ein Übertragungskanal an eine Senke gesendet (Freyer, 2017). Jedes Übertragungssystem besteht aus drei Funktionseinheiten: Sender, Kanal und Empfänger. Die allgemeine Struktur eines Übertragungssystems mit Quell-, Kanal- und Leitungscodierung wird in Abbildung 14 dargestellt.

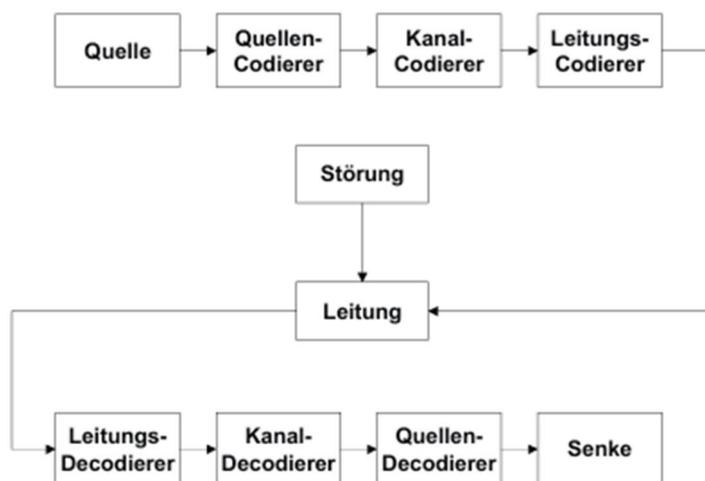


Abbildung 14 Übertragungssysteme
Quelle: (Keller, 2011, S. 60)

Grundsätzlich werden Übertragungssysteme in geführte und ungeführte Übertragungsarten unterschieden. Bei der geführten Übertragung besteht der Übertragungskanal entweder aus einer optischen Leitung (Lichtwellenleiter) oder einer elektrischen Leitung (Kupfer).

Bei der angeführten Übertragung werden die Signale über elektromagnetische Wellen im Bereich von 9 kHz bis 300GHz übertragen. In einem Streaming-Setup können alle drei Varianten zum Einsatz kommen,

4.2 Übertragungssysteme in der Produktion

4.2.1 SDI

Das Serial Digital Interface (SDI) überträgt den Datenstrom eines unkomprimierten digitalen Videosignals seriell, d.h. ein Bit nach dem anderen wird übertragen. SDI-Signale werden über kostengünstige 75 Ohm-Koaxialleitungen übertragen. Als Steckverbinder dienen BNC-Stecker, welche aufgrund ihres Bajonettverschlusses einrasten und feste Verbindung ermöglichen. SDI hat im Vergleich zu den handelsüblichen Consumer-Schnittstellen, wie z.B. HDMI (High Definition Multimedia Interface) den entscheidenden Vorteil, dass die Signalqualität über deutlich längere Distanzen nahezu konstant und unverändert bleibt. Ab einem bestimmten Punkt nimmt die Fehlerhäufigkeit innerhalb eines bestimmten Bereichs aber deutlich zu. Dieser Effekt ist auch bekannt als „brick-wall-effect“ (Ebner, 2019), vergleiche Abbildung 15.

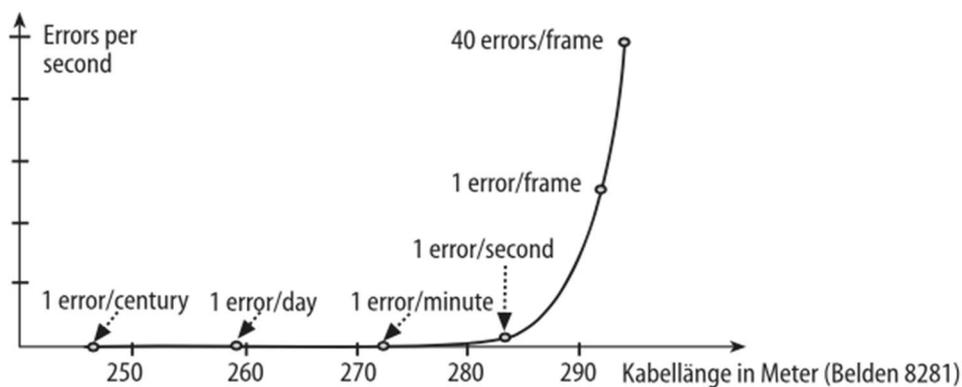


Abbildung 15 „brick-wall-effect“ SDI-Signal
Quelle: (Schmidt, 2013, S. 147)

Ein weiterer Vorteil von SDI ist das Einbetten von digitalen Audiosignalen in den Datenstrom. Dieser Vorgang wird als Embedded Audio bezeichnet. Dabei ist es für die Synchronität entscheidend die Audiosignale zum richtigen Zeitpunkt ist das Signal einzutasten. Dieser Aufwand lohnt sich aber gerade bei der Übertragung von Audio- und Videosignalen über eine längere Strecke (Schmidt, 2013). Embedded Audio ermöglicht die Übertragung von bis zu 16 Audiokanälen.

Die verschiedenen Varianten des SDI-Signals werden von der Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE) definiert. Zu den bekanntesten Varianten zählen die Standards in Tabelle 7.

Standard	Name	Bitrate(n)	Videoformate
SMPTE 259M	SD-SDI	270 Mbit/s	480i, 576i
SMPTE 292M	HD-SDI	1.485 Gbit/s	720p, 1080i
SMPTE 424M	3G-SDI	2.970 Gbit/s	1080p60
SMPTE ST-2081	6G-SDI	6 Gbit/s	2160p30
SMPTE ST-2082	12G-SD	12 Gbit/s	2160p60

Tabelle 7 Übersicht SMPTE-SDI-Standards
Quelle: Eigene Darstellung

4.2.2 NDI

Das Network Device Interface (NDI) ist ein lizenzfreier Standard und ermöglicht die Übertragung digitaler Audio- und Videosignale über ein Local Area Network (LAN). Die Nutzung oder Erweiterung häufig bestehender IP-Netzwerke bietet dem Anwender mehrere Vorteile. Über ein einzelnes LAN-Kabel können mehrere NDI Signale bidirektional unabhängig von Auflösung und Bildwiederholungsrate gesendet und empfangen werden. Für eine Live-Streaming-Produktion können über NDI mehrere Videosignale unterschiedlicher Quellen über ein LAN-Kabel auf einem Endgerät empfangen und bearbeitet werden, vergleiche Abbildung 16 (Newtek, 2021).



Abbildung 16 Übertragungsschema NDI
Quelle: NewTek, 2021, <https://www.ndi.tv/about-ndi/>

Die Vorteile der Übertragung von Videosignalen mit NDI über IP-Netzwerke wird im Vergleich mit SDI besonders deutlich, vergleiche Tabelle 5. Über einen 1 Gigabit-Netzwerkswitch können über eine Ethernet-Leitung bis zu sieben Full-HD-Signale (1080p, vgl. 3G-SDI) übertragen werden. Über einen 10 Gigabit-Netzwerkswitch verzehnfacht sich die Anzahl der möglichen NDI-Streams.

SDI-Beispiel	Videoformate	Mbit/s	1 Gigabit-Netzwerk
SD-SDI	480i, 576i	20	45 Streams
HD-SDI	720p, 1080i	92	8 Streams
3G-SDI	1080p60	125	7 Streams
6G-SDI	2160p30	250	3 Streams
12G-SD	2160p60	350	2 Streams

Tabelle 8 Vergleich SDI und NDI

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an (NewTek, 2021)

Für den Transport von mehreren Video-Streams über ein IP-Netzwerk müssen die Videosignale komprimiert werden. Der NDI Codec verwendet eine DCT (8x8 Blöcke) und ist darauf ausgelegt Videoinhalte schnellstmöglich zu komprimieren. Eine höhere Kompression erreichen NDI HX (H.264) und NDI HX2 (H.264/HEVC), zeigen aber trotz der effizienteren Videocodecs nicht mit allen Bildinhalten eine akzeptable Qualität (BET, 2021).

Zu den Vorteilen der bidirektionalen Übertragung von Audio- und Videosignalen beinhaltet NDI wichtige nützliche Funktionen. Über das NDI Protokoll können beispielsweise Intercom-Signale für die Kommunikation der Technik, die Kennzeichnung der jeweils aktiven Kamera über Aufnahmelichter (Tally-Signal) oder die Steuerungsbefehle von Schwenk-Neige-Zoom-Kameras (PTZ-Kamera) übertragen werden. Kosten und Aufwand für eine Streaming-Veranstaltung können somit deutlich reduziert werden.

Der größte Vorteil von NDI, die Übertragung von Audio- und Video-Signalen über IP-Netzwerke, ist gleichzeitig der größte Nachteil. Zum einen führt die Kompression der Medieninhalten zu einem Qualitätsverlust (vgl. Irrelevanzreduktion) und einer spürbaren Latenz der Videosignale. Zusätzlich sind Veranstaltung und Produktion abhängig von der Stabilität des Netzwerks.

4.3 Übertragungssysteme in der Distribution

4.3.1 TCP/IP-Referenzmodell

Die Übertragung von Audio- und Videomedien über das Internet ist eine große technische Herausforderung. Damit unterschiedliche Geräte und Anwendungen über das Internet effizient miteinander kommunizieren können müssen die eingesetzten Protokolle einem gemeinsamen Grundschema folgen. Die Basis für die Internetkommunikation heute bildet das TCP/IP-Referenzmodell (Meinel & Sack, 2012). Die vier Schichten des TCP/IP-Modells sind in Abbildung 17 dargestellt. Darin bauen die Protokolle der Anwendungs-, Internet-, Transport- und Anwendungsschicht aufeinander auf.

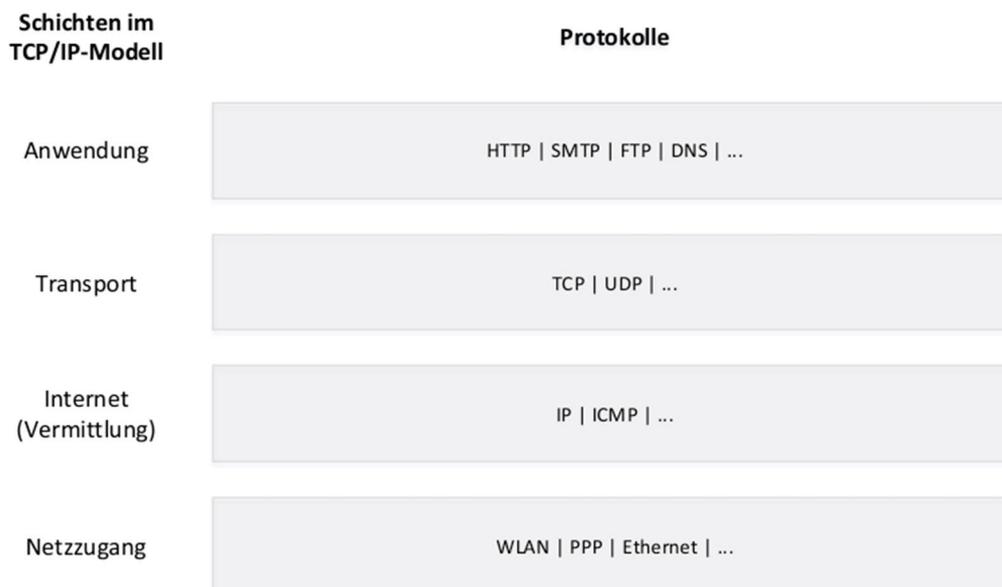


Abbildung 17 Schichten und Protokolle im TCP/IP-Modell
Quelle: (Wirz, 2019, S. 24)

Der Transport eines kontinuierlichen Datenstroms einer Streaming-Media-Anwendung erfolgt mit speziell dafür vorgesehenen, echtzeitfähigen Protokollen. Entsprechend ihrer Eigenschaften können die Protokolle in unterschiedliche Typen aufgeteilt werden (Meinel & Sack, 2012):

- Transportprotokolle, z.B. Real-Time Transport Protocol (RTP)
- Monitoringprotolle, z.B. Real-Time Transport Control Protocol (RTCP)
- Kontroll- und Steuerungsprotokolle, z.B. Real-Time Streaming Protocol (RTSP)

Die Protokolle setzen auf der Transportschicht auf und nutzen TCP (Transmission Control Protocol), UDP (User Data Protocol) oder eine Kombination aus den beiden Protokollen.

TCP

TCP ist das am häufigsten genutzte Transport-Protokoll und wird der Transportschicht zugeordnet und setzt auf der IP-Vermittlungsschicht auf. TCP/IP ist ein verbindungsorientiertes Transportprotokoll. Zwischen Server und Client wird eine bidirektionale Verbindung aufgebaut, die das Senden und Empfangen von Daten ermöglicht. TCP nutzt für jede Übertragungsrichtung einen eigenen Datenstrom. Das Protokoll teilt den kontinuierlichen Streaming-Media-Datenstrom in einzelne sequenzierte Pakete (Chunks). Dieser Aufbau ermöglicht dem Protokoll sicherzustellen, dass alle Pakete übertragen wurden und können ggf. erneut angefordert werden (Plenk, 2017).

UDP

Das User Datagram Protocol (UDP) sendet im Vergleich zu TCP die Datenpakete in einem Datenstrom, ohne diese auf Vollständigkeit zu prüfen. UDP arbeitet im Vergleich zum TCP verbindungslos und ohne Kontrollmechanismus bei der Paketübertragung. Größere Verarbeitungs- und Wartezeiten können durch die fehlenden Kontrollmechanismen verhindert werden (Chantelau & Brothuhn, 2010). Da beim Streaming die Übertragungsgeschwindigkeit eine höhere Priorität hat als die Vollständigkeit, basieren viele der verwendeten Transportprotokolle auf UDP (Ballmann, 2012). Es ist besser Pakete zu verlieren, anstatt Sie mit einer zeitlichen Verzögerung erneut zu übertragen.

Verkehrsarten

Für die Übertragung der Daten nutzen UDP und TCP die unterschiedliche Kommunikationsbeziehungen unicast, multicast und broadcast- vergleiche Abbildung 18.

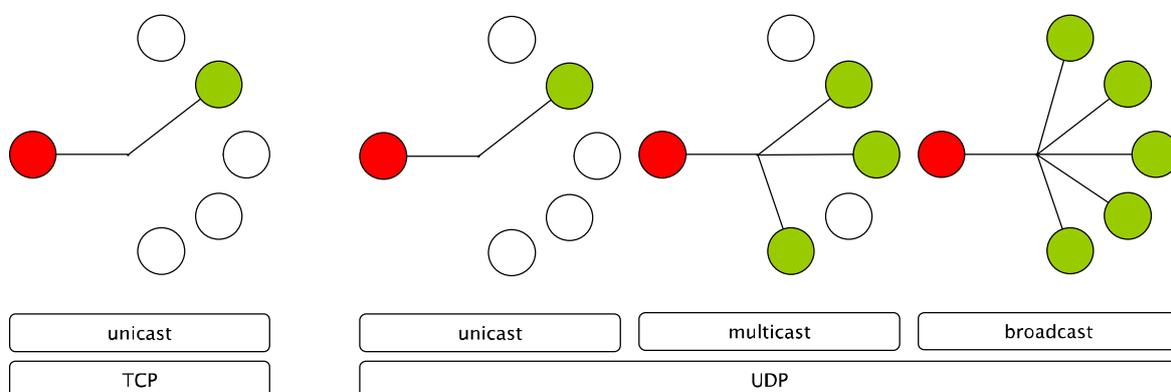


Abbildung 18 Kommunikationsbeziehungen von UDP und TCP im Vergleich
 Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Microchip Technology, 03.03.2021;
 URL: <https://microchipdeveloper.com/tcpip:tcp-vs-udp>

4.3.2 Protokolle

RTP/RTCP

RTP wurde für die Übertragung von audiovisuellen Daten (Streams) über IP-basierte Netzwerke entwickelt und überträgt das Signal für die meisten Anwendungen über UDP. Da UDP keine Sequenznummer für die richtige Anordnung der Pakete vergibt, werden in den Headern der RTP-Pakete Time Stamps und Sequenznummern mit übertragen. Zusätzlich beinhaltet der Header Information über den Sender und den Codec der komprimierten Daten (Chantelau & Brothuhn, 2010). Der Empfänger, der Mediaplayer, sortiert die Pakete und legt sie, bevor sie abgespielt werden, temporär in einem Buffer ab. Fehlende Pakete werden ignoriert (Robinson, 2017). Allerdings gilt das RTP-Transportprotokoll als nicht zuverlässig, da die Pakete häufig von den Sicherheitssystemen in privaten Netzwerken geblockt werden (Barz & Basset, 2016). RTCP basiert auf der gesicherten Übertragung TCP und dient der Überwachung des Echtzeittransportstroms. RTCP ermöglicht den Austausch von Informationen der Streaming-Daten und der zur Verfügung stehenden Bandbreite.

RTSP

Das Real Time Streaming Protocol (RTSP) kann über UDP und TCP übertragen werden. RTSP ist ein Internet-Protokoll für Player-Steuerung und Bedienung (Lohr, 2020). Zur Vermeidung der Schwierigkeiten mit dem Sicherheitssystem wird RTSP in der Regel über TCP übertragen und ermöglicht innerhalb der empfangen Daten zu navigieren.

RTMP

Das Real Time Messaging Protocol (RTMP) ist ein proprietäres Netzwerkprotokoll von Adobe für die Übertragung von Audio-, Video und sonstigen Daten über das Internet. Die Standard Version nutzt das TCP Modell und ist für die Übertragung zwischen einem Medien-Server und einem Flash-Player ausgelegt. Obwohl Adobe, den Support für den Flash-Player im Dezember 2020 eingestellt hat, wird das RTMP Protokoll auch in Zukunft eine wichtige Rolle bei der Übertragung einnehmen (Wowza, 2021). Der Prozess der Übertragung an einen Server wird auch als RTMP Ingest bezeichnet. Für die Übertragung an ein CDN werden folgende Informationen benötigt: RTMP Server URL, RTMP Stream Key, RTMP Login/Nutzer und RTMP Passwort (Heber, 2020). Im Vergleich zum RTP Protokoll ermöglicht RTMP die gleichzeitige Übertragung mehrerer Datentypen durch das Multiplexverfahren (Chantelau & Brothuhn, 2010). Ein weiteres proprietäres Protokoll ist das Microsoft Media Server (MMS) Protokoll für die Übertragung multimedialer Streaming-Anwendungen (Meinel & Sack, 2012).

SRT

Das Secure Reliable Transport (SRT) Protokoll ist ein von Haivision entwickeltes Open-Source- Protokoll. SRT basiert auf UDP und bietet eine hohe Sicherheit bei einer kurzen Latenzzeit (FILM & TV KAMERA, 2021). Die empfangenen Daten werden auf der Empfänger-Seite in einem Buffer sortiert und auf Vollständigkeit geprüft. Fehlen einzelne Pakete werden diese beim Sender erneut angefragt und anschließend gesendet. Dieser Prozess wird als Automatic Repeat reQuest (ARQ) bezeichnet (Haivision, 2021). Im Vergleich zu RTMP erzielt SRT eine größere Bandbreite bei einer geringeren Latenz (Haivision, 2021).

HTTP

Das Hypertext Transfer Protocol (HTTP) ist ein zustandloses Protokoll für die Übertragung von Daten vom und zu einem Server. Die Darstellung von Webseiten dagegen basiert auf dem Dateiformat HTML (Hypertext Markup Language). HTTP basiert als allgemeines Datenprotokoll auf TCP und hat im Vergleich zu anderen Transportprotokollen den Vorteil von nahezu allen Sicherheitssystemen, die im Netzwerkbereich eingesetzt werden, erkannt zu werden. (Plenk, 2017) Ein weiterer wichtiger Vorteil von HTTP ist das Bereitstellen mehrerer Qualitätsstufen, vergleiche Abschnitt 4.3.4 Adaptive Streaming. Die Abbildung 19 zeigt die genannten Protokolle auf den jeweiligen Transportschichten.

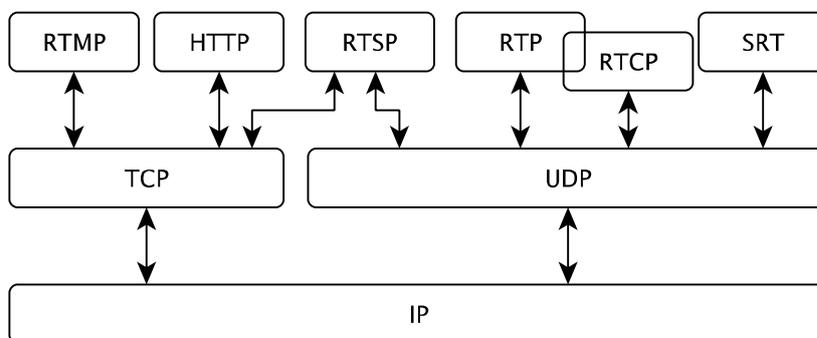


Abbildung 19 Echtzeitfähige Protokolle

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an (Meinel & Sack, 2012, S. 849)

4.3.3 QoS & QoE

Die Übertragung von Audio- und Videodaten im Streaming muss in einer Qualität erfolgen, die den Nutzer zufriedenstellt. Diese Qualität wird auch als Quality of Experience (QoE) genannt (Barz & Basset, 2016). Eine Möglichkeit die QoE sicherzustellen ist die Bemessung der Leistungskenngrößen in Netzwerken durch die Dienstgüte bzw. Quality of Service (QoS). QoS beinhaltet die Eigenschaften eines Kommunikationsnetzwerkes bezüglich der für einen bestimmten Netzwerkdienst erbrachten Leistungen (Meinel & Sack, 2009). Die wichtigsten Eigenschaften von QoS und QoE werden in der Tabelle 9 dargestellt.

QoS	QoE
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchsatz ▪ Übertragungsverzögerung ▪ Paketverluste ▪ Datenrate ▪ Puffergröße ▪ Steuerungsoptionen ▪ Rechenleistung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Initiale Wartezeit ▪ Unterbrechungsfreie Wiedergabe ▪ Möglichkeiten zur Steuerung der Wiedergabe ▪ Qualität und Auflösung ▪ Synchronisation der Streams ▪ Mobilität der Dienste

Tabelle 9 Eigenschaften von QoS und QoE

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an (Zschorlich, 2017, S. 20)

Besonders relevant für Streaming-Anwendungen sind in diesem Zusammenhang die großen Schwankungen des Datendurchsatzes über das Internet. Um eine hohe Qualität von Streaming-Anwendungen zu gewährleisten, wären Netze sinnvoll, die in ihrer Dienstgüte eine minimale Bandbreite sicherstellen. Da diese Anforderung bei der Übertragung über das Internet nicht umgesetzt werden kann, wurden dazu spezielle Protokolle entwickelt. Zu den eingesetzten Verfahren für die Bandbreitenreservierung zählt das Resource Reservation Protocol (RSVP). Zusätzlich werden Verfahren eingesetzt, die Datenpakete mit unterschiedlichen Prioritäten übertragen können. Dabei werden Videopakete im Vergleich zu Audiopaketen mit einer niedrigeren Priorität übertragen, da Bildaussetzer nicht so störend empfunden werden wie ein unterbrochenes Audiosignal (Chantelau & Brothuhn, 2010).

4.3.4 Adaptive Streaming

Streaming-Dienste haben in den letzten Jahren einen erheblichen Teil des gesamten Internetverkehrs eingenommen. Durch die Weiterentwicklung von WiFi und 5G-Technologien spielen mobile Endgeräte eine große Rolle für die wachsende Beliebtheit (Xue, Zhang, Yan, & Cai, 2018). Die QoE ist ein entscheidender Faktor für die Bewertung der Akzeptanz des Dienstes durch den Endnutzer. Dabei stellen die oben genannten Schwankungen des Datendurchsatzes neben der Bereitstellung unterschiedlicher Auflösungs- und Bildformate Streamingdienst-Anbieter vor Herausforderungen. Ein Ansatz diese Probleme zu lösen ist Adaptive Bitrate Streaming (ABR). ABR passt den Datenstrom an die aktuell zur Verfügung stehende Bandbreite zwischen Client und Server automatisch an (Dacast, 2021). Dazu werden mehrere Qualitätsstufen mit höherer und niedriger Qualität für unterschiedliche Endgeräte und deren Videoformate gleichzeitig bereitgestellt. Die meisten ABR-Verfahren basieren auf dem HTTP- Protokoll und sind sich in ihrer grundlegenden Struktur ähnlich (Barz & Basset, 2016). Zu den bekanntesten adaptiven HTTP-Protokollen zählen aktuell:

- Apple HLS (HTTP Live Streaming)
- MPEG DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP)
- Microsoft Smooth Streaming (MSS)
- Adobe HDS (HTTP Dynamic Streaming)

Damit die QoE gewährleistet werden kann, muss ein einzelner eingehender Input-Stream in mehrere ausgehende Output-Streams gewandelt bzw. transcodiert werden. Als Überbegriff bezeichnet Transcoding dabei die Verfahren (Wowza, 2021):

- Transcoding
Umwandeln der eingehenden kodierten Signale.
- Transrating
Anpassen der Bitrate an die verfügbare Bandbreite und Rechenleistung des Wiedergabegerätes
- Transsizing
Anpassen der Videoauflösung

Das Transcoding findet im CDN bzw. OVP statt.

Die Abbildung 20 zeigt eine vereinfachte Struktur für einen Transcoding-Prozess.

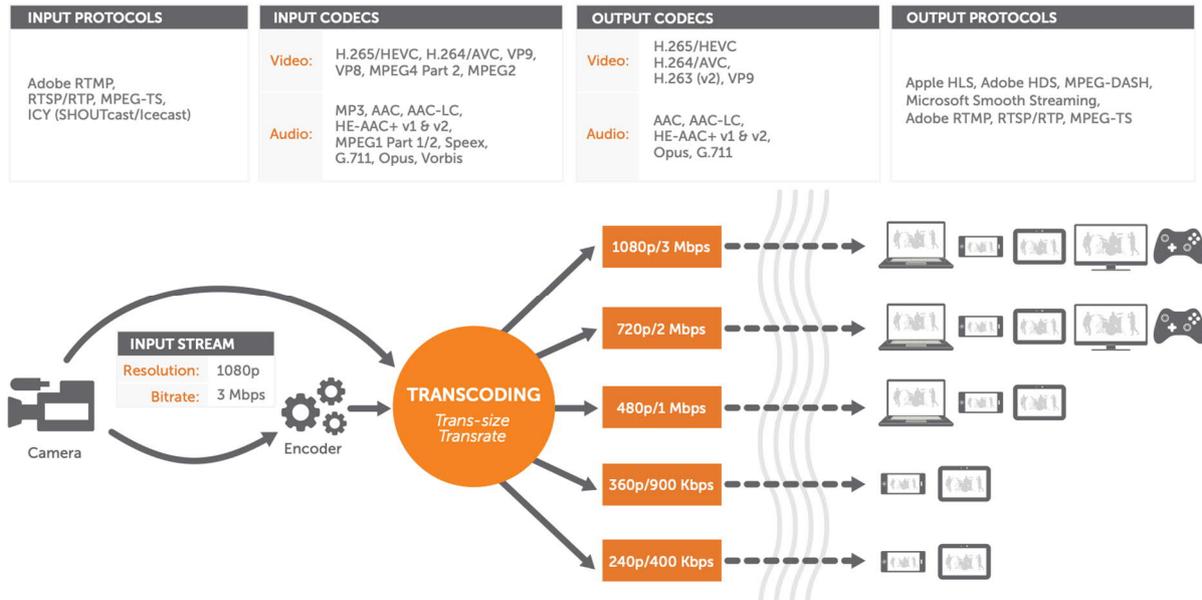


Abbildung 20 Der Transcoding-Prozess

Quelle: Wowza Media Systems, 26.02.21, URL: <https://www.wowza.com/uploads/images/Wowza-Tech-Brief-Transcoding-and-Its-Impact.pdf>

Wie bereits in der Abbildung 20 zu erkennen kommen in der Übertragungskette unterschiedliche In- und Output-Protokolle zu Einsatz. Im Streaming werden diese Protokolle in die Bereiche „First Mile“ und „Last Mile“ eingeordnet, vergleiche Abbildung 21. Die „First Mile“ verwendet zum Einspeisen des encodierten Signals in Internet echtzeitfähige Protokolle. Die „Last Mile“ nutzt, für die gleichzeitige Bereitstellung mehrerer Qualitätsstufen, meist HTTP-basierte Protokolle.

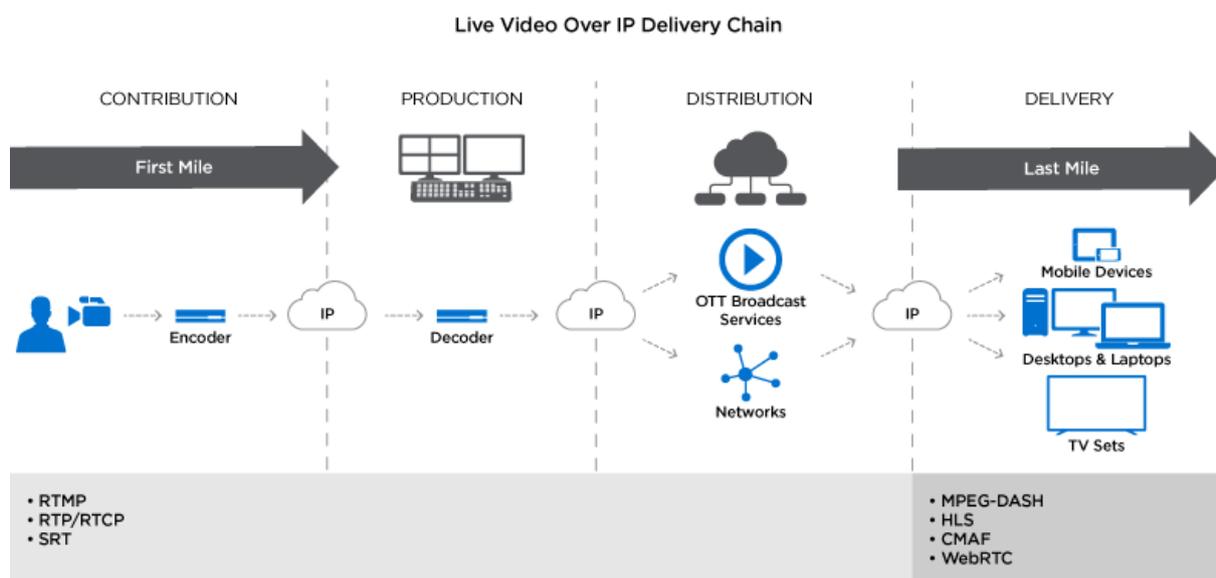


Abbildung 21 "First Mile" und "Last Mile" in einer Streaming-Übertragungskette

Quelle: Haivision, 26.02.2021, URL: <https://www.haivision.com/blog/all/video-encoding-basics-live-video-streaming-protocols/>

4.3.5 Content Delivery Content

Ein Content Delivery Network oder Content Distribution Network (CDN) definiert eine Auswahl mehrerer geographisch getrennter Server, die die Übertragung von Medieninhalten mit einer hohen Qualität und Zuverlässigkeit sicherstellen (Barz & Basset, 2016). CDN werden speziell bei der Bereitstellung von großen Medieninhalten für ein Massenpublikum, z.B. bei Live- und On-Demand-Streaming, notwendig. Durch die Verringerung der physischen Distanz von Client und Server können die Inhalte ohne größere Verzögerungen bereitgestellt werden. Ohne den Einsatz eines CDN muss der Ursprungsserver (engl. Origin-Server) alle Endnutzeranfragen verarbeiten. Das führt zu einem hohen Datenverkehr und somit zu einer hohen Belastung der Server (Akamai, 2021). Grundlage für CDN ist der Caching-Prozess. Caching erstellt mehrere Kopien der Daten, z.B. Medieninhalte, und verteilt diese an verschiedene Server der gewünschten Region (D'Oliveiro, 2019). Der User kann die Inhalte also immer von dem Server abrufen, welcher im geographisch am nächsten ist. Diese Server am „Rand“ des CDN werden auch als Edge-Server bezeichnet.

Die Übertragungsart in CDN-Netzwerken wird typischerweise in direct oder Peer-to-Peer unterschieden, vergleiche Abbildung 22. Die Übertragungsarten sind für die unterschiedlichen Streaming-Kategorien entscheidend. So müssen CDN Netzwerke speziell bei Live-Übertragungen die Inhalte möglichst schnell an die Edge-Server übertragen können und die Übertragungswege für den Einzelfall optimal konfigurieren (Barz & Basset, 2016).

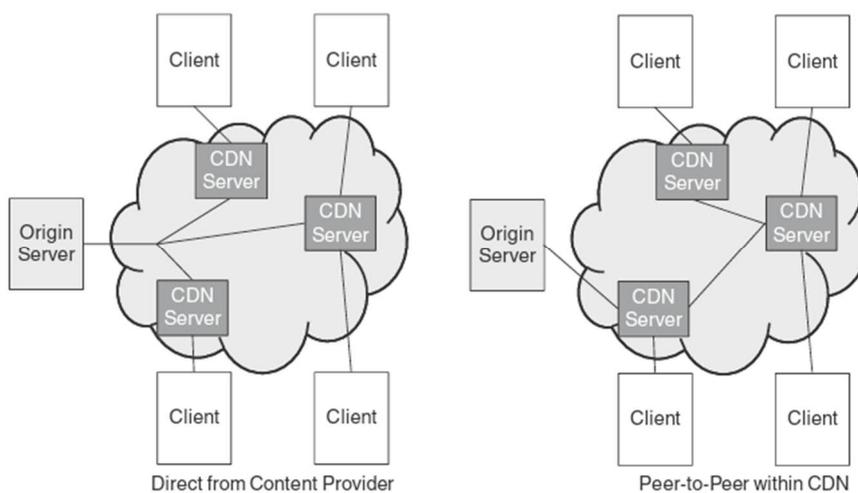


Abbildung 22 Übertragungsarten in einem CDN
Quelle: (Barz & Basset, 2016, S. 239)

4.3.6 Streaming-Plattformen

Bei der Live-Übertragung über ein CDN kann der Anwender zwischen kostenlosen und kostenpflichtigen Streaming-Plattformen unterscheiden. Bei der Wahl spielen neben Publikum, Zielgruppe und individuelle Anforderungen eine wichtige Rolle. Zu den beliebtesten kostenlosen Streaming-Plattformen zählen YouTube, Twitch und Facebook. Die wichtigsten Vor- und Nachteile werden in Tabelle 10 dargestellt.

	Vorteile	Nachteile
Twitch	<ul style="list-style-type: none"> ▪ stark wachsende Nutzerbasis mit definierter Zielgruppe ▪ Einbettung auf der eigenen Website ▪ Interaktiver Chat ▪ Videos können im Anschluss on-Demand abgerufen werden 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ stark eingeschränkte Zielgruppe ▪ Fokus auf Gaming und Influencer ▪ Geringere Reichweite ▪ Keine Monetarisierung ▪ Kein Support
YouTube	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Große Nutzerbasis ▪ Viele Einstellungsmöglichkeiten ▪ Planung von Events und Aufnahmen ▪ Einbettung auf der eigenen Website ▪ Einnahmen durch Werbung möglich ▪ Vermarktung durch Google ▪ 360°-Videos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zuverlässigkeit- YouTube kann den Stream beenden ▪ Kein Support ▪ Zu viele Einstellungsmöglichkeiten für spontane Streams
Facebook	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Große Nutzerbasis ▪ Video steht in der eigenen Timeline später zur Verfügung ▪ Hohe Reichweite ▪ Zielgruppe können über Facebook-Gruppen festgelegt werden 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Häufig schlechte Qualität und technische Probleme ▪ Reichweite abhängig von Interaktion ▪ Kein Support

Tabelle 10 Vergleich kostenloser Streaming-Plattformen

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an (Mainfilm Filmproduktion, 2021)

Über kostenlose Multistream-Anbieter wie z.B. Restream können Streams gleichzeitig an mehrere Anbieter gesendet werden.

Aufgrund der genannten Nachteile kostenloser Streaming-Plattformen werden im professionellen Streaming häufig kostenpflichtige Plattformen wie z.B. Dacast, Wowza oder Ustream eingesetzt (Livestreaming Service München, 2021). Diese bieten neben einer hohen Qualität und Zuverlässigkeit viele zusätzliche Funktionen. Dazu zählen:

- Integrierte Chat-Funktionen
- Umfragen und Abstimmungen
- Passwortschutz
- Support
- Multistreaming
- Aufzeichnungsfunktionen
- Monetisierung
- Publikumsanalysen

5 Hard- und Software-Encoder im Vergleich

Streaming-Encoder erfüllen neben der Funktion der Codierung auch die Funktion der Datenübertragung auf einen Server bzw. CDN und können in Hardware- und Software-Lösungen unterschieden werden.

Software-Encoder sind Programme und können auf Computern, die bereits vorhanden sind, installiert werden. Sie bieten in der Regel die grundlegenden Funktionen eines Bildmischers. Dazu zählen beispielsweise Bild-in-Bild-Funktionen, Logo-Einblendungen und Überblendungseffekte zwischen unterschiedlichen Quellen. Für den Anschluss externer HDMI- oder SDI-Quellen werden die vorhandenen Rechner häufig mit Capture-Karten bestückt. Häufig bieten Software-Encoder im Vergleich zu Hardware-Encodern genauere Einstellungsmöglichkeiten (Heber, 2020).

Hardware-Encoder sind einzelne Geräte, welche nur die Aufgabe erfüllen das Videosignal zu codieren und über das Internet zu übertragen. Hardware-Encoder arbeiten im Vergleich zu Software-Encodern unabhängig von der Rechenleistung der Computer und sind dadurch zuverlässiger und weniger anfällig für Störungen. Einmal konfiguriert arbeitet das Gerät auf Knopfdruck. Allerdings ist die Leistungsfähigkeit von günstigen Hardware-Encoder nicht immer auf dem Niveau eines Software-Encoders auf einem leistungsfähigen Computer. Dies ist bei ruhigeren Bildinhalten nicht relevant, führt aber bei schnellen Bildinhalten zu einer schlechten Darstellung (Video-Stream-Hosting, 2021).

Die wichtigsten Eigenschaften von Hard- und Software-Encoder werden in Tabelle 11 dargestellt.

	Hardware Encoder	Software Encoder
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Große Leistung und Zuverlässigkeit ▪ Hohe Encoding-Geschwindigkeit und geringe Latenz 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Günstig und flexibel ▪ Anpassbarkeit ▪ Bildmischer meist enthalten
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kein Bildmischer ▪ Updates an die Hardware gebunden ▪ Teuer in der Anschaffung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Höhere Latenz, geringere Encoding-Geschwindigkeit ▪ Abhängig von der Rechenleistung des Computers ▪ Schnittstellen müssen mit Capture-Karten ergänzt werden

Tabelle 11 Vor- und Nachteile Hard- und Software Encoder im Vergleich
Quelle: Eigene Darstellung

Im Folgenden werden die gewählten Hard- und Software-Lösungen für die Aufgaben für das Lehr- und Laborprojekt vorgestellt.

5.1 Hardware-Encoder

In den letzten Monaten ist der Atem Mini Pro (ISO) von Blackmagic Design zu einem der gefragtesten Streaming-Encoder geworden. Der Atem Mini Pro kombiniert die Eigenschaften eines Bildmischers und eines Encoders (Video-Stream-Hosting, 2021).

Ohne große Vorkenntnisse und mit einem geringen Konfigurationsaufwand ermöglicht das Gerät einen Stream live zu übertragen. Gleichzeitig bietet der Atem Mini die Möglichkeit viele weitere Optionen für anspruchsvollere Aufgaben (Herberts, 2020). Zu den wichtigsten Eigenschaften des Atem Mini Pro zur Durchführung der Übungen zählen:

- Grundfunktionen eines Bildmischers
z.B. Bild-in-Bild-Funktionen, Chromakeying, Up- und Downstream Key
- Ausgabe eines Live-Streams via RTMP
- Webcam-Funktion für Videokonferenzen
- Einrichten eines Fallback-Systems via LTE
- Programmieren von Steuerungsbefehlen (Makro)

5.2 Software-Encoder

5.2.1 OBS

Open Broadcaster Software (OBS) ist eine kostenlose Open-Source-Software für Videoaufnahmen und Live-Streaming. Neben den Grundfunktionen eines Bildmischers können in OBS Plugins installiert werden, die weitere Funktionen ermöglichen. Ein beliebtes Plugin unterstützt die Bearbeitung von NDI Signalen. Das Plugin VirtualCam ermöglicht die Audio- und Videosignale in OBS an eine virtuelle Webcam zu senden, die z.B. in Videokonferenzprogrammen wie Zoom eingebunden werden können. (Richards, 2019). Zu den wichtigsten Eigenschaften von OBS für die Durchführung einer Übung zählt:

- Grundfunktionen eines Bildmischers
z.B. Bild-in-Bild-Funktionen, Chromakeying, Bauchbinden
- Einbinden zusätzlicher Funktionen durch Plugins
z.B. NDI und VirtualCam
- Genaue Einstellungsmöglichkeiten des Video-Streams
z.B. Bitratecodierung sowie Audio- und Videocodecs

5.2.2 vMix

Das Produkt vMix ist eine professionelle und kostenpflichtige Live-Streaming-Software. Neben den Grundfunktionen eines Bildmischers bietet vMix viele nützliche Funktionen. Dazu zählt neben der Option den Ausgabe-Stream parallel an mehrere Server zu senden zusätzlich die Möglichkeit, bis zu 8 Remote-Gäste über vMix Call in den Stream miteinzubinden (vMix, 2021). Zu den wichtigsten Eigenschaften für die Durchführung der Übungen zählen:

- Grundfunktionen eines Bildmischers
z.B. Bild-in-Bild-Funktionen, Bauchbinden und Übergänge
- Empfangen und senden von NDI Quellen
- Genaue Einstellungsmöglichkeiten des Video-Streams
z.B. Bitratecodierung und Audio- und Videocodecs
- vMix-Call für bis zu 8 Remote-Gästen
- Erstellen eines Multi-View-Input
- Virtuelle Sets für Chromakey-Verfahren

5.3 Messtechnik

Die Qualität des Streaming-Signals ist abhängig von einer guten und strukturierten Planung der eingesetzten Technik. Virtuelle und digitale Veranstaltungen sind ebenso wie klassische Präsenzveranstaltungen nur dann ein Erfolg, wenn die geplante und eingesetzte Ton-, Licht- und Videotechnik den Anforderungen entspricht. Für die Aufzeichnung oder Streaming von Bewegtbildern kommen unterschiedlichste Kameratypen zum Einsatz. Eine Unterscheidung zwischen Consumer und Profibereich kann nicht allein durch die Bildqualität getroffen werden, da auch günstigere Webcam- oder Camcorder-Modelle verwendbare Auflösungs- und Bildfrequenzwerten liefern (Richards, 2019). Eine Möglichkeit die Signalqualität des Videosignals technisch zu beurteilen bieten Video-Scopes (Blackmagic Design, 2021). Video-Scopes prüfen zuverlässig unabhängig der Einstellungen des angeschlossenen Monitors und des Augenmaßes. Zu den beliebtesten Video-Scopes zählen das Waveform-Monitoring und das Vektorskop. Die Waveform-Anzeige stellt die Helligkeit in dem Videosignal mit einer digital kodierten Wellenform dar. Dabei werden dunkle Werte unten und die hellen Werte oben dargestellt. So lassen sich Bildbereiche erkennen, die möglicherweise zu hell oder dunkel dargestellt werden (Movie-College, 2021). Die Waveform-Anzeige ermöglicht zum Beispiel die gleichmäßige Ausleuchtung eines Greenscreens (epiphan, 2021). Im Vektorskop wird Farbe als Kreis dargestellt, darin geben die unterschiedlichen Richtungen die unterschiedlichen Farbanteile wieder. Die Auslenkung vom Zentrum des Kreises zeigt den Sättigungsgrad der Farben an. Diese Darstellung ermöglicht z.B. die Farbinformationen unterschiedlicher Kameras aufeinander abzustimmen (Movie-College, 2021). Die Abbildung 23 zeigt die Waveform-Anzeige, das Vektorskop wird in Abbildung 24 dargestellt.

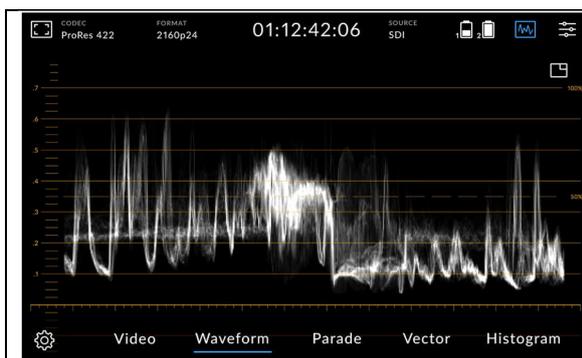


Abbildung 23 Waveform-Monitoring
Quelle: (Blackmagic Design, 2021)



Abbildung 24 Vektorskop
Quelle: (Blackmagic Design, 2021)

6 Schlussbemerkung und Aufgabenstruktur

Die Umsetzung digitaler Veranstaltungen hat in der Coronapandemie sehr stark an Bedeutung gewonnen. Die Übertragung von Veranstaltungen über das Internet kann dabei ausschließlich unter der Verwendung von hard- und softwarebasierten Streaming-Encodern realisiert werden. Für die Planung und Umsetzung zukünftiger Veranstaltungen Vor- und Nachteile abwägen und entscheiden welches System sich für die Veranstaltung am besten eignet. Dazu sind auch grundlegende Kenntnisse der Prozesse in einer Streaming-Übertragungskette notwendig.

Auf der Grundlage dieser Arbeit wurden für das Lehr- und Laborprojekt „AV-Streaming-Veranstaltungen“ für den Vergleich von hard- und softwarebasierten Streaming-Encodern Aufgaben erarbeitet. Die Aufgaben sind mit einem steigenden Schwierigkeitsgrad aufgebaut und sind als Gruppenarbeiten ausgelegt. Die Gruppenstruktur wurde bewusst gewählt, sodass die Studierenden in den Übungen die Zusammenarbeit der unterschiedlichen technischen Gewerke Ton, Licht und Video praxisnah proben können. Die Gruppengrößen und Strukturen können individuell angepasst werden und die einzelnen technischen Gewerke können z.B. von zwei oder mehreren Studierenden durchgeführt werden. Auch die anderen Rollen in den Übungen, wie z.B. Künstler, Referenten und Moderatoren können von Studierenden übernommen werden. Diese Struktur könnte krankheitsbedingten Ausfällen vorbeugen und unterschiedliche Vorkenntnisse ausgleichen. Veranstaltungen sind einmalige Ereignisse, welche nur dann erfolgreich umgesetzt werden können, wenn die einzelnen Gewerke als Team zusammenarbeiten. In den Übungen erhalten die Studierenden neben neuen streaming-spezifischen Anforderungen auch die Möglichkeit ihre Kenntnisse in Ton- und Lichttechnik weiter zu vertiefen und in den Übungen praxisnah anzuwenden. Für die Umsetzung eines professionellen Streaming-Setups bietet das Lichtstudio des Fachbereichs VIII der Beuth Hochschule für Berlin sehr gute Voraussetzungen. Die Labormitarbeiter im Lichtstudio können die Studierenden bei der Umsetzung Projekte unterstützen.

Für die Durchführung beinhalten die Aufgaben folgende Elemente:

Aufgabenstellung:

Die Aufgabenstellung fasst die Anforderungen der Veranstaltungen und die Lernziele der Übung zusammen.

Zeitplan:

Der Zeitplan gliedert den zeitlichen Ablauf in klar definierte Phasen. Die Studierenden können in den Übungen ihre Fortschritte überprüfen und zeitlich einordnen.

Materialliste:

Geräte und Material für die Übungen werden von der Hochschule gestellt. Ausgabe und Zustand wird in den Materiallisten dokumentiert. Die Materiallisten werden zu Beginn der Übungen in Verbindung der Signallaufpläne von den Studierenden auf Vollständigkeit überprüft.

Signalplan:

Der Signallaufplan ist eine zusammenhängende Darstellung der Audio- und Videosignale für ein Live-Streaming-Setup einer Veranstaltung für die Umsetzung der Streaming-Anforderungen.

Regieplan:

Im Regieplan werden die Aufgaben für die technischen Gewerke zusammengefasst und abgebildet. Neben den Programmpunkten bzw. dem allgemeinen Ablauf der Veranstaltung, strukturiert der Regieplan gezielt den inhaltlichen Ablauf der Veranstaltung.

Handbuch

Das Handbuch ist eine Sammlung der Manuals (Bedieungsanleitungen) und dient der Umsetzung der Aufgaben und ermöglicht den Studierenden die medientechnische Einrichtung der Geräte und Programme.

Die Pläne der Aufgaben werden zusammen mit der Bachelorarbeit eingereicht.

Literaturverzeichnis

- AGF Videoforschung. (03. 03 2021). Von https://www.agf.de/fileadmin/agf/bewegtbildforschung/AGF_PM_TV-Plattform_2020-II_Charts.pdf abgerufen
- Akamai. (14. 02 2021). Von <https://www.akamai.com/de/de/cdn/what-is-a-cdn.jsp> abgerufen
- Bühler, P., Schlaich, P., & Sinner, D. (2018). *AV-Medien: Filmgestaltung – Audiotechnik – Videotechnik*. Berlin: Springer-Verlag GmbH.
- Ballmann, B. (2012). *Network Hacks – Intensivkurs*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Barz, H. W., & Basset, G. A. (2016). *Multimedia Networks: Protocols, Design and Applications*. Chichester: John Wiley and Sons Ltd.
- BET. (05. 03 2021). Von <https://www.bet.de/lexikon/ndi/> abgerufen
- Bitkom e.V. (2020). *Die Zukunft der Consumer Technology - 2020*. (Bitkom e.V. , Hrsg.) Berlin.
- Blackmagic Design. (07. 03 2021). Von <https://www.blackmagicdesign.com/de/products/blackmagicvideoassist/scopes> abgerufen
- BoxCast. (02. 03 2021). Von <https://www.boxcast.com/blog/hevc-h.265-vs.-h.264-avc-whats-the-difference> abgerufen
- Buschle, C., & Meyer, N. (2020). Soziale Arbeit im Ausnahmezustand?! Professionstheoretische Forschungsnotizen zur Corona-Pandemie.
- Chantelau, K., & Brothuhn, R. (2010). *Multimediale Client-Server-Systeme*. Berlin: Springer Verlag.
- Dacast. (06. 03 2021). Von <https://www.dacast.com/blog/adaptive-bitrate-streaming/> abgerufen
- D'Oliveiro, M. (2019). *The Streaming Media Guide: How to Successfully Integrate Streaming Media Into Your Communications Strategy*. Routledge.
- DSLWEB. (04. 03 2021). Von <https://www.dslweb.de/dsl-geschwindigkeit.php> abgerufen
- Ebner, M. (2019). *Live-Videotechnik: Projektion, Streaming, Aufzeichnungen, 2. Auflage 2019*. (DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Hrsg.) Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- epiphan. (07. 03 2021). Von <https://www.epiphan.com/blog/how-to-use-portable-video-scopes-to-enhance-your-live-production/> abgerufen
- FILM & TV KAMERA. (07. 03 2021). Von <https://www.filmundtvkamera.de/about/> abgerufen
- FILM & TV KAMERA. (07. 03 2021). Von <https://www.filmundtvkamera.de/impresum/> abgerufen

- Fischer, W. (2016). *Digitale Fernseh- und Hörfunktechnik in Theorie und Praxis*, 4. Auflage. München: Springer-Verlag.
- Freyer, U. (2017). *Nachrichten- Übertragungstechnik: Grundlagen, Komponenten, Verfahren und Anwendungen der Informations-, Kommunikations- und Medientechnik* 7. Auflage. München: Carl Hanser Verlag .
- Haivision. (26. 02 2021). Von <https://www.haivision.com/blog/all/video-encoding-basics-live-video-streaming-protocols/> abgerufen
- Haivision. (07. 03 2021). Von https://www.haivision.com/resources/white-paper/srt-versus-rtmp/?utm_medium=CTA&utm_term=RTMP+vs+SRT&utm_content=Aug+27&utm_campaign=SEO+Blog abgerufen
- Haivision. (07. 03 2021). Von <https://www.haivision.com/resources/streaming-video-definitions/arq/> abgerufen
- Haivision. (07. 03 2021). Von <https://www.haivision.com/resources/white-paper/the-essential-guide-to-low-latency-video-streaming/> abgerufen
- Hansch, P., & Renschler, C. (2012). *Emotion@Web: Emotionale Websites durch Bewegtbild und Sound-Design*. Springer Verlag Berlin-Heidelberg.
- Heber, A. (2020). Alles Streaming oder was? *Production Partner*(4), 26-44.
- Herberts, L. (2020). ATEM Mini Pro im Test. *Production Partner*(5), 32-39.
- Karrenberg, U. (2017). *Signale – Prozesse – Systeme: Eine multimediale und interaktive Einführung in die Signalverarbeitung*, 7. Auflage. Düsseldorf: Springer Verlag.
- Keller, A. (2011). *Breitbandkabel und Zugangsnetze: Technische Grundlagen und Standards; 2. Auflage*. Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Livestreaming Service München. (07. 03 2021). Von <https://stream-filmproduktion.de/livestreaming-server-und-plattformen/> abgerufen
- Lohr, J. (2020). *Vorlesungsunterlagen Streaming Anwendung*.
- Lusznat, H. A. (2020). Streaming-Hardware für alle Ansprüche. *Film & TV Kamera*(7-8), 44-51.
- Mack , S. (2002). *Streaming Media Bible*. New York: ohn Wiley & Sons Inc.
- Mainfilm Filmproduktion. (07. 03 2021). Von <https://www.mainfilm.tv/live-streaming-guide/> abgerufen
- Meinel, C., & Sack, H. (2009). *Digitale Kommunikation: Vernetzen, Multimedia, Sicherheit*. Springer Verlag Berlin- Heidelberg.
- Meinel, C., & Sack, H. (2012). *Internetworking: Technische Grundlagen und Anwendungen*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Microchip Technology. (03. 03 2021). Von <https://microchipdeveloper.com/tcpip:tcp-vs-udp> abgerufen
- Movie-College. (06. 03 2021). Von <https://www.movie-college.de/filmschule/kamera/belichtung/scopes-waveform-co> abgerufen
- Narrate. (04. 03 2021). Von <https://narrate.ch/virtuelle-events-vorteile-nachteile-und-was-gilt-es-zu-beachten/> abgerufen
- Newtek. (05. 03 2021). Von <https://233b1d13b450eb6b33b4-ac2a33202ef9b63045cbb3afca178df8.ssl.cf1.rackcdn.com/pdf/newtek-ndi-technical-brief.pdf> abgerufen
- NewTek. (01. 02 2021). *NDI*. Von <https://www.ndi.tv/about-ndi/> abgerufen
- Obermann, K., & Horneffer, M. (2013). *Datennetztechnologien für Next Generation Networks: Ethernet, IP, MPLS und andere*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH .
- Plenk, V. (2017). *Angewandte Netzwerktechnik kompakt: Dateiformate, Übertragungsprotokolle und ihre Nutzung in Java-Applikationen, 2. Auflage*. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- ProMediaNews. (20. 02 2020). *ProMediaNews*. (Event Partner) Von <https://www.promedianews.de/business/fortfuehrung-der-corona-studie-veranstaltungsmarkt-erneut-gebremst/> abgerufen
- Richards, P. W. (2019). *The Unofficial Guide to Open Broadcaster Software*. (I. published, Hrsg.)
- Robinson, D. (2017). *Content Delivery Networks: Fundamentals, Design, and Evolution*. John Wiley & Sons, Inc.
- Schönfelder, F. (2006). *Vergleich softwarebasierter Multiformat-Encoder*. Hamburg: Diplomica GmbH.
- Schmidt, U. (2013). *Professionelle Videotechnik: Grundlagen, Filmtechnik, Fernsehtechnik, Geräte- und Studiotechnik in SD, HD, DI, 3D; 6. Auflage*. Berlin: Springer-Verlag.
- Schmitz, R., Kiefer, R., Maucher, J., Schulze, J., & Suchy, T. (2006). *Kompendium Medieninformatik: Mediennetze*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Stefan Lohmann. (01. 02 2021). Von <https://stefanlohmann.com/interview-digitale-events-und-live-streaming/> abgerufen
- Strotz, D. (2019). *Computergestützte Audio- und Videotechnik: Multimediatechnik in der Anwendung; 3.Auflage*. Springer Vieweg.
- Strutz, T. (2009). *Bilddatenkompression: Grundlagen, Codierung, Wavelets, JPEG, MPEG, H.264; 4. Auflage*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner.

- Tagesschau. (02. 01 2021). *Tagesschau*. Von <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/interview-veranstaltungsbranche-michow-101.html> abgerufen
- Teradek. (02. 03 2021). Von <https://teradek.com/blogs/articles/3-reasons-why-hevc-x265-matters-and-how-you-can-start-using-it-now> abgerufen
- Video-Stream-Hosting. (05. 03 2021). Von <https://www.video-stream-hosting.com/beratung-support/live-encoder/> abgerufen
- vMix. (07. 03 2021). Von <https://www.vmix.com/software/features.aspx> abgerufen
- Weinzierl, S. (2008). *Handbuch der Audiotchnik*. Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Werner, M. (2009). *Nachrichtentechnik; 6. Auflage*. Vieweg+Teubner.
- Wienekamp, J. (2020a). *Vorlesungsunterlagen Kommunikationstechnik Codierung und "Streaming"*.
- Wienekamp, J. (2020b). *Vorlesungsunterlagen Kommunikationstechnik Offene Kommunikationsnetze*.
- Wirz, A.-L. (2019). *Media-Streaming und Geoblocking: Eine urheberrechtliche Analyse der Werkverwertung durch On-Demand-Dienste*. (M. Cornils, & L. Specht, Hrsg.) Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Wowza. (05. 03 2021). Von <https://www.wowza.com/blog/streaming-protocols> abgerufen
- Wowza Media Systems. (26. 02 2021). Von <https://www.wowza.com/uploads/images/Wowza-Tech-Brief-Transcoding-and-Its-Impact.pdf> abgerufen
- Xue, H., Zhang, Y., Yan, J., & Cai, D. (2018). *A Perceptual Optimization Approach to Adaptive HTTP Streaming*. Springer Nature Singapore.
- Zschorlich, E. (2017). *Vergleich von Video-Streaming-Verfahren unter besonderer Berücksichtigung des Fehlerschutzes und Implementierung eines ausgewählten Verfahrens*. (Hochschule für Technik und Wirtschaft, Hrsg.) Dresden.

Anhangsverzeichnis

1.	Hard- und softwarebasierte Live-Streaming-Lösungen.....	IX
1.1.	Hardware-Streaming Aufgabe 1: Live-Präsentation.....	IX
1.1.1.	Aufgabenstellung	IX
1.1.2.	Signalplan	XII
1.1.3.	Zeitplan.....	XIII
1.1.4.	Materialliste	XIV
1.1.5.	Regieplan	XV
1.2.	Hardware-Streaming Aufgabe 2: Live-DJ Set + Mediensteuerung.....	XVI
1.2.1.	Aufgabenstellung	XVI
1.2.2.	Signalplan	XX
1.2.3.	Zeitplan.....	XXI
1.2.4.	Materialliste	XXII
1.2.5.	Regieplan	XXIII
1.3.	Hardware-Streaming: Live-Streaming mit interaktivem Austausch.....	XXIV
1.3.1.	Aufgabenstellung	XXIV
1.3.2.	Signalplan	XXVIII
1.3.3.	Zeitplan.....	XXIX
1.3.4.	Materialliste	XXX
1.3.5.	Regieplan	XXXI
1.4.	Aufgabe 1: Software-Streaming: Live-Präsentation vMix.....	XXXII
1.4.1.	Aufgabenstellung	XXXII
1.4.2.	Signalplan	XXXIV
1.4.3.	Zeitplan.....	XXXV
1.4.4.	Materialliste	XXXVI
1.4.5.	Regieplan	XXXVII
1.5.	Aufgabe 2: Software-Streaming: vMix-Calls + Mediensteuerung.....	XXXVIII
1.5.1.	Aufgabenstellung	XXXVIII
1.5.2.	Signalplan	XL
1.5.3.	Zeitplan.....	XLI
1.5.4.	Materialliste	XLII
1.5.5.	Regieplan	XLIII

1. Hard- und softwarebasierte Live-Streaming-Lösungen

1.1. Hardware-Streaming Aufgabe 1: Live-Präsentation mit Audioquellen und PiP

1.1.1. Aufgabenstellung

Sie erhalten von einer Agentur den Auftrag die Vorträge einer Industrieveranstaltung live über das Internet zu übertragen. Unter Einhaltung der bestehenden Hygiene- und Abstandsregeln halten die Referenten PowerPoint-Vorträge. Die Referenten sollen während der Übertragung der Vorträge oben rechts im Bild (Picture-in-Picture) zu sehen sein. Zusätzlich werden die Namen der Referenten zu Beginn der Vorträge mit einer Bauchbinde eingeblendet. Ähnliche Konzepte könnten auch zukünftig bei Lehrveranstaltungen der Beuth Hochschule für Technik zum Einsatz kommen.

Lernziele Aufgabe 1:

- Verstehen und Anwenden der Grundfunktionen eines Bildmischers:
z.B. Bild-in-Bild- Funktionen, Up- und Downstream,
- Zusammenführen von Audio und Bildsignalen
- Ausgabe des Live-Streams über RTMP via YouTube, Vimeo oder Twitch

1. Vorbereitung/ Konzeption und Planung

1.1. Erstellen Sie Skizzen für den Veranstaltungsraum

Darin enthalten sind die Positionen:

- Referenten
- Kamera
- Licht
- Ton
- Streaming-Technik

1.2. Erstellen Sie einen Signallaufplan des Streaming Signals

Darin enthalten sind:

- Alle technischen Geräte (In- und Output)
- Legende (Ton, Video, Control)

1.3. Lesen Sie als Vorbereitung das „Handbuch“- Hardware

Hinweis: Orientieren Sie sich an der Materialliste

2. Aufbau der praktischen Übung

2.1. Aufgabenverteilung

Erstellen Sie die Gruppen für die Gewerke Ton, Licht und Video.

2.2. Materialprüfung

Prüfen Sie das Material auf Vollständigkeit und sortieren Sie dies für die jeweiligen Gewerke. Notieren Sie fehlende oder beschädigte Technik in der Materialliste.

2.3. Vorbereitung im Veranstaltungsraum

Treffen Sie im Veranstaltungsraum die Vorbereitungen für ein barrierefreies Arbeiten. Bereiten Sie anhand ihrer Positionsplanung für die Ton-, Licht- und Videotechnik an den entsprechenden Stellen ausreichend Stromanschlüsse (Mehrfachverteiler) vor. Achten Sie auf ein sauberes Kabelmanagement. Kleben und fixieren Sie lose Kabel bzw. Stolperfallen mit Klebeband am Boden.

2.4. Aufbau Signallaufplan

Bauen Sie die Geräte der Ton-, Licht- und Videotechnik auf und verbinden Sie die Geräte anhand des Signalplans.

3. Einrichten der Medientechnik

3.1. Einrichten des Atem Mini Pro via USB C

- 3.1.1. Einrichten des Logos
- 3.1.2. Bauchbinden via Downstream Key
- 3.1.3. Picture-in-Picture-Funktionen (PiP-Funktion)
- 3.1.4. Eingabe des RTMP Streamingschlüssel

3.2. Laptop

- 3.2.1. Vorbereiten der Präsentationen
- 3.2.2. Vorbereiten der Medieninhalte am Laptop
Video- und Toneinspielungen

3.3. Ton

- 3.3.1. Zusammenführen der Audiosignale
- 3.3.2. Evtl. Bearbeiten des Audiosignals
- 3.3.3. Prüfen der Synchronität des Audiosignals

3.4. Licht

- 3.4.1. Einleuchten der Referenten
Aufbau im Lichtstudio

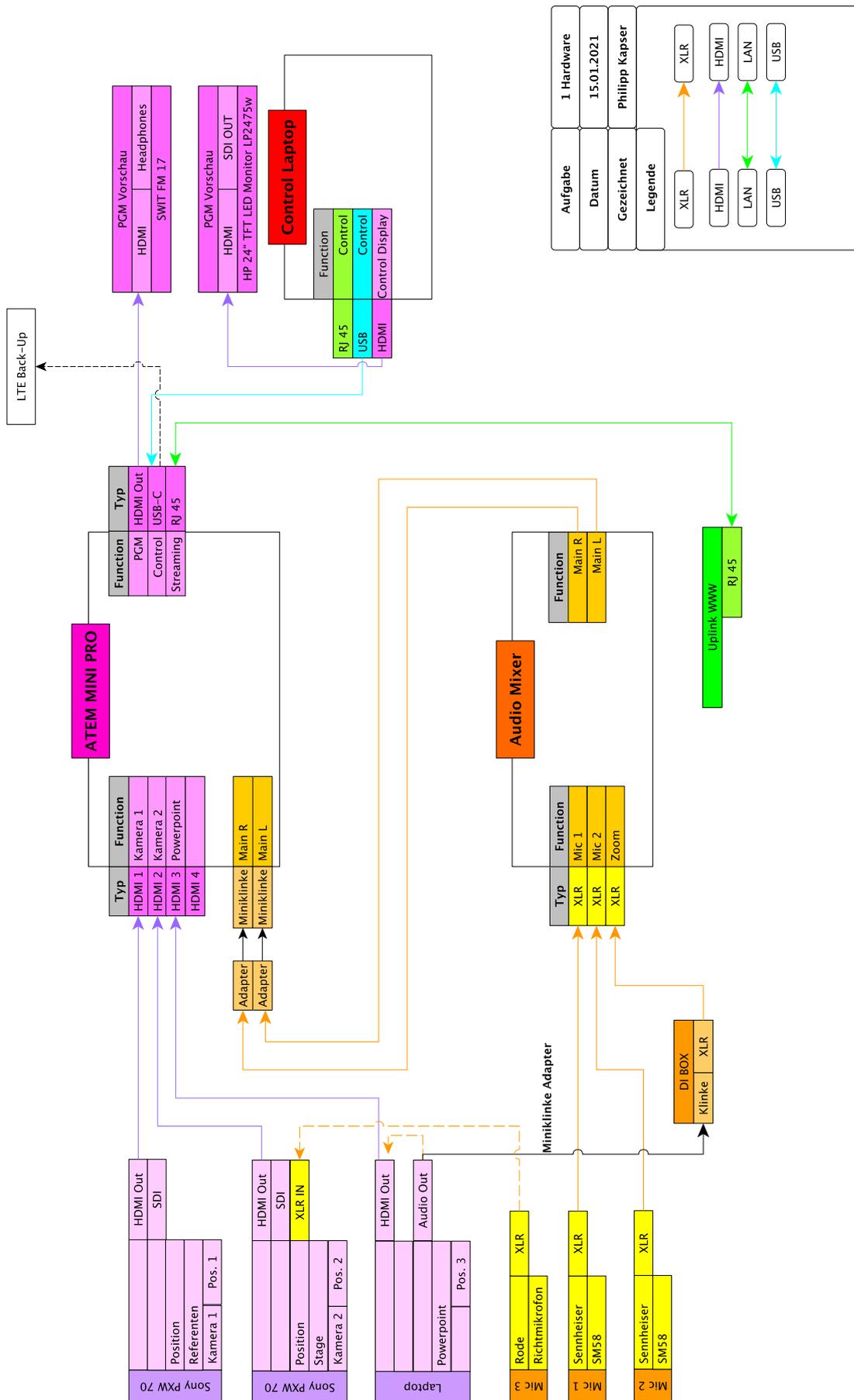
3.5. Optionale Anforderungen:

- Erstellen von Makros für verschiedene PiP-Positionen
- Erstellen von Makros für unterschiedliche Mediaplayer-Inhalte
- Variante 2: Audio über PXW 70 über HDMI

Ein Problem bei Veranstaltungen ist die Synchronität von Bild und Ton. Eine Möglichkeit die Bearbeitung der Audio-Signale über Mischpulte zu umgehen ist der Anschluss eines Richtmikrofons an der Kamera Sony PXW-70, vergleiche Signalplan. Das Audiosignal wird dann direkt über HDMI in den Atem Mini Pro geführt.

- LTE-Back-up

1.1.2. Signalplan



1.1.3. Zeitplan

Zeitplan Hardware Aufgabe 1													
Datum	I. Block						Pause	2. Block					
	15	30	45	60	75	90		15	30	45	60	75	90
<i>Phase 1: Aufbau</i>													
Aufgabenstellung													
Material sortieren													
ggf. Raum vorbereiten													
Ton													
Licht													
Video													
<i>Phase 2: Einrichten</i>													
Ton													
Licht													
Video													
<i>Phase 3: Veranstaltung</i>													
Testlauf Regieablauf													
Veranstaltung													
Auswertung/ Feedback													
<i>Phase 4: Abbau</i>													
Abbau													
Materialkontrolle													

1.1.5. Regieplan

Regieplan Hardware 1									
Nr.	Start	Ende	Dauer	Programmpunkt	Person	Video	Ton	Licht	Hinweis
1	00:00:00	00:03:00	00:03:00	Intro		Logo	Hintergrundmusik		
2	00:03:00	00:03:10	00:00:10	Auftritt	Moderator	Kamera 2	Jingle + Mic 1	StageLight+ evtl. Effekte	
3	00:03:10	00:05:00	00:01:50	Begrüßung am Rednerpult	Moderator	Kamera 1 +Bauchbinde	Mic 1	Bühnenlicht an	Bauchbinde deaktivieren
4	00:05:00	00:06:00	00:01:00	Jahresrückblick-Video	Moderator	Laptop 1 Video	Mic 1+Laptop	Bühnenlicht aus	
5	00:06:00	00:06:30	00:00:30	Anmoderation Referent 1	Moderator	Kamera 1	Mic 1	Bühnenlicht an	
6	00:06:30	00:07:00	00:00:30	Abgang 1 Auftritt Referent	Moderator	Kamera 2	Jingle + Mic 2	StageLight+ evtl. Effekte	
7	00:07:00	00:07:15	00:00:15	Begrüßung am Rednerpult	Referent	Kamera 1 +Bauchbinde	Mic 2	Bühnenlicht an	Bauchbinde deaktivieren
8	00:07:15	00:27:15	00:20:00	Vortrag 1	Referent	Laptop Powerpoint+ PIP	Mic 2		

1.2. Hardware-Streaming Aufgabe 2: Live-DJ Set + Mediensteuerung

1.2.1. Aufgabenstellung

Sie erhalten von einer Agentur den Auftrag, das Live-Setup eines DJs mit Video und Ton über das Internet zu übertragen.

Das Einrichten der Medientechnik für Streaming-Veranstaltungen ist eine komplexe Aufgabe, bei der viele Anforderungen, wie z.B. Bildwechsel, Einblendungen (Logo, Name, Uhrzeit) oder Präsentationen in kurzer Zeit hintereinander abgespielt werden müssen. Für diesen Zweck werden häufig programmierbare Eingabegeräte eingesetzt mit deren Hilfe mehrere Steuerungsbefehle gleichzeitig umgesetzt und automatisiert werden können. In dieser Aufgabe wird dazu das Stream Deck von Elgato eingesetzt. Die Einblendungen (Video-Overlays) von Namen, Logos und Timer werden in dieser Übung mit dem Chromakey-Verfahren des Atem Mini umgesetzt. Die Einblendungen werden mit dem Programm H2R Graphics erstellt.

Lernziele Aufgabe 2:

- Verstehen und Anwenden der Grundfunktionen des Atem Mini Pro
- Zusammenführen von Audio und Bildsignalen
- Ausgabe des Live-Streams über RTMP via YouTube, Vimeo oder Twitch
- Erstellen von Makros
- Chromakey-Verfahren am Beispiel H2R Graphics
- Programmierung des Stream Deck für eine automatisierte Steuerung von z.B. Bildquellen, PIP und Chromakey-Funktionen

1. Vorbereitung/ Konzeption und Planung

1.1. Erstellen Sie Skizzen für den Veranstaltungsraum

Darin enthalten sind die Positionen:

- DJ
- Kamera
- Licht
- Ton
- Streaming-Technik

1.2. Erstellen Sie einen Signallaufplan des Streaming-Signals

Darin enthalten sind:

- Alle technischen Geräte (In- und Output)
- Legende (Ton, Video, Control)

1.3. Lesen Sie zur Vorbereitung das „Handbuch“- Hardware

Hinweis: Orientieren Sie sich an der Materialliste

2. Aufbau der praktischen Übung

2.1. Aufgabenverteilung

Erstellen Sie die Gruppen für die Gewerke Ton, Licht und Video.

2.2. Materialprüfung

Prüfen Sie das Material auf Vollständigkeit und sortieren Sie dies für die jeweiligen Gewerke. Notieren Sie fehlende oder beschädigte Technik in der Materialliste.

2.3. Vorbereitung im Veranstaltungsraum

Treffen Sie im Veranstaltungsraum die Vorbereitungen für ein barrierefreies Arbeiten. Bereiten Sie anhand ihrer Positionsplanung für die Ton-, Licht- und Videotechnik an den entsprechenden Stellen ausreichend Stromanschlüsse (Mehrfachverteiler) vor. Achten Sie auf ein sauberes Kabelmanagement. Kleben und fixieren Sie lose Kabel bzw. Stolperfallen mit Klebeband am Boden.

2.4. Aufbau Signallaufplan

Bauen Sie die Geräte der Ton-, Licht- und Videotechnik auf und verbinden Sie die Geräte anhand des Signalplans.

3. Einrichten der Medientechnik (vergleiche Regieplan)

- 3.1. Verbinden des Atem Mini Pro über Netzwerk mit dem Control-Laptop
- 3.2. Einrichten des ATEM Mini Pro
 - 3.2.1. Mediaplayer
 - 3.2.2. Makros
 - Picture-in Picture-Größe
 - Picture-in-Picture-Input
- 3.3. Einrichten der Einblendungen mit H2R Graphics
 - 3.3.1. Bauchbinden
 - 3.3.2. Timer
 - 3.3.3. Logo
- 3.4. Einrichten Chromakey- Funktion Atem Mini Pro
- 3.5. Einrichten Elgato Stream Deck
 - 3.5.1. Verbinden mit Atem Mini Pro
 - 3.5.2. Verbinden mit H2R Graphics
- 3.6. Programmierung der Szenen (vgl. Regieplan) auf dem Elgato Stream Deck
 - 3.6.1. Szene 1: Label-Logo mit Timer
 - 3.6.2. Szene 2: Kamera 1 DJ-Pult Total + Bauchbinden + Logo (in der Ecke)
 - 3.6.3. Szene 3: Kamera 1 DJ-Pult Total + Logo
 - 3.6.4. Szene 4: Kamera 2 Picture in Picture Kamera 1
 - 3.6.5. Szene 5: Kamera 2: DJ Pult

1.2.3. Zeitplan

Zeitplan Hardware Aufgabe 2													
Datum	1. Block			Pause			2. Block						
Ausarbeitung	15	30	45	60	75	90	30	15	30	45	60	75	90
<i>Phase 1: Aufbau</i>													
Aufgabenstellung													
Material sortieren													
ggf. Raum vorbereiten													
Ton													
Licht													
Video													
<i>Phase 2: Einrichten</i>													
Ton													
Licht													
Video													
<i>Phase 3: Veranstaltung</i>													
Testlauf Regieablauf													
Veranstaltung													
Auswertung/ Feedback													
<i>Phase 4: Abbau</i>													
Abbau													
Materialkontrolle													

1.2.5. Regieplan

Regieplan Hardware 2									
Nr.	Start	Ende	Dauer	Programmpunkt	Person	Video	Ton	Licht	Hinweis
1	00:00:00	00:03:00	00:03:00	Szene 1 Vorschau		Logo + Timer	Hintergrund- musik	Black	
2	00:03:00	00:03:10	00:00:10	Szene 2 Intro	DJ	Kamera 1 Bauchbinde + Logo	Stereo Signal DJM 900NX2	langsame Farbwechsel	
3			Im Wechsel	Szene 3 DJ	DJ	Kamera 1 + Logo	Stereo Signal DJM 900NX2	schnellere Farbwechsel	Achtung Cache!
4				Szene 4 DJ + Technik	DJ	Kamera 2 + PIP	Stereo Signal DJM 900NX2	Spotlight Technik	
5				Szene 5 Technik	DJ	Kamera 1 + Logo	Stereo Signal DJM 900NX2	Spotlight Technik	

1.3. Hardware-Streaming Aufgabe 3: Live-Streaming mit interaktivem Austausch

1.3.1. Aufgabenstellung

Sie werden von einer Agentur beauftragt ein Interview in einer Videokonferenz live über den Account des Kunden auf einer Online-Video-Plattform (OVP) zu übertragen. Ein Gast und der Moderator befinden sich bei Ihnen vor Ort im Studio. Im Anschluss an das Interview wird ein Gastbeitrag per Videokonferenz zugeschaltet. Auf den Gastbeitrag folgt eine abschließende Diskussion der 3 Teilnehmer. Die Videokonferenz wird in dieser Übung mit Zoom umgesetzt. Die ersten Anforderungen des Kunden für die Veranstaltung im Überblick:

- Gestaltung der Bühne für ein Interview mit 2 Personen
- Bühnenlicht
- 2 Kameras (Gast + Bühne)
- 2 Mikrofone
- Darstellungen von Namen, Logos + Countdown
- Vollbildarstellung der Gäste dargestellt werden
- Vorschau-Display für die Bühne
- Lautsprecher für die Audioübertragung

Ähnliche Anforderungen und Konzepte für einen interaktiven Austausch mit den anderen Teilnehmern werden aktuell sehr häufig an die technischen Streaming-Dienstleister für digitale Veranstaltungen gestellt. Diese Übung dient zum einen als Beispiel für die Trennung Audio- und Videosignale um Endlosschleifen und Rückkopplungen in den Signalwegen zu verhindern. Zum anderen zeigt diese auch die Grenzen des technisch Möglichen mit dem Atem Mini Pro.

Lernziele Aufgabe 3:

- Verstehen und Anwenden der Grundfunktionen des Atem Mini Pro
- Zusammenführen von Audio- und Bildsignalen
- Erstellen von Makros
- Ausgabe des Live-Streams über RTMP via YouTube, Vimeo oder Twitch
- Chromakey-Verfahren am Beispiel H2R Graphics
- Programmierung des Stream Deck für eine automatisierte Steuerung von z.B. Bildquellen, PIP und Chromakey-Funktionen
- Einrichten der technischen Voraussetzungen für die bidirektionale Kommunikation der Teilnehmer

1. Vorbereitung/ Konzeption und Planung

1.4. Erstellen Sie Skizzen für den Veranstaltungsraum

Darin enthalten sind die Positionen:

- Bühne
- Gast und Moderator
- Kamera
- Licht
- Ton
- Streaming-Technik

1.5. Erstellen Sie einen Signallaufplan des Streaming Signals

Darin enthalten sind:

- Alle technischen Geräte (In- und Output)
- Legende (Ton, Video, Control)

1.6. Lesen Sie als Vorbereitung das „Handbuch“- Hardware

Hinweis: Orientieren Sie sich an der Materialliste

2. Aufbau der praktischen Übung

2.1. Aufgabenverteilung

Erstellen Sie die Gruppen für die Gewerke Ton, Licht und Video.

2.2. Materialprüfung

Prüfen Sie das Material auf Vollständigkeit und sortieren Sie dies für die jeweiligen Gewerke. Notieren Sie fehlende oder beschädigte Technik in der Materialliste.

2.3. Vorbereitung im Veranstaltungsraum

Treffen Sie im Veranstaltungsraum die Vorbereitungen für ein barrierefreies Arbeiten. Bereiten Sie anhand ihrer Positionsplanung für die Ton-, Licht- und Videotechnik an den entsprechenden Stellen ausreichend Stromanschlüsse (Mehrfachverteiler) vor. Achten Sie auf ein sauberes Kabelmanagement. Kleben und fixieren Sie lose Kabel bzw. Stolperfallen mit Klebeband am Boden.

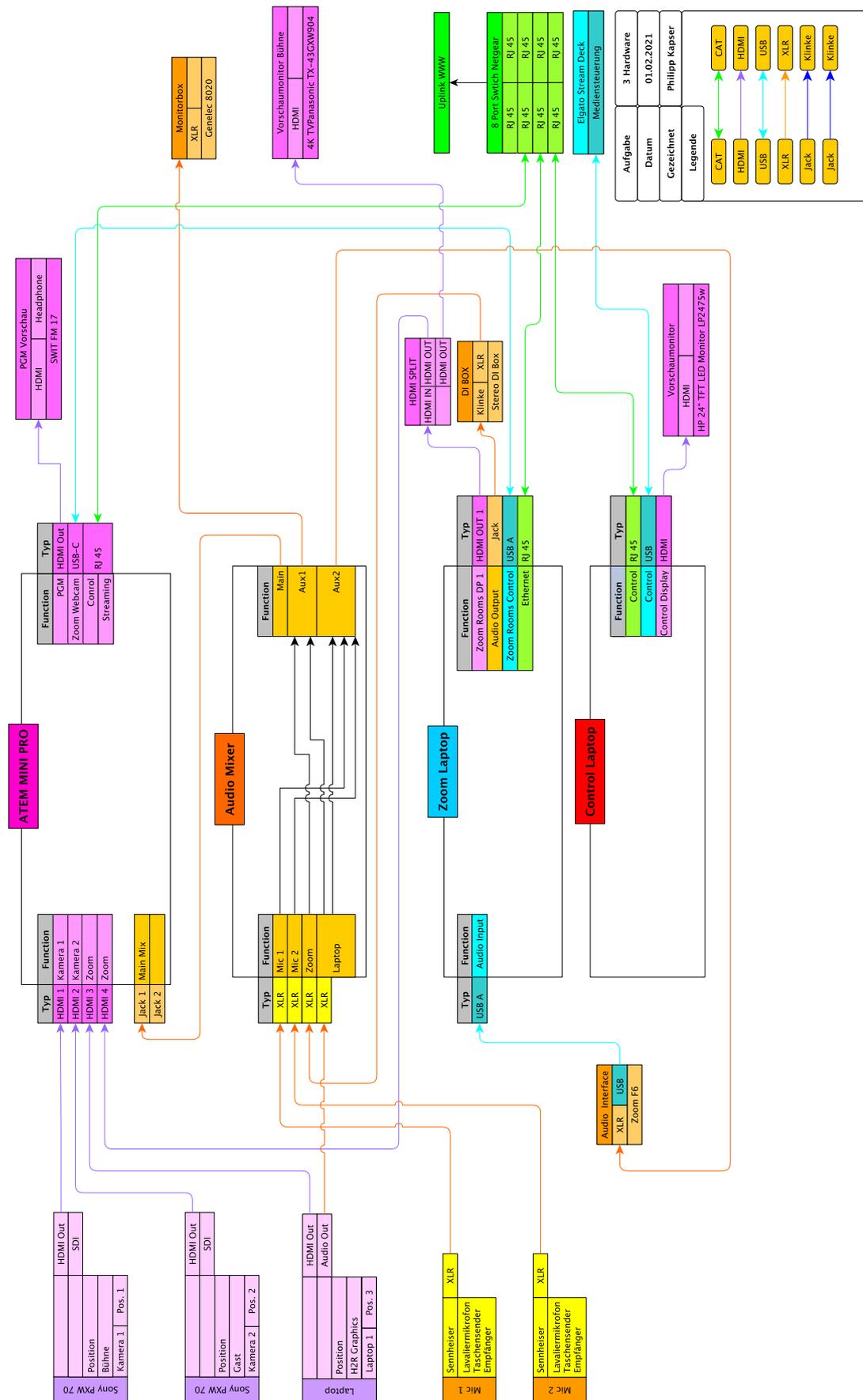
2.4. Aufbau Signallaufplan

Bauen Sie die Geräte der Ton-, Licht- und Videotechnik auf und verbinden Sie die Geräte anhand des Signalplans.

3. Einrichten der Medientechnik (vergleiche Regieplan)

- 3.1. Verbinden des Atem Mini Pro über Netzwerk mit dem Control-Laptop
- 3.2. Einrichten des ATEM Mini Pro
 - 3.2.1. Mediaplayer
 - 3.2.2. Makros
 - Picture-in Picture-Größe
 - Picture-in-Picture-Input
- 3.3. Einrichten der Einblendungen mit H2R Graphics
 - 3.3.1. Bauchbinden
 - 3.3.2. Timer
 - 3.3.3. Logo
- 3.4. Einrichten Chromakey- Funktion Atem Mini Pro
- 3.5. Einrichten Elgato Stream Deck
 - 3.5.1. Verbinden mit Atem Mini Pro
 - 3.5.2. Verbinden mit H2R Graphics
- 3.6. Programmierung der Szenen (vgl. Regieplan) des Elgato Stream
 - 3.6.1. Szene 1: Vorschau
 - 3.6.2. Szene 2: Begrüßung (Gast + Moderator)
 - 3.6.3. Szene 3: Bühne
 - 3.6.4. Szene 4: Vollbild Gast 1
 - 3.6.5. Szene 5: Begrüßung Gast 2 + Bauchbinde
 - 3.6.6. Szene 6: Vollbild Gast
- 3.7. Einrichten der Audio-Signalwege
 - 3.7.1. Mainmix
 - 3.7.2. Aux 1
 - 3.7.3. Aux 2

1.3.2. Signalplan



1.3.3. Zeitplan

Zeitplan A ufgabe 3													
Datum	15	30	45	60	75	90	Pause	15	30	45	60	75	90
Ausarbeitung	1. Block						2. Block						
<i>Phase 1: Aufbau</i>													
Aufgabenstellung													
Material sortieren													
ggf. Raum vorbereiten													
Ton													
Licht													
Video													
<i>Phase 2: Einrichten</i>													
Ton													
Licht													
Video													
<i>Phase 3: Veranstaltung</i>													
Testlauf Regieablauf													
Veranstaltung													
Auswertung/ Feedback													
<i>Phase 4: Abbau</i>													
Abbau													
Materialkontrolle													

1.3.4. Materialliste

Materialliste Hardware Aufgabe 3					
	Anzahl	Ausgabedatum	Matrikelnr	Kontrolle	
Sennheiser Lavaliermikrofone	2				
Sennheiser Taschensender	2				
Sennheiser Empfänger	2				
Monitorbox Genelec 8020	1				
Audio Mischpult	2				
Allen & Heath Mix Wizard					
Klinke Kabel	1				
XLR- Miniklinke Adapter	1				
XLR-Kabel	6				
Laptop (HDMI)	3				
Sony P XW 70	2				
Atem Mini Pro	1				
+ USB-C Kabel					
Audio Interface Zoom F6	1				
HDMI Kabel	7				
HP 24" TFT LED Monitor LP2475w	1				
Elgato Stream Deck	1				
Modellnr.20GAA9902					
CAT. 6e Kabel	3				
8 Port GigaSwitch	1				
Swit FM-17	1				
4K TV Panasonic TX-43GXW904	1				

1.3.5. Regieplan

Regieplan Hardware 3									
Nr.	Start	Ende	Dauer	Programmpunkt	Person	Video	Ton	Licht	Hinweis
1	00:00:00	00:03:00	00:03:00	Szene 1 Vorschau		Logo +Countdown	Hintergrund- musik		
2	00:03:00	00:05:00	00:02:00	Szene 2 Begrüßung	Moderator + Gast 1	Kamera 2 + Logo +Bauchbinde	Mic 1 + Mic 2	Bühnenlicht	
3			Im Wechsel	Szene 3 Bühne	Moderator + Gast 1	Kamera 2 + Logo	Mic 1 + Mic 2	Bühnenlicht	
4				Szene 4 Vollbild Gast 1	Gast 1	Kamera 1 +Logo	Mic 1 + Mic 2	Bühnenlicht	
5	00:10:00	00:10:30	00:00:30	Szene 5 Begrüßung	Gast 2 (Zoom)	Zoom Bauchbinde	Zoom	Bühnenlicht	
6			Im Wechsel	Szene 3 Gespräch	Moderator + Gast 2	Kamera 2 + Logo	Mic 1 + Mic 2 +Zoom	Bühnenlicht	
7				Szene 6 Vollbild Gast 2	Gast 2 (Zoom)	Zoom + Logo	Mic 1 + Mic 2 +Zoom	Bühnenlicht	

1.4. Software-Streaming Aufgabe 1: Live-Präsentation vMix

1.4.1. Aufgabenstellung

Sie erhalten von einer Agentur den Auftrag die Vorträge einer Industrieveranstaltung live über das Internet zu übertragen. Unter Einhaltung der bestehenden Hygiene- und Abstandsregeln halten die Referenten PowerPoint-Vorträge. Die Referenten sollen während der Übertragung der Vorträge oben rechts im Bild (Picture-in-Picture) zu sehen sein. Zusätzlich werden die Namen der Referenten zu Beginn der Vorträge mit einer Bauchbinde eingeblendet. Ähnliche Konzepte könnten auch zukünftig bei Lehrveranstaltungen der Beuth Hochschule für Technik zum Einsatz kommen.

Lernziele Aufgabe 1:

- Verstehen und Anwenden der Grundfunktionen der vMix-Software
Picture-in-Picture-Funktionen, Bildübergänge, Bauchbinden, Logos
Abspielen von Videos & Präsentationen
- Zusammenführen von Audio- und Bildsignalen
- Ausgabe des Live-Streams über RTMP via YouTube, Vimeo oder Twitch

1. Vorbereitung/ Konzeption und Planung

1.1. Erstellen Sie Skizzen für den Veranstaltungsraum

Darin enthalten sind die Positionen:

- Referenten
- Kamera
- Licht
- Ton
- Streaming-Technik

1.2. Erstellen Sie einen Signallaufplan des Streaming Signals

Darin enthalten sind:

- Alle technischen Geräte (In- und Output)
- Legende (Ton, Video, Control)

1.3. Lesen Sie als Vorbereitung das Handbuch

Hinweis: Orientieren Sie sich an der Materialliste

2. Aufbau der praktischen Übung

2.1. Aufgabenverteilung

Erstellen Sie die Gruppen für die Gewerke Ton, Licht und Video.

2.2. Materialprüfung

Prüfen Sie das Material auf Vollständigkeit und sortieren Sie dies für die jeweiligen Gewerke. Notieren Sie fehlende oder beschädigte Technik in der Materialliste.

2.3. Vorbereitung im Veranstaltungsraum

Treffen Sie im Veranstaltungsraum die Vorbereitungen für ein barrierefreies Arbeiten. Bereiten Sie anhand ihrer Positionsplanung für die Ton-, Licht- und Videotechnik an den entsprechenden Stellen ausreichend Stromanschlüsse (Mehrfachverteiler) vor. Achten Sie auf ein sauberes Kabelmanagement. Kleben und fixieren Sie lose Kabel bzw. Stolperfallen mit Klebeband am Boden.

2.4. Aufbau Signallaufplan

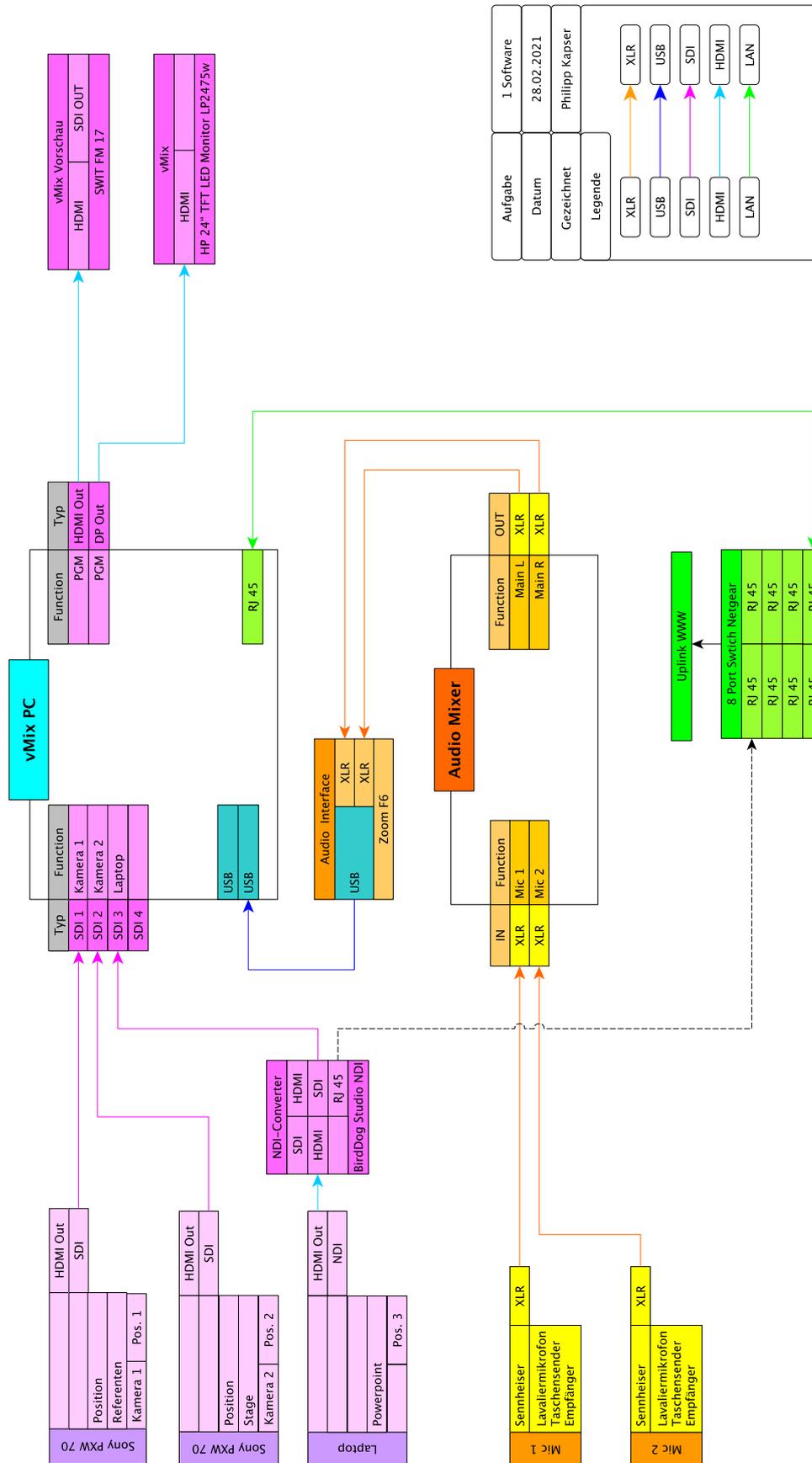
Bauen Sie die Geräte der Ton-, Licht- und Videotechnik auf und verbinden Sie die Geräte anhand des Signalplans.

3. Einrichten der Medientechnik

3.1. Einrichten der vMix-Software

- 3.1.1. Einrichten der Kamera-Inputs
- 3.1.2. Einrichten PowerPoint-Präsentation
(In vMix oder über den Laptop)
- 3.1.3. Lower Third (Bauchbinden)
- 3.1.4. Einrichten des Logos
- 3.1.5. Einrichten Audio (Audio-Mixer+ vMix)
Zusammenführen der Audiosignale
Evtl. Bearbeiten des Audiosignals
- 3.1.6. Picture-in-Picture-Funktionen (PIP-Funktion)
- 3.1.7. Eingabe des RTMP Ingest-Daten
- 3.1.8. Test der Einrichtung mit dem Regieplans

1.4.2. Signalplan



1.4.4. Materialliste

Materialliste Software Aufgabe 1				
	Anzahl	Ausgabedatum	Matrikelnr	Kontrolle
Sennheiser Taschensender	2			
Sennheiser Lavaliermikrofon	2			
Sennheiser Empfänger	2			
Laptop	1			
Sony P X W 70	2			
Audio Mischpult Allen & Heath Mix Wizard	1			
HP 24“ TFT LED Monitor LP2475w	1			
vMix PC	1			
8 Port GigaSwitch	1			
Zoom F6 Audio Interface	1			
SWIT FM 17	1			
XLR Kabel	4			
SDI Kabel	3			
HDMI Kabel	3			
Ethernet Kabel	1			

1.4.5. Regieplan

Regieplan Software Aufgabe 1									
Nr.	Start	Ende	Dauer	Programmpunkt	Person	Video	Ton	Licht	Hinweis
1	00:00:00	00:03:00	00:03:00	Intro		Logo	Hintergrundmusik		
2	00:03:00	00:03:10	00:00:10	Auftritt	Moderator	Kamera 2	Jingle + Mic 1	StageLight+ evtl. Effekte	
3	00:03:10	00:05:00	00:01:50	Begrüßung am Rednerpult	Moderator	Kamera 1 +Bauchbinde	Mic 1	Bühnenlicht an	Bauchbinde deaktivieren
4	00:05:00	00:06:00	00:01:00	Jahresrückblick-Video	Moderator	Laptop 1 Video	Mic 1+Laptop	Bühnenlicht aus	
5	00:06:00	00:06:30	00:00:30	Anmoderation Referent 1	Moderator	Kamera 1	Mic 1	Bühnenlicht an	
6	00:06:30	00:07:00	00:00:30	Abgang 1 Auftritt Referent	Moderator	Kamera 2	Jingle + Mic 2	StageLight+ evtl. Effekte	
7	00:07:00	00:07:15	00:00:15	Begrüßung am Rednerpult	Referent	Kamera 1 +Bauchbinde	Mic 2	Bühnenlicht an	Bauchbinde deaktivieren
8	00:07:15	00:27:15	00:20:00	Vortrag 1	Referent	Laptop Powerpoint+PIP	Mic 2		

1.5. Software-Streaming Aufgabe 2: vMix-Calls + Mediensteuerung

1.5.1. Aufgabenstellung

Sie erhalten von einer Agentur den Auftrag die Vorträge einer Videokonferenz live über den Account des Kunden auf einer Online-Video-Plattform (OVP) zu übertragen. Ein Gast und der Moderator befinden sich - unter Einhaltung der bestehenden Hygienevorschriften - bei Ihnen vor Ort im Studio. Im Anschluss an das Interview werden mehrere externe Referenten über die Videokonferenz zugeschaltet. Im Anschluss an den letzten Vortrag findet eine virtuelle Podiumsdiskussion statt. Für die Videokonferenz verwenden wir vMix Calls.

Lernziele Aufgabe 2:

- Verstehen und Anwenden der Grundfunktionen der vMix-Software
Bildübergänge, Bauchbinden, Logos, Pausenslides
Abspielen von Videos & Präsentationen
- Zusammenführen von Audio-und Bildsignalen
- Ausgabe des Live-Streams über RTMP via YouTube, Vimeo oder Twitch
- Einbinden von NDI-Signalen
- Programmierung der Mediensteuerung
- Einbinden von vMix Calls
- Optional: Einrichten eines virtuellen Studios

1. Vorbereitung/ Konzeption und Planung

1.1. Erstellen Sie Skizzen für den Veranstaltungsraum

Darin enthalten sind die Positionen:

- Referenten
- Kamera
- Licht
- Ton
- Streaming-Technik

1.2. Erstellen Sie einen Signallaufplan des Streaming Signals

Darin enthalten sind:

- Alle technischen Geräte (In- und Output)
- Legende (Ton, Video, Control)

1.3. Lesen Sie als Vorbereitung das „Software“-Handbuch

Hinweis: Orientieren Sie sich an der Materialliste

2. Aufbau der praktischen Übung

2.1. Aufgabenverteilung

Erstellen Sie die Gruppen für die Gewerke Ton, Licht und Video.

2.2. Materialprüfung

Prüfen Sie das Material auf Vollständigkeit und sortieren Sie dies für die jeweiligen Gewerke. Notieren Sie fehlende oder beschädigte Technik in der Materialliste.

2.3. Vorbereitung im Veranstaltungsraum

Treffen Sie im Veranstaltungsraum die Vorbereitungen für ein barrierefreies Arbeiten. Bereiten Sie anhand ihrer Positionsplanung für die Ton-, Licht- und Videotechnik an den entsprechenden Stellen ausreichend Stromanschlüsse (Mehrfachverteiler) vor. Achten Sie auf ein sauberes Kabelmanagement. Kleben und fixieren Sie lose Kabel bzw. Stolperfallen mit Klebeband am Boden.

2.4. Aufbau Signallaufplan

Bauen Sie die Geräte der Ton-, Licht- und Videotechnik auf und verbinden Sie die Geräte anhand des Signalplans.

3. Einrichten der Medientechnik

3.1. Einrichten der vMix-Software

3.1.1. Einrichten der Kamera-Inputs

3.1.2. Lower Third (Bauchbinden)

3.1.3. Einrichten Logo

3.1.4. Einrichten der Mediensteuerung mit dem Elgato Stream Deck

3.1.5. Einrichten NDI-Signale

3.1.6. Einrichten vMix Call

3.1.7. Einrichten Audio (Audio-Mixer+ vMix)

Zusammenführen der Audiosignale

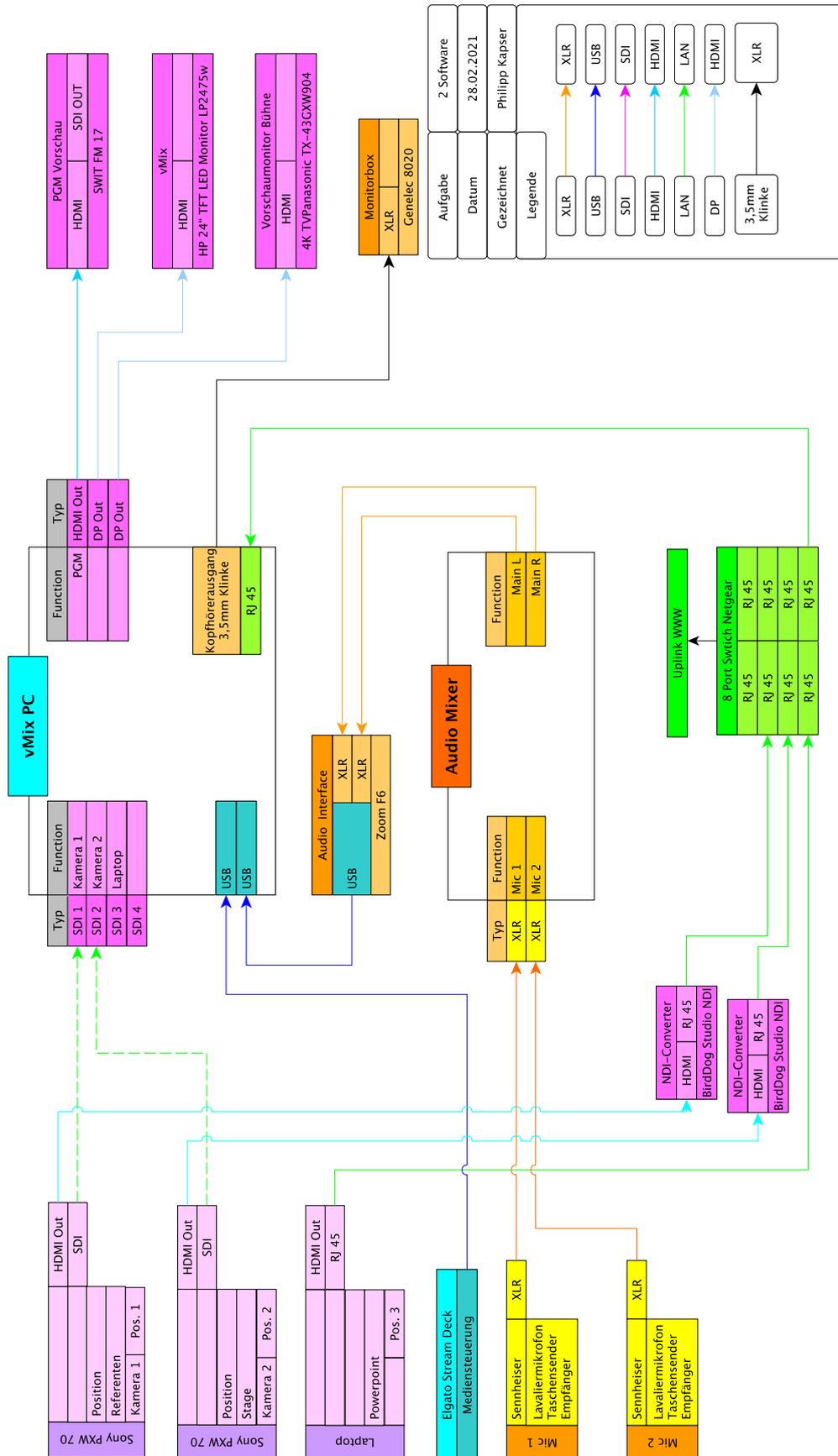
Evtl. Bearbeiten des Audiosignals

3.1.8. Multi-View (Podiumsdiskussion)

3.1.9. Eingabe des RTMP Ingest-Daten

3.1.10. Test der Einrichtung anhand des Regieplans

1.5.2. Signalplan



1.5.4. Materialliste

Materialliste Software Aufgabe 2

	Anzahl	Matrikelnr	Kontrolle
Sennheiser Taschensender	2		
Sennheiser Lavaliermikrofon	2		
Sennheiser Empfänger	2		
Laptop	1		
Sony PXW 70	2		
Audio Mischpult Allen & Heath Mix Wizard	1		
HP 24" TFT LED Monitor LP2475w	1		
vMix PC	1		
8 Port GigaSwitch	1		
Zoom F6 Audio Interface	1		
SWIT FM 17	1		
XLR Kabel	4		
SDI Kabel	3		
HDMI Kabel	3		
Ethernet Kabel	4		
BirdDog Studio NDI	2		
4K TVPanasonic TX-43GXW904	1		
Genelec 8020	1		
Elgato Stream Deck Modellnr. 20GAA 9902	1		

1.5.5. Regieplan

Regieplan Software Aufgabe 2									
Nr.	Start	Ende	Dauer	Programmpunkt	Person	Video	Ton	Licht	Hinweis
1	00:00:00	00:03:00	00:03:00	Szene 1 Vorschau		Logo +Countdown	Hintergrund- musik		
2	00:03:00	00:05:00	00:02:00	Szene 2 Moderator	Moderator	Kamera 2 + Logo +Bauchbinde	Mic 1 + Mic 2	Bühnenlicht	
3	00:05:00	00:07:00	00:02:00	Szene 3 Gast 1	Gast 1	Kamera 1 + Logo Bauchbine	Mic 1 + Mic 2	Bühnenlicht	
4	00:07:00	00:09:00	00:02:00	Szene 4 Präsentation	Gast1	Powerpoint +PIP +Logo	Mic 1	Bühnenlicht	
5	00:09:00	00:11:00	00:02:00	Szene 5 vMix Call	vMix Call	Vmix Call + Logo +Bauchbinde	vMix Call	Bühnenlicht	
6	00:11:00	00:13:00	00:02:00	Szene 6 vMix Call Diskussion	vMixCall +Gast1 +Maderator	Multi-View	Mic 1 + Mic 2 vMix Call	Bühnenlicht	

1.6. Optionale Aufgabe Software-Streaming

Sie erhalten von einer Agentur den Auftrag die Vorträge einer Videokonferenz live über den Account des Kunden auf einer Online-Video-Plattform (OVP) zu übertragen. Die Gäste werden über Zoom zugeschaltet. Für Live-Stream nutzen Sie OBS.

Lernziele:

- Verstehen und Anwenden der Grundfunktionen in OBS
- Picture-in-Picture-Funktionen, Bildübergänge, Bauchbinden, Logos
- Zusammenführen von Audio- und Bildsignalen
- Einbinden von NDI-Quellen in OBS
- Einbinden von OBS in Zoom
- Ausgabe des Live-Streams über RTMP via YouTube, Vimeo oder Twitch

Inhalte der Aufgabe:

1.1. Einrichten der OBS Software

1.1.1. Download und Installation OBS

Installation NDI Plugin

Virtual Webcam

1.1.2. Einrichten der Kamera-Inputs

1.1.3. Installation der NDI Tools auf den Zoom-Laptop

1.1.4. Einbinden der NDI-Quellen in OBS

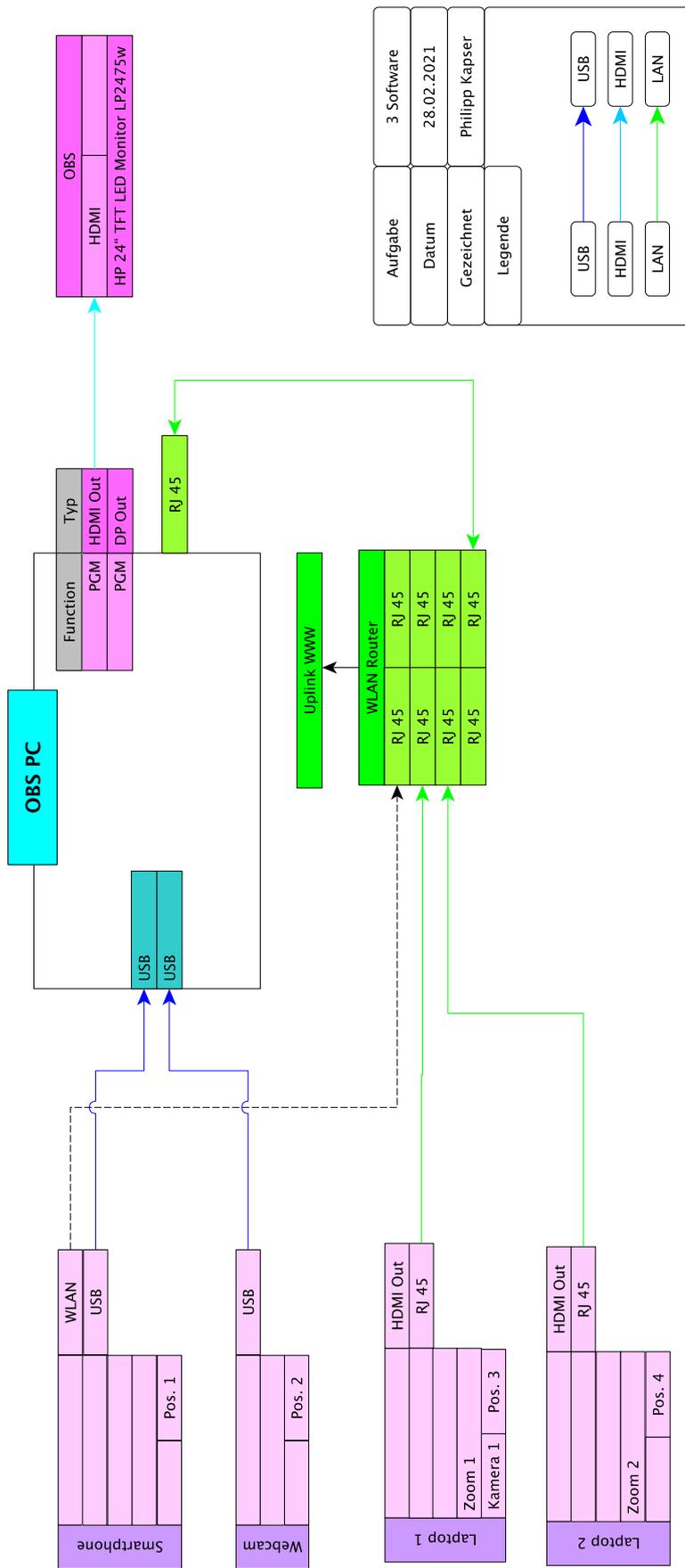
1.1.5. Einbinden von OBS in Zoom via Virtual Webcam

1.1.6. Einrichten MultiView

1.1.7. Einrichten Audio Zusammenführen der Audiosignale

1.1.8. Eingabe des RTMP Ingest-Daten

1.6.1. Signalplan



Eidesstattliche Erklärung

Ich gebe hiermit die eidesstattliche Erklärung ab, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und alle wörtlichen oder sinngemäß übernommenen Textstellen als solche kenntlich gemacht habe.

Berlin, der 08.03.2021