



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Master-Thesis
zur Erlangung des akademischen Grades M.A.

Kathrin-Marie Schnell
1969014

Remote Production –
Evaluierung technischer Möglichkeiten
für den Einsatz im Bereich Fußball-Live-Übertragung

Erstprüfer: Prof. Dr. Ulrich Schmidt

Zweitprüfer: Prof. Dr. Andreas Plaß

Abgabedatum: 01. April 2015

Kathrin-Marie Schnell

Remote Production –

Evaluierung technischer Möglichkeiten

für den Einsatz im Bereich Fußball-Live-Übertragung

Masterarbeit eingereicht im Rahmen der Masterprüfung

im Studiengang Zeitabhängige Medien - Sound/Vision
am Department Medientechnik
der Fakultät Design, Medien und Information
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Ulrich Schmidt
Zweitgutachter: Prof. Dr. Andreas Plaß

Abgegeben am 01. April 2015

Kurzzusammenfassung

In der vorliegenden Master-Thesis wird das Thema Remote Production am Beispiel Fußball-Live-Übertragung betrachtet. Hierbei geht es darum, kostengünstige Alternativen zu entwickeln, um Randsportarten sowie den Amateurbereich populärer Sportarten, die keine Beachtung im Fernsehen finden, online in Form von kommentierten Livestreams und Highlight-Zusammenfassungen zur Verfügung zu stellen. Es werden technische Möglichkeiten für die Umsetzung der einzelnen Komponenten evaluiert und die Erkenntnisse aus durchgeführten Tests dargestellt.

Abstract

This master thesis examines remote production shown on the example of football live production. Its goal is to develop cost-efficient alternatives to offer live and on demand content for niche sports as well as amateur sports, which are rarely shown on television. This content shall be produced in the form of commented live feeds and highlights for online publishing. The thesis evaluates technical solutions to cope with the different components in this area and presents detailed test results.

Dank an

Corinna Bschor

für unermüdliche, mentale und korrigierende Unterstützung

und

meine Eltern

Helga Schnell und Erhard Schnell

für immerwährende Ermutigung und Unterstützung

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Remote Production - Überblick	9
2.1	Definition	9
2.2	Beispiele	12
2.2.1	Digital Concert Hall der Berliner Philharmoniker.....	12
2.2.2	FIFA WM 2014 in Brasilien	13
2.2.3	Olympische Winterspiele 2014 in Sotschi.....	13
3	Grundidee.....	14
4	Inhaltliche Anforderungen	17
4.1	Klassische Auflösung eines Fußballspiels im Fernsehen.....	18
4.1.1	Technisches Konzept	18
4.1.2	Inhaltliches Konzept.....	22
4.2	Vereinfachung für die kostengünstige Umsetzung mit Remote Production	25
4.2.1	Vereinfachtes technisches Konzept	26
4.2.2	Vereinfachtes inhaltliches Konzept	27
5	Technische Optionen	29
5.1	Veranstaltungsort.....	30
5.1.1	IP-Überwachungskameras	31
5.1.2	Professionelle Remote Kameras	34
5.1.3	Bemannte Führungskamera	37
5.1.4	Smartphone als Kamera.....	38
5.1.5	Externe Mikrofonierung	38
5.2	Übertragung	41
5.2.1	Gemanagte Netze	41

5.2.2	Ungemanagte Netze	41
5.3	Produktionsplattform	44
5.3.1	make.tv	45
5.3.2	Wirecast	47
5.3.3	Livestream Studio	50
6	Testphase	52
6.1	Test in Antwerpen: 13.-15. Februar 2015.....	52
6.2	Test in Hamburg: 09.-10. März 2015	58
7	Fazit.....	61
	Abbildungsverzeichnis	63
	Literaturverzeichnis	64

1 Einleitung

Im Mai 2014 fand in Köln die Fachtagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG), unter dem Motto "Die Medienwelt von morgen – größer, schöner, überall und jederzeit"¹ statt. Dieses Motto beschreibt sehr treffend den aktuellen Entwicklungstrend im Bereich der Fernsehproduktion. Insbesondere bei Sportereignissen findet ein regelrechter Wettlauf im Einsatz neuer Technologien und Produktionsmethoden statt. Eine dieser neuen Produktionsmethoden ist die sogenannte *Remote Production*.

Den Anstoß für das Thema dieser Master-Thesis gab ein Gespräch mit Larissa Görner auf der FKTG-Fachtagung. Sie hat im Rahmen ihrer MBA Thesis ein Businessmodell für ein lokales Online-Sportportal entwickelt, das auf der Verwendung von Remote Production basiert. Der Grundgedanke dabei ist, günstige Technik am Veranstaltungsort fest zu installieren, übers Internet fernzusteuern und von einem beliebigen Ort aus mit möglichst wenig Personal die Inhalte für das Sportportal zu produzieren. Auf diese Weise könnten Live-Übertragungen und Highlight-Zuschnitts von Sportereignissen, die nicht im Fernsehen übertragen werden, da sie dafür ein zu kleines Publikum ansprechen, online zur Verfügung gestellt werden. Dieses Modell ist sowohl für Randsportarten als auch für den Amateurbereich populärer Sportarten interessant. In der vorliegenden Arbeit wird die technische Seite dieses Konzepts am Beispiel einer Fußball-Live-Übertragung betrachtet.

Ziel dieser Master-Thesis ist es, anhand des konkreten Szenarios einer Fußball-Live-Übertragung technische Möglichkeiten der Umsetzung zu evaluieren und die Kernpunkte eines kostengünstigen Remote Production Konzepts zu erarbeiten – sowohl im technischen Bereich als auch im Hinblick auf den Inhalt und den nötigen Workflow.

¹ <https://www.fktg.org/26-fktg-fachtagung-2014-vom-5-8-mai-2014-koeln>, letzter Aufruf: 30.03.2015

Nach einer allgemeinen Begriffsklärung und einigen Beispielen für Remote Production wird zunächst die Grundidee näher erläutert. Im Anschluss werden die technischen und inhaltlichen Anforderungen an eine Fußball-Live-Übertragung erarbeitet und die technischen Optionen für die Umsetzung evaluiert. Darauf folgt die Schilderung der Testphase und der daraus resultierenden Erkenntnisse.

Abschließend noch die Anmerkung, dass aus Gründen der besseren Lesbarkeit in dieser Master-Thesis bei allen Bezeichnungen, die auf Personen bezogen sind, die männliche Form verwendet wird. Selbstverständlich sind hiermit immer beide Geschlechter gemeint.

2 Remote Production - Überblick

Bei einer Betrachtung der aktuellen Entwicklungen im Bereich der Fernsehtechnik taucht neben 3D und 4K mit zunehmender Häufigkeit der Ausdruck *Remote Production* auf. In einem Artikel zu dem Thema „Die Zukunft der Live-Produktion“ von Medien Bulletin im März 2013 wird „Remote Produktion“ als einer der „Schlüsselrends“ in der „Produktions- und Distributionstechnik“ genannt². Aber was genau bedeutet eigentlich Remote Production?

2.1 Definition

Remote heißt übersetzt *fern, entfernt oder abgelegen*, Production *Produktion* oder *Herstellung*. Die wörtliche Übersetzung von Remote Production könnte demzufolge *Fern-Produktion* oder *entfernte Produktion* lauten. Es gibt allerdings noch keine eindeutige, allgemeingültige Definition was dieser Begriff inhaltlich bedeutet. In einem Artikel mit dem Titel „Remote Production: Die Zukunft?“ im Dezember 2012 auf film-tv-video.de heißt es: „Was sich jeweils genau hinter diesem Begriff verbirgt, das wird ganz unterschiedlich definiert, die Grundidee ist aber immer gleich: Am Veranstaltungsort ist nur noch ein kleines Team präsent, das überwiegend aus Reportern und Moderatoren besteht, während das Gros der Produktionsteams aus Produktionsverantwortlichen, Technikern und Redakteuren am Heimatstandort bleibt und dort mit der gewohnten, bestehenden Infrastruktur das Rohmaterial verarbeitet, das am Veranstaltungsort akquiriert und/oder vom Host Broadcaster zur Verfügung gestellt wird.“³

² Eckstein, Eckhard: *Die Zukunft der Live-Produktion*, 03/2013, <http://mebucom.de/archiv-detail/items/die-zukunft-der-live-produktion.html>, letzter Aufruf: 30.03.2015

³ film-tv-video.de: *Remote Production: Die Zukunft?*, 07.12.2012, http://www.film-tv-video.de/index.php?id=newsdetail&tx_ttnews%5Btt_news%5D=43117&no_cache=1, letzter Aufruf: 11.01.2015

Demnach wird bei einer Remote Production tatsächlich zum Teil aus der Ferne produziert. Einige der Signale, die bei herkömmlichen Produktionen am Ort des Geschehens verarbeitet werden, müssen bei einer Remote Production über einen geeigneten Weg, wie z. B. eine gebuchte Datenleitung, zum jeweiligen Produktionsstandort transportiert werden. Das technische Equipment wird teilweise per Fernsteuerung bedient, so dass ebenso diverse Steuersignale übertragen werden müssen.

Konkret bezogen auf das Beispiel Fußball-Live-Übertragung könnte das z. B. heißen, dass im Stadion nur Kameras und Mikrofone aufgebaut werden und diese Signale von dort nicht wie bisher zu einem Ü-Wagen geführt sondern per Leitung zum Standort des Fernsehsenders übertragen werden. Live-Bildschnitt und Tonmischung würden in diesem Fall nicht im Ü-Wagen sondern in einer festen Regie beim Sender erstellt werden. Ebenso würde die Aussteuerung der Kameras aus der Ferne erfolgen. Vor Ort wären in einem solchen Szenario demnach lediglich einige Techniker für den technischen Aufbau und Kameraleute zum Bedienen der Kameras nötig. Wobei auch das Einrichten von Kamerabildern per Fernsteuerung technisch theoretisch möglich wäre.

Diese neue Art zu produzieren wird in erster Linie mit dem Ziel vorangetrieben, die Produktionskosten zu reduzieren. Auf den ersten Blick leuchtet es ein, dass ein kleineres Team am Ort der Veranstaltung geringere Reise- und Personalkosten bedeutet. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass unter Umständen höhere Leitungskosten eingerechnet werden müssen. Es ist daher bei jeder Produktion abzuwägen, inwiefern es sinnvoll ist, Teile der Produktion aus der Ferne zu realisieren.

„So attraktiv diese Art der Produktion aus Kostensicht scheinen mag, so viele Herausforderungen birgt sie.“⁴ heißt es weiter in dem Artikel auf [film-tv-video.de](http://www.film-tv-video.de). Denn neben einer Verlagerung der Kosten bedeutet Remote Production vor allem auch ein Umdenken in technischer Hinsicht und eine Veränderung bisheriger Workflows.

Die folgenden Abbildung zeigen im Vergleich den schematischen Aufbau einer herkömmlichen Produktion und einer Remote Production. Dabei ist zu erkennen, dass bei einem Remote Production Konzept eine Verlagerung der Arbeitsplätze vom Veranstaltungsort zum Heimatstandort stattfindet.

⁴ [film-tv-video.de: Remote Production: Die Zukunft?](http://www.film-tv-video.de/index.php?id=newsdetail&tx_ttnews%5Btt_news%5D=43117&no_cache=1), 07.12.2012, http://www.film-tv-video.de/index.php?id=newsdetail&tx_ttnews%5Btt_news%5D=43117&no_cache=1, letzter Aufruf: 11.01.2015

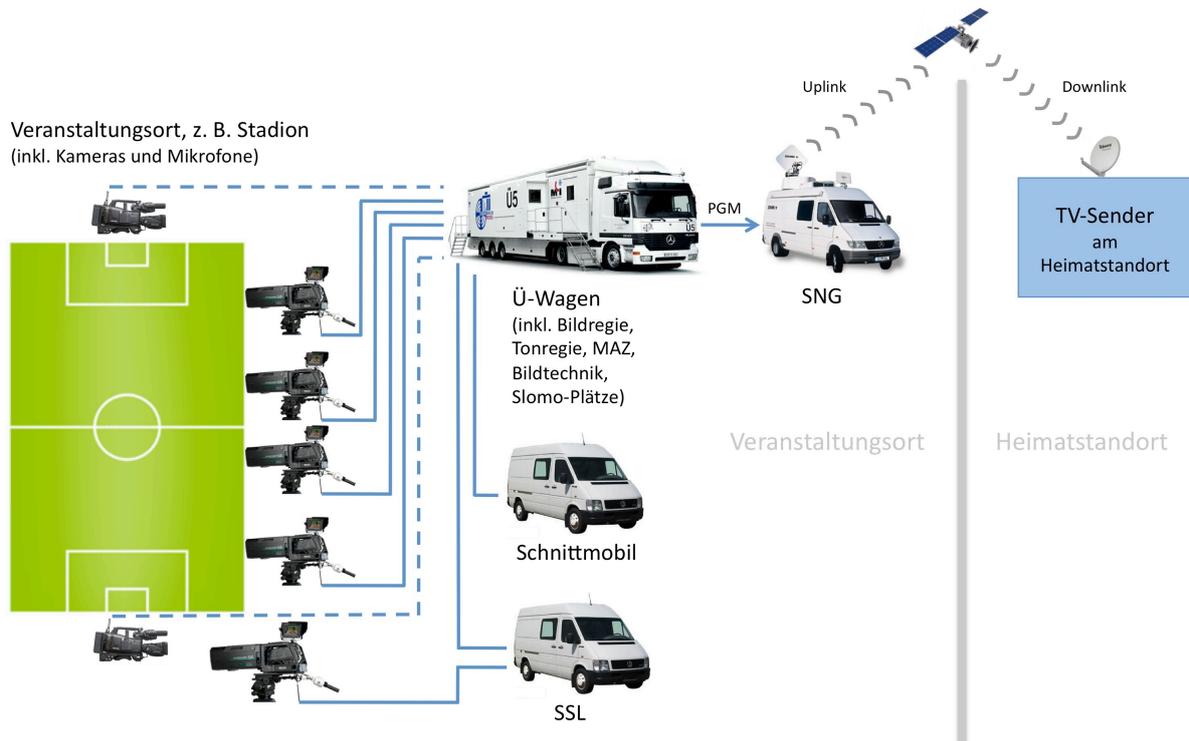


Abb. 1: Schematische Darstellung einer herkömmlichen Außenproduktion

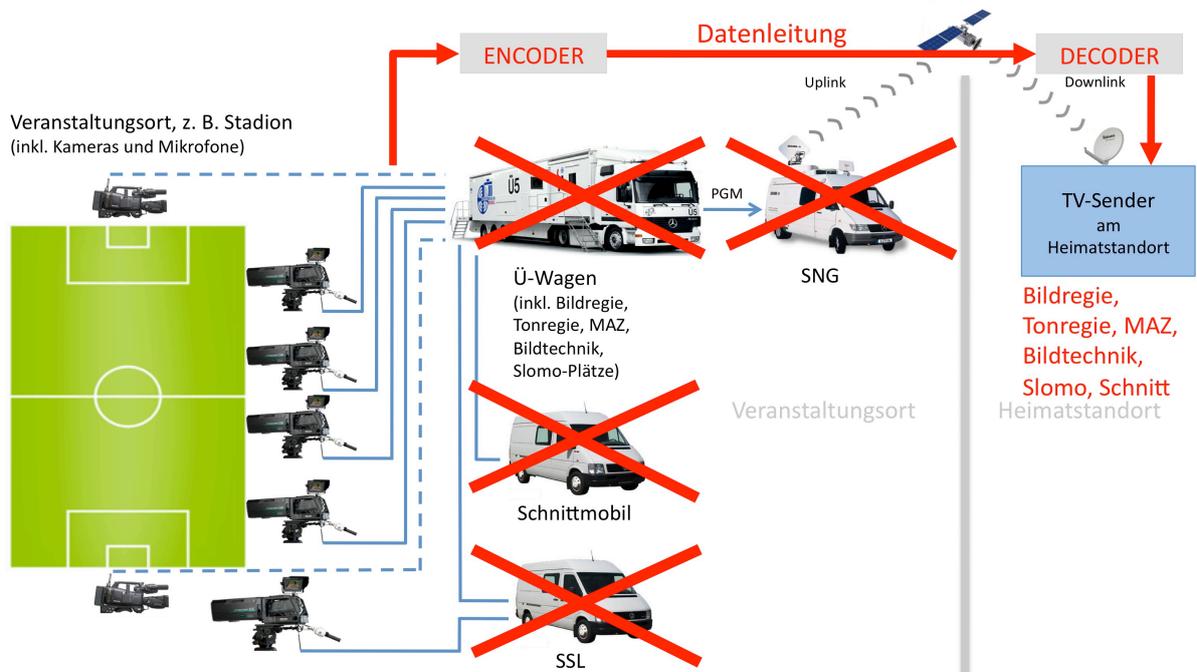


Abb. 2: Verlagerung der Produktionselemente durch Remote Production

2.2 Beispiele

Anhand einiger Beispiele lässt sich verdeutlichen weshalb es schwierig ist, eine allgemeingültige Definition für den Begriff *Remote Production* zu finden. Die Anwendungsmöglichkeiten sind vielfältig und sie unterscheiden sich vor allem im Umfang der ferngesteuerten Elemente und in der technischen Umsetzung der Fernsteuerung selbst. Zudem ist der Einsatz von Remote Production noch so neu, dass sich bisher keine technische Lösung für alle Bereiche durchgesetzt hat. Es existieren verschiedenste Konzepte und Fallbeispiele für Umsetzungen, die aufgrund der vorhandenen Infrastruktur am Heimatstandort und am Veranstaltungsort von Fall zu Fall variieren.

2.2.1 Digital Concert Hall der Berliner Philharmoniker

Die Digital Concert Hall der Berliner Philharmoniker, eine Art Mediathek, die den Nutzern die Konzerte der Berliner Philharmoniker als Livestream sowie per Zugriff auf das Archiv zur Verfügung stellt, nutzt Komponenten aus dem Bereich Remote Production.

Hierbei sind die Kameras das ferngesteuerte Element. In der Philharmonie sind sieben Kameras fest installiert, die aus der Regie von einem Kameramann per Fernsteuerung bedient werden. An dieser Stelle werden dadurch gegenüber einer herkömmlichen Produktion sechs Kameraleute eingespart.

Warum ist das hier so leicht umzusetzen? Es gibt in der Philharmonie, ebenso wie in anderen Konzerthäusern, feste Positionen für das Orchester und den Dirigenten. Daraus ergeben sich immer die gleichen Kamerapositionen, mit denen sich in der Regel jedes Konzert gut auflösen lässt. Die Kameras sind schwenk- und neigbar und lassen sich somit für die jeweiligen Besonderheiten des Konzertes entsprechend einrichten. In der Regel sind nur kleine Korrekturen vorzunehmen. Beispielsweise bei der Kamera, die den Dirigenten von vorne zeigt, werden die notwendigen Anpassungen der Ausrichtung durch die Größenunterschiede verschiedener Dirigenten und ihres jeweiligen Bewegungsradius bestimmt.

Der Regieraum für die Digital Concert Hall befindet sich direkt in einem Raum der Philharmonie, so dass die Fernsteuerung sozusagen *von nebenan* realisiert wird und die Kabellängen in etwa denen einer herkömmlichen Produktion entsprechen. Zudem ist der technische Support bei Bedarf schnell vor Ort. Durch diese beiden Faktoren unterscheidet sich die Digital Concert Hall wesentlich von

anderen Anwendungsbeispielen und kann daher nur als einfache Form der Remote Production bezeichnet werden.⁵

2.2.2 FIFA WM 2014 in Brasilien

In erster Linie wird die Fußball WM 2014 in Deutschland natürlich wegen des WM-Titels in Erinnerung bleiben. Diese Weltmeisterschaft war aber auch hinsichtlich der eingesetzten Fernstechnik revolutionär. Das bei dieser WM gemeinsam von ARD und ZDF genutzte WM-Studio wurde auf einer Dachterrasse mit Blick auf die Copacabana eingerichtet - in 35 km Entfernung zur dazugehörigen Regie im International Broadcast Centre (IBC). Die Anbindung dieses Studios wurde somit als Remote Production realisiert, d. h. die Technik vor Ort wurde über eine Glasfaser an die Regie im IBC angebunden. Die Videosignale der Kameras wurden ins IBC übertragen und liefen dort in der Bildregie auf, um live auf den Sender geschaltet zu werden. Die In-Ear-Mischung für die Moderatoren wurde von einem Lawo-Mischpult im IBC aus erstellt, das ein kleines Sapphire-Pult auf der Dachterrasse ferngesteuert hat. Dieser Aufwand war notwendig, um die auftretenden Laufzeitunterschiede zwischen der Dachterrasse und dem IBC zu umgehen.⁶

2.2.3 Olympische Winterspiele 2014 in Sotschi

Die finnische öffentlich-rechtliche Rundfunkanstalt YLE verfolgt schon seit mehreren Jahren das Ziel, bei Großveranstaltungen den Umfang an Personal und Equipment am Veranstaltungsort so gering wie möglich zu halten. Insbesondere bei olympischen Sommerspielen wird versucht, auf diese Weise Kosten zu sparen.

So produzierte YLE bei den olympischen Winterspielen in Sotschi 2014 mit der vorhandenen Infrastruktur am Heimatstandort in Helsinki die Sendesignale für zwei Radio- und zwei Fernsehprogramme. Mit Hilfe von Nimbra-Routern wurden die dafür nötigen Signale über eine STM-1 Leitung vom IBC nach Helsinki übertragen. Auch die Kommentatoren befanden sich dabei größtenteils in Helsinki.⁷

⁵ Vgl. <https://www.digitalconcerthall.com/de/info>, letzter Aufruf: 28.03.2015

⁶ Vgl. Gebhard, Christine; Voigt-Müller, Gerd: *Fußballfest in Zuckerhut -Land: So übertragen ARD und ZDF die WM2014 aus Brasilien*, 24.06.2014, [http://www.film-tv-video.de/225.html?&tx_ttnews\[tt_news\]=44157&L=0&no_cache=1](http://www.film-tv-video.de/225.html?&tx_ttnews[tt_news]=44157&L=0&no_cache=1), letzter Aufruf: 18.01.2015

⁷ Vgl. Liikanen, Samuli; Verkkosaari, Kimmo: *Auf Sendung mit den Olympischen Spielen*, In: FKT 4/2014, S. 157 ff.

3 Grundidee

Kombiniert man die ferngesteuerten Elemente der in Kapitel 2 beschriebenen Beispiele, ließe sich theoretisch ein Workflow entwickeln, der in allen Bereichen der Produktion auf Remote Production basiert. Die Umsetzung eines vollständigen Remote Workflows ist in verschiedenen Preissegmenten und Qualitätsstufen denkbar. Ziel dieser Arbeit soll es sein, möglichst kostengünstige Lösungen zu evaluieren, um mit Hilfe von Remote Production Ereignisse übertragbar zu machen, die im Fernsehen nicht gezeigt werden, da sie für den finanziellen Aufwand einer Fernsehübertragung ein zu geringes Publikum ansprechen. Beispiele für solche Ereignisse sind regionale Fußballspiele auf Amateurniveau, Spiele und Turniere im Bereich der Randsportarten, aber auch kleinere Theateraufführungen oder Konzertveranstaltungen.

In dieser Arbeit liegt der Schwerpunkt auf dem Bereich Fußball-Live-Übertragung, um anhand konkreter Gegebenheiten ein realistisches Szenario für eine vollständige Remote Production zu entwickeln. Die einzelnen Elemente lassen sich dabei größtenteils auf andere Sportarten und Veranstaltungen übertragen.

Für eine möglichst kostengünstige Umsetzung muss gegenüber einer professionellen Fernsehübertragung eines Fußballspiels in einigen Gliedern der Produktionskette erheblich gespart werden. Hierbei sollten Überlegungen zur Art und Anzahl des Equipments sowie zur Anzahl des Personals, das während der Veranstaltung direkt am Stadion benötigt wird, angestellt werden. Die Signalübertragung und die für die Weiterverarbeitung nötige Infrastruktur müssen ebenfalls betrachtet werden. Und nicht zuletzt ist für die Kalkulation von Arbeits- und Reisezeiten die Frage relevant, von welchem Ort aus das an der Produktion beteiligte Personal agiert.

Unter Inkaufnahme einer geringeren Qualität des Endprodukts gegenüber einer professionellen Fußball-Live-Übertragung ergibt sich aus diesen Überlegungen folgende Grundidee:

Statt eines Übertragungswagens werden vor Ort lediglich IP-Kameras und Mikrofone installiert, deren Signale über das Internet zu einer Produktionsplattform transportiert werden. Dort wird aus den Signalen ein Liveschnitt erstellt und als Livestream gesendet. Parallel dazu werden Highlights geschnitten, die nach dem Spiel von unterschiedlichen Endgeräten aus abrufbar sind. Genau wie bei einer professionellen Fußballübertragung im Fernsehen sollen Livestream und Highlights kommentiert werden. Mit der Besonderheit, dass der Kommentator sowie auch der Cutter dabei jeweils von zu Hause oder einem beliebigen anderen Ort aus arbeiten können, vorausgesetzt es steht dort ein Internetanschluss zur Verfügung. Ebenfalls von einem beliebigen Ort aus wird das im Stadion installierte Equipment über das Internet ferngesteuert, so dass dort nach einmaliger Installation während der zu übertragenden Veranstaltung im Idealfall kein Personal mehr vor Ort sein muss.

Unter Umständen ist es notwendig, einen zentralen Produktionsstandort einzurichten, an dem die für Speicherung und Management der einlaufenden Daten benötigten Server stehen. Es ist anzunehmen, dass es sowohl technische als auch logistische Vorteile hätte, dort ebenfalls den Liveschnitt zu erstellen und die Fernsteuerung des Equipments vorzunehmen. Bei konsequenter Remote Production sollte es jedoch möglich sein, auch diese beiden Tätigkeiten von unterschiedlichen Orten aus durchzuführen. Inwiefern eine Zentralisierung einzelner Teile des Produktionsworkflows tatsächlich sinnvoll ist, hängt stark vom jeweiligen Konzept der technischen Umsetzung ab.

Wesentliche Vorteile der Idee

Bei der geschilderten Idee ließen sich die Kosten für Personal und Technik am Veranstaltungsort gegenüber einer herkömmlichen professionellen Fernsehübertragung erheblich verringern. Durch die Nutzung des Internets zur Übertragung der Signale würden zudem lediglich die Kosten für einen handelsüblichen Internetanschluss als Leitungskosten anfallen.

Die Neuerung, dass die an der Produktion beteiligten Mitarbeiter nicht zum Produktionsort reisen müssen, schafft ganz neue richtungsweisende Möglichkeiten. Auf diese Weise wäre es z. B. vorstellbar, dass ein Cutter die Highlights von zwei parallel laufenden Spielen gleichzeitig schneidet. Ein Kommentator könnte direkt nacheinander mehrere Spiele kommentieren. Gleiches gilt

beispielsweise auch für einen Regisseur, der von demselben Arbeitsplatz aus direkt hintereinander zwei Fußballspiele live schneiden könnte, einfach indem er sich neue Signale aus einem anderen Stadion anwählt. Zusammengefasst bedeutet das, dass ein einziges Team ausreichen würde, um an einem Arbeitstag mehrere Fußballspiele zu übertragen.

Abgesehen von der höheren Effizienz gegenüber der herkömmlichen Produktionsweise, würde diese Idee gleichzeitig auch einen Beitrag zur Verbesserung der Klimabilanz leisten und einen Schritt in Richtung Chancengleichheit für Menschen mit Behinderung darstellen.

4 Inhaltliche Anforderungen

Zur Entwicklung eines effizienten Workflows und seiner adäquaten technischen Umsetzung ist es notwendig, die inhaltlichen Anforderungen im Vorfeld sehr genau zu definieren. Dabei steht zunächst die Frage im Vordergrund, in welcher Form das Sportereignis übertragen und online zur Verfügung gestellt werden soll. Eine Umfrage, die Larissa Görner im Rahmen ihrer Masterarbeit durchgeführt hat, zeigt, dass für einen Livestream des ganzen Spiels mit Kommentar das größte Interesse besteht. Dicht gefolgt von Highlights in jeder Pause und kommentierten Highlights des gesamten Spiels. Weniger wichtig waren den Befragten Interviews mit Trainern und ein unkommentierter Livestream des Spiels.⁸ Dennoch sollte bei der Entwicklung des Workflows die Option einbezogen werden, auch Zusatzmaterial, wie Interviews mit Trainern und Spielern oder Fotos vom Spielgeschehen, online zur Verfügung zu stellen.

Die drei wesentlichen zu erstellenden Inhalte sind demnach:

- Livestream des gesamten Spiels mit Kommentar
- kurze Highlights in der Halbzeitpause (1. Halbzeit) mit oder ohne Kommentar
- lange Highlights nach dem Spiel (1.+2. Halbzeit) mit Kommentar

Die notwendigen Elemente zur Erstellung dieser Inhalte lassen sich am besten anhand einer klassischen Fußballübertragung im Fernsehen erarbeiten, um die bewährte Art der Fußballübertragung auf die grundlegenden Bestandteile zu reduzieren, damit es realistisch wird, diese mit dem Einsatz von Remote Production umzusetzen und damit eine kostengünstige Übertragung von Fußballspielen ab der 5. Liga in einfacher Form anbieten zu können.

⁸ Vgl. Görner, Larissa: *MediaStroom – A Start-up business plan for an online local sports content portal*, MBA Thesis 31.03.2015, Hochschule für Angewandte Wissenschaften München

4.1 Klassische Auflösung eines Fußballspiels im Fernsehen

Bereits 1952 wurde im deutschen Fernsehen das erste Fußballspiel übertragen.⁹ Waren es anfangs nur vereinzelte Spiele ist Fußball mittlerweile ein fester Bestandteil des heutigen Fernsehprogramms geworden. Der Aufwand für die Übertragung hängt von der Wichtigkeit des Spiels ab. Bei großen Turnieren wie Welt- oder Europameisterschaften werden beispielsweise wesentlich mehr Kameras eingesetzt als bei einer Partie der 3. Liga.

4.1.1 Technisches Konzept

Für die Übertragung der 1. und 2. Bundesliga gibt die DFL Deutsche Fußball Liga GmbH Produktionsstandards vor, die Teil der sogenannten Medienrichtlinien sind.¹⁰ Darin sind für die unterschiedlichen Spielkategorien die jeweils anzuwendenden Audio- und Kamerakonzepte festgelegt.¹¹ Da es im Hinblick auf einen Remote Production Workflow um die Entwicklung eines reduzierten Konzeptes geht, erscheint es sinnvoll im Folgenden lediglich das einfachste Konzept zu betrachten, das bei den Spielen der 2. Bundesliga sowie den Relegationsspielen zwischen 2. Bundesliga und 3. Liga Anwendung findet.

Kamerakonzept 6+1 HD		
Kamera	Standort	Optik
KA1	Führung, Mitte hoch	24 x 7.2 mm
KA2	Führung nah, Mitte hoch	72 x 9.3 mm
KA3	Mitte flach, SSL, Spezial-Rundschiene Orbiter	86 x 9.3 mm
KA4	16m hoch links	60 x 9 mm
KA5	16m hoch rechts	60 x 9 mm
KA6	Hintertor flach links, Handkamera	21 x 7.6 mm
KA7	Hintertor hoch rechts	60 x 9 mm

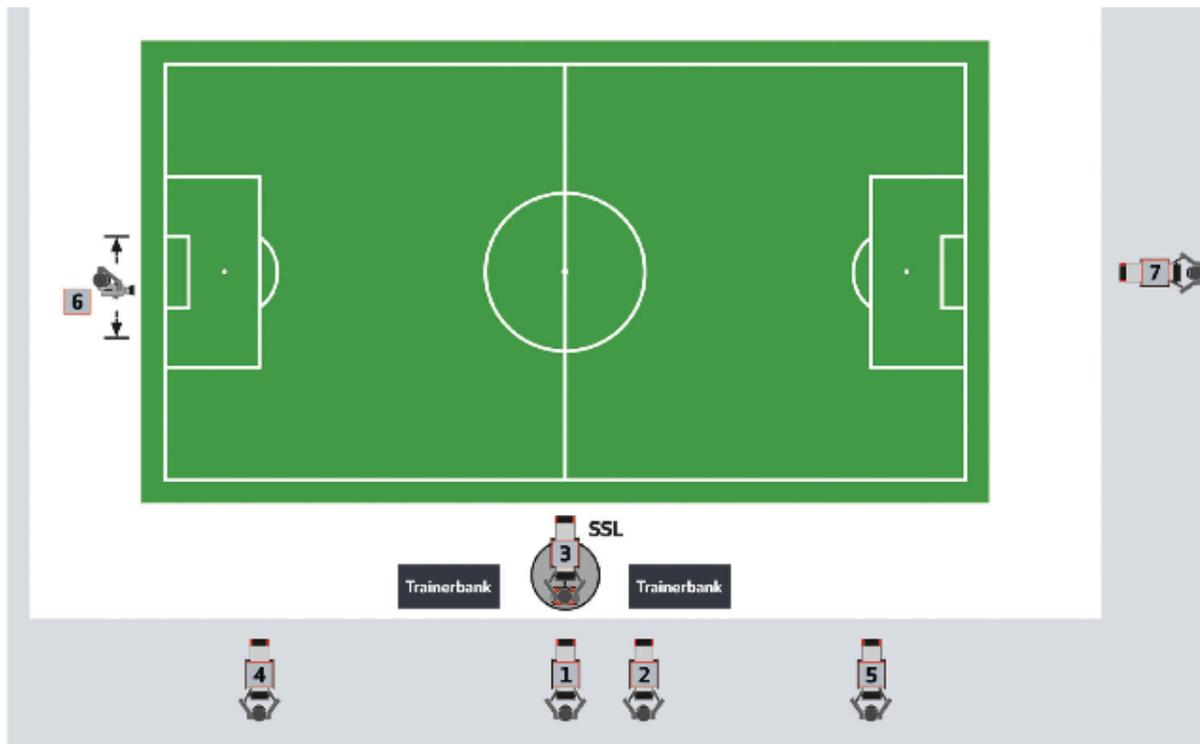
Quelle: DFL Deutsche Fußball Liga GmbH

Abb. 3: Kamerakonzept 6+1 HD - Kameralgende

⁹ Deutsches Rundfunkarchiv, Frankfurt/M., Über "Chronik der ARD", Chroniken der Landesrundfunkanstalten, <http://web.ard.de/ard-chronik/index/5534?year=1952>, letzter Aufruf: 25.02.2015

¹⁰ <http://www.bundesliga.de/de/dfl/mediencenter/durchfu-hrungsbestimmungen/>, letzter Aufruf: 25.02.2015

¹¹ http://www.bundesliga.de/media/native/dokument/Anlage_B1_Produktionsstandards%202014-2015.pdf, letzter Aufruf: 25.02.2015



Quelle: DFL Deutsche Fußball Liga GmbH

Abb. 4: Standardkonzept für die Spiele der 2. Bundesliga und die Relegation zwischen 2. Bundesliga und 3. Liga

Das abgebildete Kamerakonzept beinhaltet sieben Kamerapositionen, die an der Geometrie des Spielfelds orientiert sind. Die wichtigste Kamera bei einer Fußballübertragung ist immer die Kamera 1, die sogenannte Führungskamera. Wie auf der Abbildung zu sehen ist, steht die Kamera 1 oben auf der Tribüne exakt auf Höhe der Mittellinie. Sie zeigt während des Spiels eine Totale des zentralen Spielgeschehens, d. h. der Ball muss im Bildausschnitt der Führungskamera immer zu sehen sein und die Kamera wird entsprechend mitgeschwenkt. Vor und nach dem Spiel sowie in der Halbzeitpause kann die Führungskamera auch als offenere Totale eingerichtet werden, in der mehr vom Stadion zu sehen ist. Während des Spiels hingegen zeigt sie für gewöhnlich nicht das ganze Spielfeld, sondern nur den wesentlichen Teil davon, damit der Zuschauer das Spielgeschehen möglichst gut verfolgen kann.

Die Kamera 2 im vorliegenden Kamerakonzept steht direkt neben der Kamera 1 und wird als nahe Führungskamera eingesetzt. Sie ist demnach für eine nähere Abbildung des zentralen Spielgeschehens wie z. B. des ballführenden Spielers zuständig, weshalb für diese Kamera auch ein Objektiv mit größerem Zoomfaktor vorgesehen ist.

Direkt am Spielfeldrand auf Höhe der Mittellinie ist der Standort für die Super Slowmotion-Kamera (kurz: Superslomo, SSL). Diese Kamera arbeitet mit der dreifachen Bildwechselfrequenz, d. h. sie erfasst 150 Bilder pro Sekunde und ermöglicht dadurch das Zuspieren von Zeitlupen mit besonders feiner Bewegungsauflösung, da bei einer Zeitlupengeschwindigkeit von 33 Prozent pro Sekunde 50 Bilder aus 50 unterschiedlichen Bewegungsphasen zur Verfügung stehen. Somit liegt die Hauptaufgabe dieser Kamera darin, die jeweils wichtigste Spielszene nah zu zeigen, um für eine eventuell geforderte Zeitlupe möglichst spannende und aufschlussreiche Bilder zu liefern. Durch die ebenerdig an der Mittellinie positionierte Kamera sind Szenen im mittleren Bereich und am vorderen Rand des Spielfeldes sehr gut aufzulösen. Auch die Reaktionen der Trainer können von dort gut eingefangen werden.

Bei Torraumszenen auf beiden Seiten ist das Blickfeld für die SSL hingegen oftmals durch Spieler beider Mannschaften verdeckt. Daher lassen sich Tore und Torchancen häufig besser aus Kameras zeigen, die auf Höhe des jeweiligen Strafraums positioniert sind. Im vorliegenden Kamerakonzept sind das die Kameras 4 und 5, jeweils ihrer Position nach bezeichnet als „16 m hoch links“ und „16 m hoch rechts“. Durch ihre erhöhten Standorte auf der Tribüne bieten sie einen guten Überblick bei Spielszenen im Strafraum und haben die wichtige Aufgabe der Abseitsauflösung. Dafür muss das Bild nach Möglichkeit so eingerichtet werden, dass sowohl der ballführende Spieler der angreifenden Mannschaft, der gegebenenfalls den entscheidenden Pass gibt, als auch der letzte Abwehrspieler der in der Defensive agierenden Mannschaft darin zu sehen sind.

Die in obiger Abbildung mit der Nummer 6 bezifferte Handkamera wird als „Hintertor flach links“ bezeichnet, da sie sich während des Spiels hinter dem linken Tor aufhält. Diese Position bietet auf der linken Seite einen interessanten und vor allem einen von den anderen Kameras sich stark unterscheidenden Blickwinkel auf Tor- und Strafraumszenen und wird gerne für Zeitlupen und das Zeigen des Torwartabstoßes verwendet. Vor Spielbeginn hält sich diese Kamera im Spielertunnel auf, um Spieler und Schiedsrichter in den letzten Minuten vor dem Spiel zu zeigen. Direkt nach dem Spiel und gegebenenfalls auch in der Halbzeitpause dient sie als Interviewkamera. Auf der rechten Seite des Spielfeldes ist oben auf der Tribüne die Kameraposition für die Kamera 7 vorgesehen, die sogenannte „Hintertor hoch rechts“. Aus dieser Perspektive werden vorwiegend Zeitlupen von Tor- und Strafraumszenen gezeigt. Häufig lässt sich auch die Entstehung eines Tores oder einer Torchance gut von dieser Position aus auflösen.

Die baulichen Gegebenheiten im Stadion haben natürlich einen gewissen Einfluss auf den genauen Bildausschnitt der Kameras, da sowohl der Abstand zum Spielfeld als auch die Höhe des Kamerastandortes je nach Stadion variieren kann. Auch dieser Zusammenhang findet besondere Erwähnung in den Medienrichtlinien der DFL, darin heißt es: „Die Führungskameraposition soll sich mindestens in einer solchen Höhe zum Spielfeld befinden, von der aus das Kameraobjektiv (gemessen in 1,50 Meter Höhe von der Oberkante des Bodens) in einem Winkel zwischen 23 und 32 Grad zur Seitenauslinie und zwischen 12 und 16 Grad zum Anstoßpunkt steht. Ein Winkel von 40 Grad zur Seitenauslinie darf nicht überschritten werden.“¹² Allein dieses Beispiel zeigt, dass der Profifußball in Deutschland inzwischen zu einer Marke geworden ist, bei deren Außenwirkung und Vermarktung nichts dem Zufall überlassen wird.

Gleiches gilt für den Ton bei der Übertragung einer Partie der Fußball Bundesliga. Denn der spielt eine maßgebliche Rolle für das Transportieren der Stadionatmosphäre zum Zuschauer nach Hause. In den Produktionsstandards der DFL sind zwei verschiedene Audiokonzepte enthalten. Im Folgenden wird das einfachere Stereo-Konzept betrachtet, das bei Spielen der 2. Bundesliga Anwendung findet.

In der nachfolgend gezeigten Abbildung ist zu erkennen, dass sieben Mikrofone um das Spielfeld herum direkt am Spielfeldrand platziert werden. „Hierzu werden gerichtete Mikrofone mit einer Keulen-Charakteristik eingesetzt“¹³, heißt es in der Erklärung zu den Audiokonzepten. Ein auf die Zuschauer ausgerichtete Mikrofon steht jeweils hinter jedem Tor und ein Stereomikrofon auf der Haupttribüne. Mit dieser Mikrofonierung soll eine ausgewogene Mischung aus Stadionatmosphäre und Spielgeräuschen erreicht werden. Für Geschehnisse vor und nach dem Spiel sowie in der Halbzeitpause ist zudem ein Mikrofon an der Handkamera und eine drahtlose Tonangel vorzusehen.

¹² <https://bundesliga.de/media/native/dokument/Anhang%20XI%20zur%20LO%202013-12-06%20Stand.pdf>, letzter Aufruf: 25.02.2015

¹³ http://www.bundesliga.de/media/native/dokument/Anlage_B1_Produktionsstandards%202014-2015.pdf, S.54, letzter Aufruf: 25.02.2015



Abb. 5: Mikrofonierung 2. Bundesliga

4.1.2 Inhaltliches Konzept

Nach der Betrachtung des technischen Konzepts einer Fußball-Übertragung folgt nun der Blick auf die inhaltlichen Aspekte. Da die Rahmenbedingungen und der grundsätzliche Ablauf eines Fußballspiels immer gleich sind, lässt sich auch die Abfolge typischer Kameraeinstellungen weitgehend standardisieren. Für das Produktionsteam ist diese Tatsache äußerst hilfreich, da auf diese Weise trotz aller Ungewissheit über den genauen Spielverlauf eine routinierte Arbeitsweise möglich ist. Anhand des zeitlichen Ablaufs können die wichtigen Kameraeinstellungen für die jeweilige Phase klar benannt werden.

Ab ca. 30 Minuten vor Spielbeginn:

- Stadiontotale
- Stimmungsbilder von den Tribünen, Fans von Heim- und Gastmannschaft
- Mannschaften beim Aufwärmtraining
- Trainer beider Mannschaften
- wichtige Spieler

Ab ca. 5 Minuten vor Spielbeginn:

- Stadions totale oder anderes geeignetes Hintergrundbild
- darüber: Grafik mit den Mannschaftsaufstellungen
- Bilder aus dem Spielertunnel von Spielern und Schiedsrichtern
- Trainer beider Mannschaften kurz vor dem Spiel
- Einlaufen der Mannschaften in der Totale und näher
- evtl. Schiedsrichtergespann
- Spieler am Mittelpunkt kurz vor dem Anstoß

Während des Spiels:

- Spielstand und Uhr als permanente Grafikeinblendung am oberen Bildrand. Bei besonderen Situationen (z. B. Tor, gelbe Karte): Grafik mit Benennung der Aktion und Spielminute sowie Nummer und Name des Spielers als Bauchbinde.
- Allgemeines Spielgeschehen überwiegend aus mitschwenkender Führungskamera, gelegentlich unterschritten mit näheren Einstellungen der ballführenden Spieler und Reaktionen der Trainer.
- Foulspiel:
 - gefoulter Spieler
 - Verursacher des Fouls und evtl. auch Schiedsrichter nah¹⁴
 - aufschlussreichste Zeitlupe des Fouls
 - bei längerer Spielunterbrechung oder strittiger Szene weitere Zeitlupen des Fouls aus anderen Perspektiven
 - bei anschließendem Freistoß: Schütze nah, dann Umschnitt in die Führungskamera
- Torchance:
 - Schütze nah
 - Torwart oder klärender Spieler nah
 - Zeitlupen der Chance aus unterschiedlichen Perspektiven, danach evtl. nochmal beteiligte Spieler nah
 - zurück ins Spiel mit Umschnitt in die Führungskamera

¹⁴ mit „nah“ ist hier und im weiteren Verlauf des Kapitels nicht nur die klassische Einstellungsgröße „nah“ gemeint, sondern im Allgemeinen nähere Einstellungen von Personen, je nach Situation kann das in Einstellungsgrößen auch „groß“, „halbnah“, „amerikanisch“ oder „halbtotal“ bedeuten

- Tor:
 - Torschütze nah
 - Bilder des Jubels bei der einen Mannschaft, Bilder der Enttäuschung bei der anderen Mannschaft
 - Zeitlupen des Tores aus unterschiedlichen Perspektiven
 - Torschütze nochmal nah evtl. auch für Grafikeinblendung
 - sobald das Spiel weiterläuft: Umschnitt in die Führungskamera
 - bei der nächsten Spielunterbrechung gegebenenfalls ein zweites sogenanntes „Slomo-Paket“, d. h. mehrere Zeitlupen in Zusammenhang mit dem Tor, die vorher noch nicht gezeigt wurden, darin z. B. auch Reaktionen der Trainer, Reaktionen der Fans
- Grundsätzlich gilt: Während das Spiel läuft, wird das Geschehen überwiegend aus der Führungskamera gezeigt, nur gelegentlich unterschritten mit näheren Einstellungen des ballführenden Spielers oder Reaktionen der Trainer. Bei besonderen Situationen werden zunächst die hauptsächlich daran beteiligten Spieler gezeigt, danach folgen eine oder mehrere Zeitlupen von der konkreten Situation. Spielunterbrechungen werden häufig dazu genutzt, Zeitlupen nachzuliefern, für die vorher noch keine Zeit war, oder auch um die Stimmung im Stadion zu transportieren.

Halbzeitpause:

- Stadiontotale
- Spieler und Trainer auf dem Weg in die Kabine
- Halbzeitbilder, einzelne Fans in der Pause z. B. mit Bratwurst in der Hand oder besonderer Verkleidung
- Highlights der 1. Halbzeit: alle Tore und wichtige Torchancen, jeweils mit Torschütze, Jubel und Zeitlupen
- evtl. Interviews

Nach dem Spiel:

- Spieler und Trainer nah mit den jeweiligen Reaktionen, Jubel, Abklatschen und *hängende Köpfe*
- Interaktion zwischen Mannschaften und Fans
- Interviews mit Spielern und Trainern beider Mannschaften

- Stadionsumfassungen
- Highlights des kompletten Spiels: alle Tore und wichtige Torchancen, jeweils mit Torschütze, Jubel und Zeitlupen
- Stadionsumfassungen

Der gesamte Studio-Teil, der normalerweise zu einer Fußballübertragung im Fernsehen dazu gehört, wurde hier bewusst weggelassen, da es in dem angestrebten Remote Production Konzept um die reine Übertragung des Sports gehen soll. Die Analyse des Spiels und das Führen des Zuschauers durch den Ablauf der Übertragung sind in diesem Fall Aufgaben des Kommentators.

4.2 Vereinfachung für die kostengünstige Umsetzung mit Remote Production

Die oben geschilderte Auflösung eines Fußballspiels der 2. Bundesliga wird bei der Fernsehübertragung in einem Stadion angewendet, das laut Stadionhandbuch von DFL und DFB für mindestens 15.000 Zuschauer ausgelegt sein muss.¹⁵ Damit unterscheiden sich die infrastrukturellen Voraussetzungen erheblich von der Austragung eines Fußballspiels im Amateurbereich. Allein diese Tatsache verlangt nach einem vereinfachten Konzept für die Übertragung eines solchen Fußballspiels. Hinzu kommt, dass das angestrebte Remote Production Konzept auch eine Einsparung auf Personalebene beinhaltet und damit einhergehend eine Reduzierung der durchzuführenden Tätigkeiten erforderlich ist. Insbesondere am Übertragungsort soll nach Möglichkeit gänzlich auf Fachpersonal verzichtet werden können. Aus Kostengründen sollte dabei auch das vor Ort benötigte Equipment auf ein Minimum begrenzt werden.

Die Herausforderung liegt somit darin, möglichst viele der oben beschriebenen Elemente mit möglichst geringen technischen und personellen Mitteln zu realisieren. Normalerweise würde auf Basis des umzusetzenden Inhalts ein passendes technisches Konzept entwickelt werden. Da hier jedoch die Technik der entscheidende limitierende Faktor ist, erfolgt die Herangehensweise hier in umgekehrter Reihenfolge.

¹⁵ Vgl. Stadionhandbuch von DFL und DFB, S.15, http://www.mik.nrw.de/fileadmin/user_upload/Redakteure/Dokumente/Themen_und_Aufgaben/Schutz_und_Sicherheit/NKSS/Anlagen_Konzept_NKSS_2012/NKSS_A3_DFL_DFB_Stadionhandbuch_20090119.pdf, letzter Aufruf: 28.02.2015

4.2.1 Vereinfachtes technisches Konzept

Die Vereinfachung auf technischer Ebene beginnt mit einer Reduzierung der Kameras. Die Schwierigkeit dabei ist, dass im Amateurbereich jeder Fußballplatz andere Gegebenheiten mit sich bringt, da es hier keine einheitlichen Regelungen für die Infrastruktur außerhalb des Spielfeldes gibt. So kann z. B. nicht davon ausgegangen werden, dass eine überdachte Tribüne vorhanden ist und damit eine erhöhte und überdachte Kameraposition zur Verfügung steht. Eben diese wird im Idealfall allerdings zur festen Installation einer ferngesteuerten IP-Kamera benötigt. Das zu entwickelnde Konzept muss daher jeweils auf die Bedingungen vor Ort angepasst werden. In Kapitel 5 werden die technischen Optionen genauer betrachtet. An dieser Stelle soll es zunächst nur um die Anzahl der Kameras gehen.

Theoretisch ließe sich bereits mit nur einer mitschwenkenden Kamera der reine Spielverlauf übertragen. Es gäbe dabei jedoch keine Möglichkeit, nähere Einstellungen von Spielern als Zwischenschnitte zu verwenden oder Zeitlupen aus einer anderen Perspektive zu zeigen. Um die wesentlichen Elemente einer Fußballübertragung abdecken zu können, muss daher mindestens mit zwei Kameras gearbeitet werden: Eine Führungskamera, die permanent eine Totale des Spielgeschehens zeigt und entsprechend mitgeschwenkt werden kann, sowie eine zweite Kamera, die nähere Einstellungen des Spielgeschehens zum Unterschneiden im Live-Bild und für das Zuspätschießen von Zeitlupen anbietet. Beide Kameras müssten hierbei per Fernsteuerung bewegt werden können.

Auch der Einsatz von drei Kameras ist denkbar. Genau wie bei eben beschriebenem 2-Kamera-Konzept wäre eine davon die mitschwenkende Führungskamera. Davon ausgehend, dass sich die wichtigsten Szenen des Spiels in den beiden Strafräumen abspielen, könnten die zwei anderen Kameras mit näheren Einstellungen der beiden Strafräume fest eingerichtet werden. In diesem Fall müsste sich nur die Führungskamera per Fernsteuerung bewegen lassen. Wären alle drei Kameras beweglich, könnte das 2-Kamera-Konzept durch eine dritte Kamera derart ergänzt werden, dass sie das Spielgeschehen ebenfalls nah zeigt, aber aus einer anderen Perspektive als die zweite Kamera. Diese dritte Kamera könnte auch andere Zwischenschnitte liefern, wie z. B. Bilder von Zuschauern, Trainern oder dem Schiedsrichter.

Mit zwei bis drei ferngesteuerten Kameras ließen sich demnach bereits einige wichtige Elemente einer klassischen Fußballübertragung umsetzen. Für die Aufzeichnung von Zusatzmaterial kann

zudem der Einsatz von Smartphones in Erwägung gezogen werden, die z. B. Interviews oder auch kurze Sequenzen aus dem Spiel aufzeichnen und in geeigneter Form zur Produktionsplattform senden können.

Die Reduzierung des Audiokonzeptes auf eine für das geplante Remote Production Szenario taugliche Version setzt in erster Linie bei der Menge der verwendeten Mikrofone an. Neben den Kosten für die Mikrofone müssten zudem für die Abdeckung des Spielfeldes, durch an der Seitenlinie rings um das Spielfeld aufgestellten Richtmikrofonen, auch etliche Meter Kabel dauerhaft verlegt werden. Da jedoch jedes der aufgenommenen Signale bei einem Remote Production Konzept in irgendeiner Form encodiert und via Internet zur verwendeten Produktionsplattform transportiert werden muss, sollte die Anzahl der installierten Mikrofone möglichst gering gehalten werden.

Denkbar wäre ein fest installiertes Atmo-Mikrofon, um die allgemeine Atmosphäre zu transportieren und zusätzlich ein gerichtetes Mikrofon für die Spielgeräusche, das in geeigneter Art und Weise an die Schwenkvorrichtung der Führungskamera montiert wird. Diese Variante setzt allerdings einen geräuscharmen Schwenkmechanismus voraus, dessen Realisierung möglicherweise mit höheren Kosten verbunden ist. Gleiches gilt für die Nutzung der internen Mikrofone der Kameras. Neben der sicherlich begrenzten Qualität dieser Mikrofone könnten dabei ebenfalls die Bewegungsgeräusche der Kameras ein Problem darstellen. Mit externen Mikrofonen ließe sich aller Wahrscheinlichkeit nach ein besseres Ergebnis erzielen. Um den Aufwand vergleichsweise gering zu halten, könnten zum Einfangen der Spielgeräusche auf einer Seite des Spielfeldes entlang der Seitenlinie drei Mikrofone aufgestellt werden. Es sollte dabei in Erwägung gezogen werden, diese Mikrofone nicht fest zu installieren, sondern sie nur zur Übertragung eines Spiels von einer vor Ort eingewiesenen Person an den festgelegten Positionen aufstellen zu lassen.

4.2.2 Vereinfachtes inhaltliches Konzept

Die zentralen Fragen zum vereinfachten inhaltlichen Konzept sind, wie viele und welche der in Kapitel 4.1.2 beschriebenen Elemente einer klassischen Fußballübertragung sich ohne Fachpersonal vor Ort und mit derart reduzierter Technik umsetzen lassen und auf welche Elemente verzichtet werden kann. Aus inhaltlicher Sicht ist natürlich eine hohe Zahl an fernsteuerbaren Kameras anzustreben, um möglichst viele unterschiedliche Einstellungen zeigen zu können. Mit drei per Remote beweglichen Kameras lassen sich die meisten Spielsituationen gut auflösen. Eine der drei

Kameras liefert als Führungskamera permanent eine Totale des Spielgeschehens und die beiden anderen Kameras sind für die näheren Einstellungen des Spielgeschehens zuständig. Auf diese Weise könnte von jeder Spielsituation eine Zeitlupe aus mindestens einer anderen Perspektive gezeigt werden, evtl. sogar aus zwei verschiedenen. Zudem gäbe es die Möglichkeit im Liveschnitt nähere Einstellungen einzelner Spieler, Trainer, Zuschauer oder des Schiedsrichters zu zeigen.

Wäre lediglich die Führungskamera per Remote zu bewegen und die beiden anderen Kameras jeweils fest auf einen Strafraum eingerichtet, würde das weitaus geringere inhaltliche Möglichkeiten bedeuten. Das Zeigen einzelner Spieler, Trainer, Zuschauer oder der Schiedsrichter wäre bei diesem Konzept nicht mehr möglich. Zudem könnten nur statische Zeitlupen von Spielszenen zugespielt werden, die sich im Strafraum abspielen. Das hätte zur Folge, dass bei Spielen mit weniger Toren und Torchancen, bei denen sich das Spielgeschehen hauptsächlich in der Mitte des Spielfeldes abspielt, auch die Auflösung des Livestreams weniger abwechslungsreich und unterhaltsam wäre.

Die Auflösung von Abseitssituationen wäre nur bei geeigneten Gegebenheiten vor Ort realisierbar, die eine entsprechende Positionierung der Kameras erlauben. Selbst wenn diese Positionierung möglich wäre, gälte es allerdings abzuwägen inwiefern die Abseitsauflösung wichtiger wäre als nähere Einstellungen des Spielgeschehens. Denn mit nur drei Kameras ließe sich nur schwer beides gleichzeitig auflösen. Inwiefern nähere Einstellungen der Trainer während des Spiels möglich sind hängt stark von der räumlichen Situation am Spielort ab. Je nachdem wo genau die Trainerbänke sind und an welchen Positionen sich die Kameras installieren lassen.

Die Funktionen einer Handkamera lassen sich von zwar fernsteuerbaren aber fest installierten Kameras nicht so ohne weiteres abdecken. In diesem Zusammenhang kann der Einsatz von Smartphones zu einer interessanten Alternative werden. Bei Bedarf könnten Interviews und einige andere typische Einstellungen einer Handkamera mit Hilfe einer Smartphone Kamera aufgezeichnet und zur Produktionsplattform gesendet werden. Ein fehlender Reporter oder Redakteur am Spielort könnte durch Fragen per Telefon ersetzt werden. Abhängig von den Möglichkeiten der verwendeten Produktionsplattform wäre in diesem Fall auch der Einsatz von Skype für Interviews denkbar.

5 Technische Optionen

In diesem Kapitel geht es darum, welche technischen Optionen in den einzelnen Produktionsbereichen zur Verfügung stehen, um den angestrebten, vollständigen Remote Production Workflow möglichst kostengünstig umzusetzen. Zur besseren Verdeutlichung hier zunächst eine schematische Darstellung des Workflows:

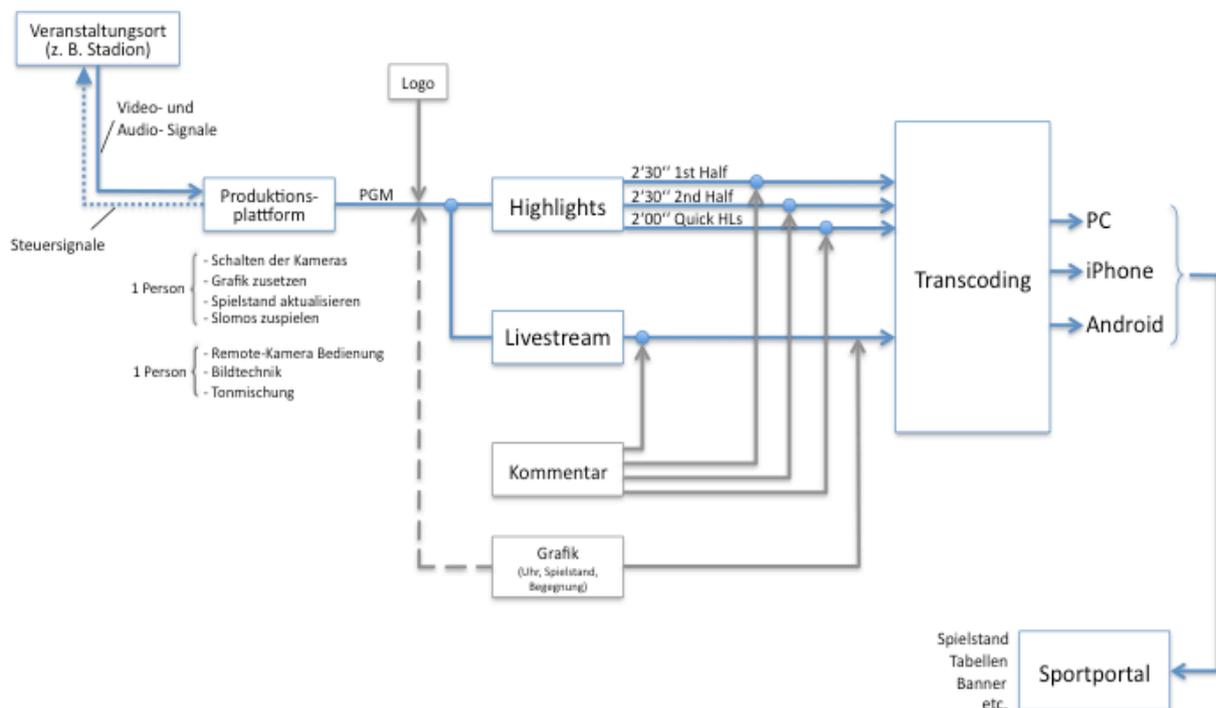


Abb. 6: Live-Workflow Remote Production

Ausgangspunkt ist der Veranstaltungsort, an dem ein Sportereignis, in diesem Fall ein Fußballspiel, stattfindet. Von diesem Fußballspiel sollen ein Livestream und verschiedene Highlight-Zuschnitts auf einem Sportportal zur Verfügung gestellt werden, das von den gängigen

Endgeräten aus abgerufen werden kann. Im Idealfall ist dafür kein Fachpersonal mehr am Veranstaltungsort nötig, sondern nur noch die einmal installierte Technik für Bild- und Tonaufnahme sowie für die Übertragung dieser Signale, da die Bedienung und Steuerung des Equipments per Remote erfolgt. Bild- und Tonsignale werden vom Veranstaltungsort zu einer Produktionsplattform transportiert. Dort werden die Signale entgegengenommen und zu einem Programm-Signal weiterverarbeitet. Daraus werden der Livestream und die verschiedenen Highlight-Zuschnitts erstellt und live kommentiert. Die erstellten Inhalte werden für die unterschiedlichen Endgeräte entsprechend transcodiert und auf dem Sportportal zum Abruf bereit gestellt. Alle Schritte von der Erstellung des Programm-Signals bis zum Transcoding sind technisch gesehen Teil der Produktionsplattform.

Die technischen Möglichkeiten werden im Folgenden nacheinander für die Bereiche Veranstaltungsort, Übertragungsweg und Produktionsplattform beleuchtet.

5.1 Veranstaltungsort

Der Veranstaltungsort ist je nach Spielklasse des Vereins ein Fußballplatz oder ein Fußballstadion. Wie in Kapitel 4 bereits erwähnt, können die genauen Gegebenheiten von Spielort zu Spielort stark variieren. Fest steht im Prinzip lediglich, dass sich das Spielfeld draußen befindet und laut Regelheft des Deutschen Fußball-Bundes (DFB) rechteckig sein muss. Genaue Maße gibt der DFB nur für die inneren Markierungen, wie z. B. Tor- und Strafraum, vor. Für die äußeren Abmessungen gibt es hingegen einen großzügigen Spielraum. Die Länge des Spielfeldes darf sich demnach in einem Bereich zwischen 90 und 120 m bewegen, die Breite in einem Bereich zwischen 45 und 90 m.¹⁶

Für die Übertragung eines Fußballspiels sind zusätzlich die räumlichen und infrastrukturellen Bedingungen außerhalb des Spielfeldes von Bedeutung. Dabei müssen für jeden Spielort unter anderem die folgenden Fragen geklärt werden:

- Gibt es eine Tribüne?
- Ist die Tribüne überdacht?
- Wo genau befindet sich die Tribüne?

¹⁶ Vgl. Deutscher Fußball-Bund: *Fußball-Regeln 2014/2015*, S. 4

- Wie groß ist der Abstand zum Spielfeld?
- Erstreckt sich die Tribüne über die gesamte Länge des Spielfeldes?
- Wie hoch ist die Tribüne/das Tribünendach?
- Wo befinden sich die Trainerbänke bzw. wo halten sich die Trainer während des Spiels normalerweise auf?
- Gibt es in der Nähe des Spielfeldes einen Strom- und einen Internetanschluss?
- Wie weit ist der Anschluss entfernt?
- Falls es keine Tribüne gibt: Wo befinden sich die Zuschauer während des Spiels?
- Gibt es andere Möglichkeiten zur erhöhten Installation von Kameras und Mikrofonen? (z. B. Laternen- oder Flutlichtmasten)

Je nach Spielort können die Antworten auf diese Fragen völlig unterschiedlich ausfallen. Die detaillierte technische Umsetzung muss daher für jeden einzelnen Veranstaltungsort entsprechend angepasst werden. Nachfolgend werden technische Optionen vorgestellt, die dafür in Frage kommen.

5.1.1 IP-Überwachungskameras

IP-Kameras, die vor allem in der Überwachungstechnik Anwendung finden, bieten durch ihre Bauweise bereits einige entscheidende Funktionen, die für das angestrebte Remote Production Konzept erforderlich sind. Sie besitzen einen integrierten Webserver und können mit einem Netzkabel oder auch per WLAN in ein Netzwerk eingebunden werden. Hierüber ist es einerseits möglich, die Kameras über eine Netzwerkverbindung aus der Ferne zu steuern und andererseits lassen sich das Bild und gegebenenfalls auch der Ton der Kameras auf diese Weise als IP-Stream über ein Netzwerk abgreifen und weiter verarbeiten. Der dafür erforderliche Encoding-Vorgang geschieht innerhalb der Kamera, so dass kein externer Hardware- oder Software-Encoder benötigt wird. Als Videocodierstandard wird wegen seiner hohen Effizienz in erster Linie H.264 eingesetzt, aber auch MPEG-4 und Motion JPEG werden von vielen IP-Kameras verwendet.¹⁷ Für den Decodier-Vorgang ist zu beachten, dass für H.264 unterschiedliche Profile definiert sind und bei Überwachungskameras

¹⁷ Vgl. Schmidt, Ulrich: *Professionelle Videotechnik*, S. 218, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009, 5. Auflage

oftmals das Baseline Profil zum Einsatz kommt. Hierbei wird zugunsten einer geringeren Latenz auf bidirektional codierte Bilder (B-Frames) verzichtet.¹⁸

Bei der Auswahl einer geeigneten Kamera muss sehr genau auf die mögliche Bildwechselfrequenz geachtet werden. Denn viele Überwachungskameras liefern lediglich 10 oder 15 Bilder pro Sekunde. Während das für Überwachungszwecke ausreichend ist, werden für Live-Video-Anwendungen jedoch zwingend mindestens 25 Bilder pro Sekunde benötigt. Zur Auflösung der schnellen Bewegungen eines Sportereignisses sollte die Bildwechselfrequenz möglichst hoch sein und bestenfalls nicht unter 50 Bildern pro Sekunde liegen. Das ist derzeit allerdings nur bei Kameramodellen höherer Preisklasse zu finden. Ein häufiger Maximalwert aktueller IP-Überwachungskameras liegt bei 30 Bildern pro Sekunde.

Die Hersteller von IP-Kameras werben zunehmend mit Bildern in HD-Qualität, damit ist in der Regel eine Auflösung von 1280 x 720 Pixeln gemeint. Zum Teil lässt sich auch eine höhere Auflösung einstellen, oftmals allerdings nur in Kombination mit einer geringeren Bildwechselfrequenz.¹⁹ Darauf sollte bei der Auswahl einer Kamera unbedingt geachtet werden.

Wie in Kapitel 4 erläutert, sollen die Kameras für den Anwendungsfall einer Fußballübertragung nach Möglichkeit beweglich sein. Dies wird in Zusammenhang mit ferngesteuerten Kameras im Allgemeinen als *PTZ-Funktion* bezeichnet. Die Abkürzung steht für Pan-Tilt-Zoom und beschreibt die Schwenk-, Neige- und Zoom-Funktion der Kameras. Abhängig von der genauen Positionierung der Kamera sollte für die Abdeckung eines Fußballplatzes, inklusive Tribüne bzw. Spielfeldrand mit Zuschauern, ein Schwenkbereich von 270° und ein Neigewinkel von 90° im Normalfall ausreichend sein. Die meisten Modelle sind durch ihre kuppelartige Bauform für etwas größere Winkel ausgelegt, teilweise sogar für bis zu 360° im Schwenk- und bis zu 180° im Neigebereich. Da das Spielfeld beim Fußball bis zu 120 m lang und bis zu 90 m breit sein kann, ist zudem der optische Zoomfaktor der Kamera für nähere Einstellungen des Spielgeschehens von großer Bedeutung.

Für eine Festinstallation an einem Fußballplatz oder in einem Stadion müssen die Kameras für den Außeneinsatz geeignet sein. Denn selbst wenn eine überdachte Tribüne vorhanden ist, kann das

¹⁸ Vgl. http://www.axis.com/de/products/video/about_networkvideo/compression_formats.htm, letzter Aufruf: 13.03.2015

¹⁹ Vgl. <http://www.dlink.com/de/de/business-solutions/ip-surveillance/business-ip-cameras/ptz-cameras/dcs-5615-full-hd-mini-pan-and-tilt-dome-network-camera>, letzter Aufruf: 13.03.2015

Dach eine Kamera nur von oben vor Feuchtigkeit schützen. Viele Modelle sind wetterfest und für den Außeneinsatz vorgesehen, für andere Modelle können Wetterschutzgehäuse nachgerüstet werden. Die mitgelieferte Montagevorrichtung ist oftmals flexibel einsetzbar, so dass die Kamera je nach Bedarf an der Decke, an einer Wand oder auch auf dem Boden montiert werden kann. Für die Installation an einem Fußballplatz hat das zur Folge, dass nicht nur ein Tribürendach als erhöhte Kameraposition in Frage kommt, sondern auch z. B. ein Laternen- oder Flutlichtmast.

Da heutige IP-Überwachungskameras auch in einer niedrigen Preisklasse die beschriebenen Ausstattungsmerkmale bieten, waren diese Kameras die erste naheliegende Idee für eine Festinstallation am Veranstaltungsort.

Im Rahmen der Recherche zu dieser Masterarbeit hat ein Vortest mit einer in Frage kommenden IP-Kamera allerdings ergeben, dass es Einschränkungen in der Eignung für das geplante Remote Production Konzept gibt. Getestet wurde die unten abgebildete DCS-5222L IP-Kamera der Firma D-Link, die zurzeit für ca. 170 Euro zu kaufen ist.



Abb. 7: DCS-5222L Vorder- und Rückansicht

(Quelle: www.dlink.com)

Abgesehen von der nicht gegebenen Outdoor-Tauglichkeit besitzt diese Kamera alle erforderlichen Funktionen für den angestrebten Einsatzzweck. Die Inbetriebnahme der Kamera und das Einbinden in ein lokales Netzwerk verliefen problemlos. So wurde jedoch auch schnell deutlich wo die Grenzen eines solchen Kameramodells liegen. Die PTZ-Steuerung per Webbrowser lässt keine sanften Schwenkbewegungen zu und hat zudem eine zu lange Reaktionszeit. Erst ca. 2-3 Sekunden nach dem

Mausklick auf die entsprechende Schaltfläche wurde der gegebene Befehl von der Kamera ausgeführt. Für die Live-Übertragung eines Fußballspiels, bei dem die Kamera mit dem Spielgeschehen per Fernsteuerung mitgeschwenkt werden muss, ist eine Kamera mit so hoher Latenz nicht geeignet. Die PTZ-Steuerung ist hier lediglich als Funktion zum Einrichten einer festen Einstellung zu verstehen.

Ohne weitere Tests mit anderen Kameramodellen derselben Preisklasse durchgeführt zu haben, lässt sich zwar keine sichere Aussage darüber treffen, ob sich andere Modelle genauso verhalten. Es ist jedoch zu vermuten, dass die grundsätzliche Problematik eine ähnliche ist. Aus dem Vortest ergab sich daher die Notwendigkeit einer genaueren Formulierung der Anforderungen. Für alle Kameras am Veranstaltungsort, die beweglich sein sollen, werden demnach PTZ-Kameras benötigt, die sehr schnell auf Steuerbefehle reagieren und das Ausführen sanfter Schwenkbewegungen erlauben. Höchstwahrscheinlich lassen sich sanfte Bewegungen bei einer ferngesteuerten Kamera nicht per Mausclick auf eine Schaltfläche sondern nur mit einem dafür geeigneten Steuerpanel durch die Bewegung eines Joysticks realisieren. Das gilt ebenso für die Bedienung der Zoomfunktion.

Die Erkenntnisse aus dem geschilderten Vortest führen zu dem Ansatz, gegebenenfalls nicht in allen Gliedern der Produktionskette im Low-Budget-Bereich zu bleiben, sondern an einigen Stellen auf professionelle Komponenten zu setzen. Aus diesem Grund werden nachfolgend auch professionelle Remote Kameras in Betracht gezogen.

5.1.2 Professionelle Remote Kameras

Remote Kameras verschiedener Hersteller, wie z. B. Panasonic oder Sony, sind für den Einsatz bei professionellen Fernsehproduktionen gedacht. Diese Kameras besitzen zumeist eine HDSDI-Schnittstelle und werden über ein abgesetztes Steuerpanel bedient. Im Gegensatz zu IP-Überwachungskameras sind sie für den Zweck gebaut, ein sendefähiges Livebild zu erzeugen. Neben einer hohen Bildqualität bieten sie auch geringe Latenzen bei der Ansteuerung sowie die Möglichkeit, sanfte Schwenk- und Zoombewegungen auszuführen. Die Steuerung kann je nach Modell sowohl seriell als auch per IP erfolgen, allerdings ist hierbei kein Fernzugriff über das öffentliche Internet vorgesehen, sondern nur der Betrieb innerhalb eines lokalen Netzwerks.

Wenn eine IP-Steuerung innerhalb eines lokalen Netzwerkes funktioniert, stellt sich allerdings die Frage, warum dies nicht auch über weitere Strecken in einem Wide Area Network (WAN) funktionieren sollte. Das gilt es genauer zu untersuchen, bevor diese Option außer Acht gelassen wird. (s. Kapitel 6)

Im Unterschied zu einer IP-Überwachungskamera verfügen professionelle Remote Kameras bisher nur vereinzelt über einen eingebauten Encoder, um das Videosignal der Kamera direkt als IP-Stream ausgeben zu können. In den meisten Fällen ist ein externer Encoder nötig, der das Videosignal der Kamera in einen IP-Stream wandelt. Es ist zu vermuten, dass die Zahl der angebotenen Kameras mit eingebautem Encoder weiter steigen wird.

Der Preis einer professionellen Remote Kamera liegt je nach Modell und Hersteller in einem Bereich zwischen 3.000 und 9.000 Euro. Die dazugehörige Steuereinheit liegt durchschnittlich bei ca. 2.000 Euro. Für einen eventuell benötigten externen Encoder kämen noch einmal ca. 2.000 Euro hinzu. Ein professionelles Kamerasystem ist demnach deutlich teurer als eine IP-Überwachungskamera-Lösung der unteren Preisklasse. Es muss daher geprüft und abgewägt werden, wie hoch der Mehrwert durch die Verwendung professioneller Komponenten an dieser Stelle ist. Die deutlich höheren Kosten würden wahrscheinlich durch eine entsprechend größere Zuschauerzahl gerechtfertigt werden. Zumal bei Sportübertragungen, insbesondere von Fußballspielen, die Qualitätsansprüche der Zuschauer durch die heutigen Sehgewohnheiten als relativ hoch einzuschätzen sind.

Grundsätzlich birgt eine Festinstallation am Veranstaltungsort die Gefahr, dass Teile des Equipments entwendet werden. Daher muss speziell bei der Verwendung professioneller Komponenten über eine entsprechende Sicherung nachgedacht werden. Beim Einsatz professioneller Remote Kameras lässt sich eine Sicherung möglicherweise mit einer Lösung für den Wetterschutz kombinieren, da diese Kameras überwiegend nicht für den Außeneinsatz geeignet sind. Denkbär ist hierbei auch, die Kameras nicht dauerhaft fest zu installieren, sondern sie nur für die Spiele an den jeweils dafür vorgesehenen Positionen von einer eingewiesenen Person anbringen zu lassen. Auf diese Weise könnte das Equipment geschützt vor Witterungseinflüssen an einem sicheren Ort gelagert werden.

Weitere Kamera-Lösungen, die hinsichtlich des Preises und der Funktionen zwischen den beiden bisher geschilderten Optionen liegen, werden im Bereich der professionellen Überwachungstechnik

angeboten. Der Zweck professioneller IP-Überwachungskameras erfordert allerdings kein sanftes Anfahren bei Schwenkbewegungen. Daher ist es fraglich, ob die zugehörigen Bedienpanels sanfte Steuerbewegungen dieser Kameras zulassen. Die Prioritäten in der Überwachungstechnik liegen vermutlich eher bei einer höheren Bildauflösung und weiteren Zusatzfunktionen wie z. B. Bewegungserkennung und Alarmfunktionen. Die Tauglichkeit professioneller IP-Überwachungskameras für eine Fußball-Live-Übertragung mit Remote Production sollte im Vorfeld einer Kaufentscheidung dennoch geprüft werden.

Unabhängig davon, welches ferngesteuerte Kameramodell am Ende zum Einsatz kommt, stellt sich die Frage nach der Bedienbarkeit der Steuerung. Lassen sich von einer Person gleichzeitig mehrere Kameras fernsteuern? Oder anders formuliert: Wie viele Personen sind zur Fernsteuerung von drei Kameras bei einem Fußballspiel nötig? Davon ausgehend, dass eine Kamera als Führungskamera permanent mit dem Spielgeschehen mitschwenkt und zwei weitere Kameras nähere Einstellungen des Spielgeschehens und zusätzliche Zwischenschnitte einfangen sollen, die direkt für den Live-Schnitt oder das Zuspielden von Zeitlupen verwendet werden, müsste die Antwort auf diese Frage *3 Personen* lauten. Es gibt unterschiedliche Ansätze, damit umzugehen.

Eine Möglichkeit besteht darin, tatsächlich 3 Personen für die Fernsteuerung der Kameras einzusetzen. Jede Person würde dabei mit einem eigenen Steuerpanel arbeiten. Das wäre bezüglich der Personal- und Materialkosten die mutmaßlich teuerste Lösung zur Fernsteuerung der 3 Kameras.

Günstiger ist es nur eine Person mit der Steuerung zu betrauen. Technisch betrachtet lassen sich ohne Weiteres 3 Kameras mit demselben Steuerpanel bedienen. Nur ist damit das gleichzeitige Einrichten unterschiedlicher Kameraeinstellungen nicht möglich und selbst bei Verwendung mehrerer Steuerpanels von einer Person realistisch nicht zu bewältigen. Wenn es erforderlich ist beim Personal einzusparen, so dass nur eine Person die Steuerung von 3 Kameras bei einer Fußballübertragung übernehmen kann, muss in der Konsequenz auf Inhalte verzichtet werden. In diesem Fall muss das Konzept mit zwei eher statischen, überwiegend fest eingerichteten Kameras und nur einer permanent schwenkbaren Führungskamera umgesetzt werden.

Falls sich keine der Lösungen für eine Remote Steuerung als praktikabel erweisen sollte, käme auch der Einsatz eines Tracking-Systems in Betracht, das mit Hilfe einer Bilderkennungssoftware die Positionen des Balls erfasst und den Bewegungsmotor der Kamera entsprechend nachführt. Ein

solches System könnte gegenüber einer Remote Steuerung den Vorteil geringerer Latenzen haben. Das Realisieren von sanften Schwenkbewegungen ist allerdings auch hierbei die größte Herausforderung. Zudem wäre bei einem auf den Ball ausgerichteten Tracking-System zu klären, wie sich das System verhält, wenn der Ball gerade nicht im Spiel ist, sondern beispielsweise weit ins Aus geschlagen wird. Vor und nach dem Spiel sowie in der Halbzeitpause wäre ein Verfolgen des Balles sogar irritierend und müsste vermieden werden. Eine Kombination aus Remote Steuerung und Tracking-System könnte hier zum Erfolg führen.

5.1.3 Bemannte Führungskamera

Bei allem Streben nach einer vollständigen Remote Production ohne Fachpersonal am Veranstaltungsort ist es dennoch angebracht in Erwägung zu ziehen, diese strikte Vorgabe ein wenig aufzuweichen, wenn es dem Endprodukt dient. Für den Fall, dass sich die bei einer Fußballübertragung essenzielle Führungskamera mit keiner der Remote Steuerungen adäquat bedienen lässt, könnte für jeden Veranstaltungsort eine Person eingeplant werden, die das Mitschwenken der Führungskamera übernimmt. Diese Person könnte auch die Inbetriebnahme der fest installierten Komponenten kurz vor den zu übertragenden Spielen übernehmen. Je nach technischer Lösung für den jeweiligen Veranstaltungsort bestünde die Inbetriebnahme entweder nur im Einschalten der Technik oder gegebenenfalls in einem einfachen Aufstellen von Kameras und Mikrofonen an vorher festgelegten Positionen. Damit ist gleichzeitig auch ein technischer Support vor Ort, falls Teile der Technik ausfallen sollten, was ein wesentlicher Vorteil dieser Lösung wäre. Zudem ließe sich hierbei die inhaltliche Gestaltung um Zusatzmaterial wie Interviews mit Trainern und Spielern erweitern.

Durch den Einsatz eines externen Encoders kommt für die Führungskamera bei dieser Variante ein nahezu beliebiges Kameramodell in Frage. Eine geeignete professionelle Alternative mit eingebautem Encoder sind Camcorder von JVC oder Sony, die gleichzeitiges Streamen und Aufzeichnen in verschiedenen Videocodierstandards erlauben. Der Preis dieser Kameras liegt derzeit je nach Modell in etwa zwischen 4.500 und 8.000 Euro. Günstige Lösungen in Form von handlichen Camcordern inklusive Streaming-Funktion gibt es mittlerweile auch im Heimanwender-Bereich für ca. 500 bis 800 Euro. Es ist zu erwarten, dass diese Modelle neben einer vermutlich höheren Latenz im Vergleich zu professionellen Camcordern eine deutlich schlechtere Bildqualität liefern. Inwiefern sie für den Anwendungsfall dennoch einsetzbar sind sollte für eine kostengünstige Remote Production Lösung dennoch geprüft werden.

5.1.4 Smartphone als Kamera

Die Nutzung von Smartphone Kameras ist vor allem als Ergänzung einer festen Kamerainstallation interessant. Entweder zum Aufzeichnen von Interviews und einzelnen Spielszenen, die anschließend per File-Upload übertragen werden können, oder aber auch als zusätzliche Kamera in einem Livestream. Dieses Potential haben die Entwickler der meisten Produktionsplattformen erkannt und entsprechende Funktionen implementiert. So ist es mit Hilfe der jeweiligen App möglich, Bild und Ton der Smartphone Kamera live zur Produktionsplattform zu übertragen und für den Livestream zu verwenden. Dadurch entsteht eine ganz neue Art der Zuschauereinbindung, denn nahezu jeder hat mittlerweile ein Smartphone und kann auf diese Weise Inhalte zu einer Live-Übertragung beisteuern. Bilder von wechselnden Positionen am Spielfeldrand aus würden die Auflösung eines Spiels durchaus bereichern. Vorausgesetzt es gelingt dem jeweiligen Smartphone Besitzer das Gerät relativ ruhig zu halten. Ein gesamtes Fußballspiel über 90 Minuten nur mit Smartphone-Kameras live zu streamen ist jedoch allein aufgrund von unzureichenden Akkulaufzeiten wenig praktikabel.

Die Nutzung einer bemannten Kamera für einen Liveschnitt erfordert im Idealfall eine Kommando-Verbindung zum Bediener der Kamera. Das lässt sich normalerweise einfach und günstig über das Mobiltelefon dieser Person realisieren. Ist das Mobiltelefon selbst allerdings die Kamera, ist zu klären, inwiefern es gleichzeitig zur Kommunikation genutzt werden kann. Es müsste dabei sichergestellt werden, dass die Übertragung weder durch die Kommunikation mit dem Regisseur noch durch Anrufe oder Nachrichten anderer Personen gestört wird. Insbesondere auch dann, wenn das interne Mikrofon des Smartphones als Audioquelle für die Livemischung dienen soll.

Wird das Smartphone nur zum Aufzeichnen von Zusatzmaterial eingesetzt, das anschließend per File-Upload übertragen wird, sind diese Aspekte weniger kritisch. Denn hierbei ist zum einen keine permanente Kommunikationsverbindung erforderlich und zum anderen das Wiederholen von Aufzeichnung oder Upload im Fall einer Störung möglich.

5.1.5 Externe Mikrofonierung

Bei der Übertragung eines Fußballspiels ist der Ton ein maßgeblicher Faktor für das Transportieren der Atmosphäre im Stadion bzw. am Fußballplatz. Wie in Kapitel 4 geschildert, setzt sich diese Atmosphäre aus den Spielgeräuschen und den Geräuschen im Zuschauerbereich zusammen. Bei

kleineren Fußballplätzen von Amateurvereinen rücken diese beiden Bereiche räumlich näher zusammen. Zudem herrscht bei einer kleineren Anzahl von Zuschauern und einem gleichzeitig etwas raueren Ton auf dem Spielfeld ein ausgeglicheneres Verhältnis der Schalldruckpegel als in einem ausverkauften Stadion, in dem die Zuschauer wesentlich lauter sind als das Spielgeschehen. Im Hinblick auf ein technisch möglichst einfaches Konzept ist es für Spiele mit geringer Zuschauerzahl daher denkbar einige wenige Mikrofone einzusetzen, die eine authentische Atmosphäre und zugleich die wesentlichen Spielgeräusche einfangen. Der entscheidende Frequenzbereich für die Spielgeräusche liegt bei ca. 150 Hz, da in diesem Bereich das charakteristische Ballgeräusch angesiedelt ist.²⁰ Zweifellos ist es durch die Größe des Spielfeldes beim Fußball nicht möglich, mit drei Mikrofonen das gesamte Spielfeld adäquat abzudecken. Darauf muss an dieser Stelle aber zugunsten eines geringeren Aufwands verzichtet werden.

Die einfachste Lösung wäre sicherlich, sofern vorhanden, die Nutzung der internen Mikrofone der installierten Kameras. Der in Kapitel 5.1.1 angesprochene Vortest mit der IP-Überwachungskamera von D-Link hat allerdings gezeigt, dass der Bewegungsmotor der Kamera bei jeder Schwenkbewegung sehr deutlich über das interne Mikrofon zu hören ist. Es ist davon auszugehen, dass diese Problematik bei nahezu allen günstigen Ausführungen von fernsteuerbaren IP-Kameras besteht. Professionelle Remote Kameras besitzen zwar überwiegend einen leiseren Schwenkmechanismus, haben aber oftmals kein eingebautes Mikrofon. Die Alternative wäre demnach, die internen Mikrofone von fest eingerichteten IP-Kameras zu nutzen oder eine externe Mikrofonierung vorzusehen. Dabei ist zu bedenken, dass Kondensatormikrofone eine Phantomspeisung benötigen. Die meisten professionellen Camcorder bieten die Möglichkeit zwei externe Mikrofone anzuschließen und mit Phantomspeisung zu versorgen. Das hätte darüber hinaus den Vorteil, dass für diese beiden Mikrofone kein zusätzlicher Encoder nötig wäre, da ihre Signale zusammen mit dem Videosignal der Kamera codiert werden könnten. Diese Variante kommt allerdings nur im Fall eines professionellen Camcorders als bemannte Führungskamera in Betracht. Bei Verwendung von IP-Überwachungskameras oder Kameras aus dem Heimanwenderbereich ist im Einzelfall zu prüfen, ob und in welcher Form Anschlüsse für externe Mikrofone vorhanden sind. Qualitativ wäre es besser mit professionellen Mikrofonen zu arbeiten, diese extern zu codieren und über ein entsprechendes Gerät mit einer Phantomspeisung zu versorgen. Diese Variante ist allerdings mit höheren Kosten verbunden.

²⁰ Vgl. Huber, Hans; Stoll, Gerhard: *Automatisches Nachführsystem für Mikrofone – Konzept zur Aufnahme sportartspezifischer Geräusche bei Live-TV-Sportproduktionen*, In: FKT 3/2009, S. 95

Die Festinstallation von Mikrofonen an einem Fußballplatz birgt grundsätzlich die Problematik, dass sie in der Regel nicht für den dauerhaften Außeneinsatz geeignet sind. Auch wenn einige Richtmikrofone höherer Preisklasse z. B. von Sennheiser als „besonders wetterfest“²¹ bezeichnet werden, ist es nicht ratsam, diese permanent den Witterungseinflüssen auszusetzen. Wenn am Veranstaltungsort eine Mikrofonierung gewünscht ist, die über die internen Mikrofone der verwendeten Kameras hinausgeht, sollte daher eine Person am Veranstaltungsort damit betraut sein, die Mikrofone rechtzeitig vor dem Spiel aufzubauen. Ist vor Ort kein geeigneter Innenraum vorhanden, um die Encoder und gegebenenfalls ein Gerät für die Phantomspeisung der Mikrofone dauerhaft zu installieren, gehört auch das Aufstellen und Inbetriebnehmen dieser Komponenten zum Aufbau dazu.

Die mögliche Positionierung der Mikrofone ist naturgemäß stark von den Gegebenheiten am Spielort abhängig. Gibt es dort eine überdachte Tribüne ist es sinnvoll, diese für eine Installation von Atmo-Mikrofonen zu nutzen. Je nachdem wie weit die Tribüne vom Spielfeld entfernt ist und wie laut das Publikum ist, lassen sich von dort aus eventuell auch die Spielgeräusche akzeptabel erfassen. Ist keine Tribüne vorhanden, können auch Laternen- oder Flutlichtmasten für die Installation genutzt werden. Für das Einfangen der Spielgeräusche ist prinzipiell eine Positionierung von Mikrofonen entlang der Seitenlinie gut geeignet. Bei kleineren Fußballplätzen im Amateurbereich ist dort allerdings oftmals nur wenig Platz und diesen teilen sich Ersatzspieler, Trainer und Zuschauer. Selbst mit gerichteten Mikrofonen besteht dabei die Gefahr, dass die Geräusche vom Spielfeldrand gegenüber den Spielgeräuschen überwiegen. Unabhängig davon sollte das Verlegen von Kabeln durch den Zuschauerbereich grundsätzlich vermieden werden. Zudem dürfte sich ein Abkleben von Kabeln auf natürlichem Untergrund sehr schwierig gestalten.

Es empfiehlt sich, die verschiedenen Varianten zu testen und die jeweils beste Lösung für den Spielort zu wählen.

²¹ <http://de-de.sennheiser.com/richtrohrmikrofon-entfernte-schallquellen-mkh-8070>, letzter Aufruf: 17.03.2015

5.2 Übertragung

Die Verbindung zwischen dem Veranstaltungsort und der Produktionsplattform ist für ein Remote Production Konzept essenziell. Die Signalübertragung zwischen diesen Standorten muss in beide Richtungen funktionieren. Video- und Audiosignale müssen vom Veranstaltungsort zur Produktionsplattform transportiert werden, Steuersignale für die Fernsteuerung des am Veranstaltungsort installierten Equipments in entgegengesetzter Richtung. Wie am Anfang dieses Kapitels erläutert, beinhaltet die Produktionsplattform unterschiedliche Elemente des Workflows, die sich nicht zwingend alle am selben Standort befinden müssen. Daher ist der Bereich der Übertragung als eine Vernetzung von Arbeitsplätzen und Geräten anzusehen, die sich an verschiedenen Orten in unterschiedlichen lokalen Netzwerken befinden. Die besondere Anforderung dabei ist, dass es um die Übertragung von Echtzeitanwendungen geht. Die Video- und Audiosignale müssen während der Übertragung bereits weiter verarbeitet werden können. Diese Form der Übertragung wird als *Streaming* bezeichnet.²²

Grundsätzlich lassen sich die dafür in Frage kommenden Datennetze in zwei Kategorien einteilen – gemanagte und ungemagte Netzwerke.

5.2.1 Gemanagte Netze

Gemanagte Netzwerke zeichnen sich dadurch aus, dass sie durch unterschiedliche Verfahren bestimmte Qualitätsparameter für die Übertragung garantieren, die sogenannte *Quality of Service*. Für professionelle Remote Production ist das unbedingt erforderlich. Da gemanagte Leitungen an vielen Orten jedoch nicht verfügbar und zudem sehr teuer sind, kommen sie für den vorliegenden Anwendungsfall nicht in Frage. Sie werden daher hier nicht weiter betrachtet.

5.2.2 Ungemanagte Netze

Angesichts der geringen Kosten und der hohen Verfügbarkeit ist das ungemagte öffentliche Internet das Mittel der Wahl für die angestrebte Remote Production Idee. Ungemanagt bedeutet allerdings, dass es keine garantierte Quality of Service (QoS) gibt. Die entscheidenden QoS-Parameter

²² Gebhard, H.; Schröder, K.: *Audio-/Video-Streaming über IP (Internet-Protokoll)*, In: FKT 54, 1-2/2000, S. 23

für Echtzeitanwendungen, wie Video- und Audio-Streaming, sind die Bandbreite, die Verzögerung, der Jitter und die Fehlerrate²³.

Grundsätzlich erfolgt die Datenübertragung im Internet in Form von Paketen, deren Zustellung und Transport mit Hilfe von Protokollen geregelt wird. Das Internet Protokoll (IP) bildet den äußeren Rahmen der ineinander verschachtelten Protokolle und ist für die Adressierung der Pakete zuständig. Der Weg eines Datenpakets durch das Internet führt über mehrere Router. Nach dem *Best Effort Prinzip* entscheiden die Router für jedes ankommende Paket, welche Route zum jeweiligen Zeitpunkt die beste ist und leiten das Paket dementsprechend an den nächsten Router weiter. Die Datenpakete eines Video- oder Audio-Streams gelangen daher auf unterschiedlichen Wegen vom Sender zum Empfänger. Die Zeit, die ein Datenpaket für seinen Weg durch das Netzwerk braucht, ist die oben erwähnte *Verzögerung*. Da die Pakete verschiedene Wege zurück legen, kommen sie in unterschiedlichen zeitlichen Abständen und dadurch bedingt nicht mehr in der richtigen Reihenfolge beim Empfänger an. Dieses Schwanken der Verzögerungszeit wird als *Jitter* bezeichnet. Zudem können Pakete verloren gehen, indem sie z. B. verworfen werden, wenn der Zwischenspeicher eines Routers durch zu hohes Verkehrsaufkommen bereits voll ist.²⁴ Diese Paketverluste machen sich in der *Fehlerrate* bemerkbar.

Auf das Internetprotokoll setzen die Transportprotokolle TCP und UDP auf, welche die Datenpakete mit Hilfe der sogenannten *Portnummer* der entsprechenden Anwendung zuführen. Das verbindungsorientierte Transmission Control Protocol (TCP) kontrolliert die ankommenden Pakete, bringt sie in die richtige Reihenfolge und reicht sie dann an die Anwendung weiter. Verloren gegangene Pakete werden neu angefordert. Dadurch eignet sich TCP für Verbindungen, bei denen es unabdingbar ist, dass alle Datenpakete korrekt ankommen, z. B. für den File-Transfer. Für Streaming-Anwendungen hingegen führen die Kontrollmechanismen von TCP und die Neuanforderung verloren gegangener Pakete zu einer zu hohen Latenz. Daher kommt bei Echtzeitanwendungen stattdessen das verbindungslose User Datagram Protocol (UDP) zum Einsatz. UDP leitet die Datenpakete ohne Kontrolle direkt an die jeweilige Anwendung beim Empfänger weiter.²⁵ Das Real Time Transport Protocol (RTP) setzt auf UDP auf und sorgt durch Paketnummerierung und Zeitstempel für eine flüssige und korrekte Wiedergabe von Video- und Audio-Streams trotz Paketverlust und vertauschter

²³ Vgl. Gebhard, H.; Schröder, K.: *Audio-/Video-Streaming über IP (Internet-Protokoll)*, In: FKT 54, 1-2/2000, S.30

²⁴ Vgl. Gebhard, H.; Schröder, K.: *Audio-/Video-Streaming über IP (Internet-Protokoll)*, In: FKT 54, 1-2/2000, S.23

²⁵ Vgl. Schreiner, Rüdiger: *Computernetzwerke – Von den Grundlagen zur Funktion und Anwendung*, S. 107 ff., Carl Hanser Verlag München 2012, 4. Auflage

Reihenfolge. Zugunsten einer geringeren Latenz werden hierbei im Unterschied zur TCP-Übertragung Fehler in Kauf genommen, da beim Streaming die Echtzeit Priorität gegenüber der Qualität hat.²⁶

Das Real Time Streaming Protocol (RTSP) setzt wiederum auf RTP auf. „Es überträgt selbst keine Daten, sondern ermöglicht über Steuerdaten ein sprungweises Vor- und Zurückfahren oder eine Pause im Datenstrom (,Internetfernsteuerung‘) sowie eine absolute Positionierung. [...] RTSP errichtet und kontrolliert einen Echtzeit-Datenstrom für Video- oder Audioanwendungen zwischen einem *Server* und einem *Client*. Der Server stellt dem Client Aufnahme- oder Abspielfunktionen zur Verfügung, während der Client über RTSP den Datenstrom beim Server nachfragt.“²⁷ IP-Kameras und Encoder unterstützen in der Regel RTP und RTSP und ermöglichen auf diese Weise den Zugriff auf ihren Datenstrom.

Für das angestrebte Remote Production Konzept sollten *multicastfähige* IP-Kameras und Encoder eingesetzt werden, damit das Netzwerk nicht stärker belastet wird, wenn mehrere Clients auf den Stream einer Kamera zugreifen.²⁸ *Multicast* bedeutet, dass der Server, in diesem Fall die Kamera oder der Encoder, den IP-Stream an eine *Multicast-Adresse* schickt und jeder, der auf den Stream zugreifen möchte, diese Adresse sozusagen abonniert. Im *Unicast*-Betrieb dagegen wird für jeden Teilnehmer, der den Stream abgreifen möchte, eine eigene Verbindung aufgebaut, so dass mehrfach der gleiche Datenstrom versendet werden muss.²⁹

Eine Herausforderung für das geplante Remote Production Szenario ist die Thematik der privaten und öffentlichen IP-Adressen. Am Veranstaltungsort werden die eingesetzten IP-Kameras und Encoder an einen Router angeschlossen. Innerhalb des lokalen Netzwerks vor Ort sind sie jeweils über eine private IP-Adresse erreichbar. Nur der Router ist mit dem Internet verbunden. Zur Kommunikation nach außen und innerhalb des LANs besitzt er sowohl eine öffentliche als auch eine private IP-Adresse. Über das Internet ist nur die öffentliche IP-Adresse des Routers erreichbar. Soll nun von außen per Remote auf eine Kamera zugegriffen werden, kann nur die öffentliche IP-Adresse des Routers angesprochen werden. Unter zusätzlicher Angabe einer Portnummer wird dem Router signalisiert, mit welchem Dienst kommuniziert werden soll. Damit der Router weiß, für welches Gerät in seinem lokalen Netzwerk die auf diesem Port ankommenden Daten bestimmt sind, muss im

²⁶ Vgl. Gebhard, H.; Schröder, K.: *Audio-/Video-Streaming über IP (Internet-Protokoll)*, In: FKT 54, 1-2/2000, S.25

²⁷ Gebhard, H.; Schröder, K.: *Audio-/Video-Streaming über IP (Internet-Protokoll)*, In: FKT 54, 1-2/2000, S. 28

²⁸ Vgl. Mix, Valeria: *Unicast und Multicast: Wie IP-Kameras ihre Daten liefern*, In: Euro Security, 8/9 –2011, S. 48

²⁹ Vgl. Schreiner, Rüdiger: *Computernetzwerke – Von den Grundlagen zur Funktion und Anwendung*, S. 99 ff., Carl Hanser Verlag München 2012, 4. Auflage

Router eine sogenannte *Portweiterleitung* (engl.: *Port-Forwarding*) eingerichtet werden. Dabei wird dem jeweiligen Port die entsprechende private IP-Adresse des Ziel-Netzwerkgeräts, in diesem Fall der Kamera, zugeordnet.³⁰

Zusätzlich ist bei diesem Fernzugriff zu bedenken, dass sich die öffentliche IP-Adresse des Routers von Zeit zu Zeit ändert. Die Lösung dafür ist ein sogenannter *DynDNS-Dienst* (*Dynamic Domain Name Service, DDNS*), der vom Router über jeden Wechsel seiner öffentlichen IP-Adresse informiert wird. Auf dem DynDNS-Server ist für den Router ein Domain-Name hinterlegt, der dadurch immer mit der aktuellen öffentlichen IP-Adresse verknüpft ist. Um per Remote auf eine IP-Kamera am Veranstaltungsort zuzugreifen, wird dann der Domain-Name statt der öffentlichen IP-Adresse des Routers angegeben.³¹

Durch die geschilderten Funktionen und Mechanismen lässt sich die Live-Übertragung eines Fußballspiels per Remote Production theoretisch mit Hilfe eines handelsüblichen Internetanschlusses realisieren. LTE ist derzeit keine geeignete Alternative, da die Provider keine echten öffentlichen IP-Adressen vergeben und dadurch keine Portweiterleitung möglich ist³².

5.3 Produktionsplattform

Die Produktionsplattform ist das zentrale Element des angestrebten Remote Production Workflows. Hier werden die am Veranstaltungsort eingefangenen Bild- und Tonsignale entgegengenommen, kontrolliert, gegebenenfalls synchronisiert und zu den gewünschten Endprodukten weiterverarbeitet. Die Produktionsplattform ist sozusagen als Kombination aus Hauptschaltraum, Bildregie, Tonregie, MAZ, Slomo, Grafik, Schnitt und Senderegie zu verstehen. Ihre genaue Funktionsweise und Beschaffenheit hat dadurch Einfluss auf alle Bereiche des Workflows.

Um eine auf die Anforderungen einer Sportproduktion optimal ausgerichtete Produktionsplattform zur Verfügung zu haben, wäre es am besten, diese selbst zu entwerfen. Da dies jedoch viel zu zeitintensiv und kostspielig ist, scheidet diese Möglichkeit für den ersten Schritt aus.

³⁰ Persönliches Gespräch mit Alex Wolf, IT-Koordinator AÜ-Fernsehen NDR, 05.03.2015

³¹ Persönliches Gespräch mit Alex Wolf, IT-Koordinator AÜ-Fernsehen NDR, 09.03.2015

³² Emailverkehr mit Alex Wolf, IT-Koordinator AÜ-Fernsehen NDR, 20.03.2015

Es werden bereits verschiedene Lösungen für Produktionsplattformen angeboten. Diese unterscheiden sich, je nachdem für welchen Zweck sie primär gedacht sind, vor allem in der benötigten Hard- und Software und der damit verbundenen grundsätzlichen Bedienphilosophie. Es ist daher genau zu prüfen, welche Lösung für den Anwendungsfall einer Sportproduktion, wie z. B. einer Fußballübertragung, am besten geeignet ist. Im Folgenden werden nur die hierfür relevanten Funktionen von drei verschiedenen Produktionsplattformen betrachtet.

5.3.1 make.tv

make.tv ist eine komplett cloudbasierte Produktionsplattform, die keine Softwareinstallation erfordert, sondern lediglich einen Internetanschluss. Die Produktionssoftware, das *make.tv Studio*, kann über den Internetbrowser von einem beliebigen PC oder Tablet aus aufgerufen und bedient werden. Dabei können mehrere Personen von unterschiedlichen Orten aus im Team an derselben Sendung arbeiten. Kollaboration, dezentrales Arbeiten und Interaktivität sind die Kernfunktionen von make.tv.

Theoretisch lassen sich im make.tv Studio beliebig viele Inputs konfigurieren. Mögliche Quellen sind Webcams, die direkt an den Computer angeschlossen sind, Smartphone-Kameras mit der *make.tv Camera* App sowie RTSP- und RTMP-Streams von IP-Kameras und Soft- oder Hardware-Encodern. RTMP steht für *Real Time Messaging Protocol* und ist ein von Adobe entwickeltes Transportprotokoll für Streaming-Anwendungen, das auf TCP basiert³³. Bei RTMP-Streams ist gegenüber UDP-basierten RTSP-Streams eine etwas höhere Latenz zu erwarten³⁴. Zum Ausgleich von Laufzeitunterschieden zwischen den Streams kann im Studio bei jedem Input einzeln ein Delay in Millisekunden eingestellt werden. Für diese Synchronisation ist es allerdings erforderlich, dass die Kameras gleichzeitig z. B. dieselbe Uhr zeigen. Bei dem geplanten Remote Production Konzept ist das nicht so einfach zu realisieren, da die Kameras am Spielort zum Teil weit voneinander entfernt sind.

Im make.tv-Studio können außerdem Grafiken, Bilder, Video- und Audio-Dateien hochgeladen werden, die dann neben bereits existierenden Grafikvorlagen in der Bibliothek zur Verfügung stehen. Aus den Live-Inputs und den Dateien in der Bibliothek lässt sich ein Liveschnitt erstellen, der entweder direkt live gestreamt oder aufgezeichnet werden kann. Erstellte Livestreams werden von

³³ Vgl. Parmar, H.; Thornburgh, M.: *Adobe's Real Time Messaging Protocol*, 21.12.2012, S. 3

³⁴ Vgl. Kraetzer, Philipp; Schüür, Klaas: *Videostreaming in IP-basierten Netzen – Aktuelle Ansätze für „Quasi-Live“-Übertragungen im Web*, In: FKT 4/2010, S. 144

make.tv im Anschluss archiviert und stehen somit ebenfalls als aufgezeichnete Sendung zur Verfügung. Die folgende Abbildung zeigt das make.tv Studio mit einer Smartphone-Kamera als Input.

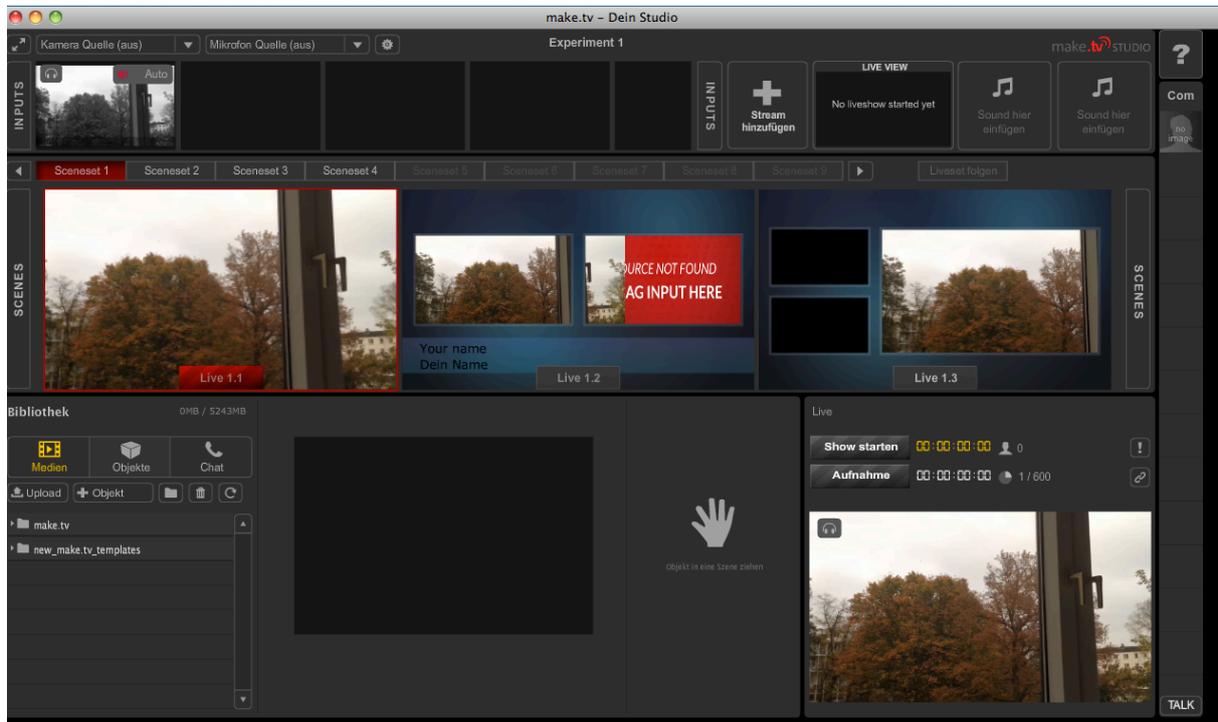


Abb. 8: make.tv Studio mit einer Smartphone-Kamera als Input

Im oberen Bereich der Studio-Oberfläche befinden sich die Vorschau-Fenster für die Inputs. In der Mitte können verschiedene Szenen erstellt werden, dieser Bereich ist vergleichbar mit den Mischebenen eines Bildmischpults. Mehrere Hintergründe, Inserts und Splitscreen-Anordnungen sind in der Bibliothek als Vorlagen bereits vorhanden und können im Studio direkt bearbeitet werden. Hiermit ist das Einblenden eines Spielstands und einer laufenden Uhr möglich. Die Inputs werden per Drag-and-drop in die gewünschte Szene gezogen. Beim Anwendungsfall einer Fußball-Live-Übertragung müssten die Szenen jeweils eine Kamera im Vollbild zeigen. Durch einen Mausklick auf die Schaltflächen *Live 1.1*, *Live1.2* und *Live 1.3* wird die entsprechende Szene auf den Sendeausgang geschaltet und ist unten rechts im Programm-Fenster zu sehen. Als Übergang ist nur ein harter Schnitt möglich. Ein Mausklick auf das Bild in der Szene aktiviert den Bearbeitungsmodus. Darin kann z. B. nach einem Tor der Spielstand geändert werden.

Für jeden Input lässt sich der Audiopegel mit einem Schieberegler im Vorschau-Fenster einstellen. Die Mikrofonsignale vom Veranstaltungsort müssen daher jeweils als einzelner Stream ins Studio

übertragen werden. Damit ist eine Tonmischung in einfacher Form möglich und eine Live-Kommentar-Option vorhanden. Der Kommentator kann auf diese Weise per Webcam oder Smartphone von einem beliebigen Ort aus ein Spiel kommentieren.

Eine Slomo-Funktion ist im make.tv Studio bislang nicht vorgesehen. Als Workaround käme das Einbinden eines externen Gerätes zur Erstellung von Zeitlupen über ein Encoder-/Decoder-Paar in Betracht. Als Beispiel: Zwei Hardware-Decoder wandeln die IP-Streams der beiden in Frage kommenden Slomo-Kameras in SDI-Signale, die einer EVS als Inputsignale zugeführt werden. Der PGM-Ausgang der EVS wird wiederum als SDI-Signal an einen Hardware-Encoder abgegeben, der einen IP-Stream an das make.tv Studio schickt. Dort liegt die EVS somit als Input-Stream vor und kann als Quelle für den Liveschnitt verwendet werden. Zur Erstellung von Highlights könnte mit einem weiteren Decoder der Liveschnitt ebenfalls auf der EVS aufgezeichnet werden. Der große Nachteil dieser Lösung ist, neben dem Bedarfs an zusätzlichem Equipment, der Datentransfer aus der Cloud heraus und wieder hinein. Einfacher und wesentlich günstiger wäre eine cloudbasierte Funktion zur Erstellung von Zeitlupen und Playlisten aus dem Liveschnitt direkt im make.tv Studio.

Die Kosten für make.tv richten sich nach dem gewählten Account. Die Accounts unterscheiden sich im Umfang des verfügbaren Speichers und den möglichen Sendestunden pro Monat. Die Sendestunden werden bei make.tv in Abhängigkeit von der Zuschaueranzahl berechnet, daher lässt sich nicht mit Sicherheit sagen, welcher Account benötigt wird. Mit mindestens 249 Euro pro Monat muss gerechnet werden. Für unbegrenzten Speicher und unbegrenzte Sendestunden sind es derzeit 1.440 Euro pro Monat. Hinzu kämen die Kosten für externe Geräte, die für den Highlight-Schnitt und die Zuspiegelung von Zeitlupen erforderlich sind.

5.3.2 Wirecast

Wirecast ist eine Produktionssoftware der Firma Telestream, die lokal auf einem Mac oder einem PC installiert wird. Mit der Software lässt sich ein Liveschnitt erstellen, der entweder aufgezeichnet oder live gestreamt werden kann.

Genau wie bei make.tv sind theoretisch beliebig viele Inputs in Wirecast konfigurierbar. Mögliche Quellen sind z. B. Kameras und Mikrofone, die per USB oder Firewire an den Computer angeschlossen sind, diverse Capture Karten, Web-Streams von IP-Kameras und Hard- und Software-

Encodern per RTMP, RTSP, MMS oder HTTP und Smartphone-Kameras mit der *Wirecast Cam* App. Letztere lassen sich allerdings nur einbinden, wenn sie sich im selben Netzwerk befinden, wie der Rechner mit der Wirecast Software. Für den Anwendungsfall einer Fußball-Live-Übertragung per Remote können Smartphone-Kameras mit Wirecast daher nicht direkt als Quellen für den Liveschnitt eingesetzt werden.

Eine fehlende Funktion ist die Synchronisation von Inputs zueinander, da ein Eingangssignal hier nicht insgesamt verzögert werden kann. Bei dem angestrebten Remote Production Konzept ist diese Funktion jedoch zwingend erforderlich, da eine synchrone Übertragung unterschiedlicher IP-Streams über das öffentliche Internet höchstwahrscheinlich nicht funktionieren wird. Falls Bild und Ton derselben Quelle asynchron sein sollten, kann bei Wirecast ein Audio Delay eingestellt werden. Diese Funktion gibt es wiederum bei make.tv nicht. Für eine Remote Production ist eine Kombination beider Funktionen erforderlich.

Die Audio-Optionen sind bei Wirecast umfangreicher und transparenter als bei make.tv. So gibt es z. B. Pegel-Anzeigen für Programm und Preview, einen Master-Regler für den Sendeton und die Möglichkeit, den Kopfhörerausgang und den Sendeton getrennt voneinander stumm zu schalten.

Ein Live-Kommentar aus der Ferne wäre technisch per Webstream realisierbar. Der Kommentator kann sich dabei an einem beliebigen Ort mit einem Internetanschluss befinden, benötigt zusätzlich nur einen Hard- oder Software-Encoder, um das Mikrofonsignal als IP-Stream zur Verfügung zu stellen. Problematisch ist dabei jedoch, dass er den Liveschnitt nicht während der Erstellung sehen kann, sondern erst im Livestream. Würde er den Livestream kommentieren, wäre sein Kommentar viel zu spät zu hören. Alternativ muss er daher auf den IP-Stream der Führungskamera zugreifen und kann auf diese Weise das Spielgeschehen kommentieren. Eine andere Lösung für dieses Problem wäre eine kombinierte Nutzung von Wirecast und make.tv. Der eigentliche Liveschnitt würde mit Wirecast erfolgen und bei make.tv als Input-Stream hinzugefügt werden. Dort ließe sich dann cloudbasiert der Kommentar dazu mischen und das kommentierte Spiel als Livestream senden.

Neben der übersichtlicheren Tonmischung bietet Wirecast außerdem die Möglichkeit, Zeitlupen aus einzelnen Inputs zu erstellen und diese sofort für den Liveschnitt zu verwenden. Damit können ohne weiteres Equipment Slomos zugespielt werden, von derselben Person, die den Liveschnitt erstellt.

Es ist zudem eine Playlistfunktion vorhanden. Inwiefern diese sich für einen parallelen Schnitt von Highlights eignet, sollte intensiv geprüft werden. Nicht nur technisch, sondern auch vor dem Hintergrund, dass die Software nur von einer Person bedient werden kann.

Abbildung 9 zeigt den grundsätzlichen Aufbau von Wirecast. Im oberen Bereich der Software befindet sich links das Preview- und rechts das Programmfenster. Jeweils daneben kann der zugehörige Audiopegel mit einem Regler eingestellt werden. Die möglichen Quellen für den Liveschnitt sind in Form von sogenannten *Shots* auf fünf übereinanderliegende *Layer* verteilt, aus denen das Bild zusammengesetzt wird. Grafikelemente wie z. B. Logos und Inserts werden auf Layer 1 und 2 angeordnet, da diese auch im Bild über den darunterliegenden Layern zu sehen sind. Jedes denkbare Element, das für den Liveschnitt benötigt wird, wird als Shot hinzugefügt. Ein Shot kann demnach z. B. der Stream einer IP-Kamera, ein Audiostream, ein Grafikelement, eine Videodatei oder auch ein Musiktitel sein. Wird eine Zeitlupe oder eine Playliste erstellt, erscheint diese auch als Shot in einem der Layer. Jeder Shot lässt sich einzeln bearbeiten. In der Mitte unter dem Preview- und dem Programmfenster kann aus einer Vielzahl von Übergängen für den Wechsel zwischen zwei Quellen im Liveschnitt gewählt werden.

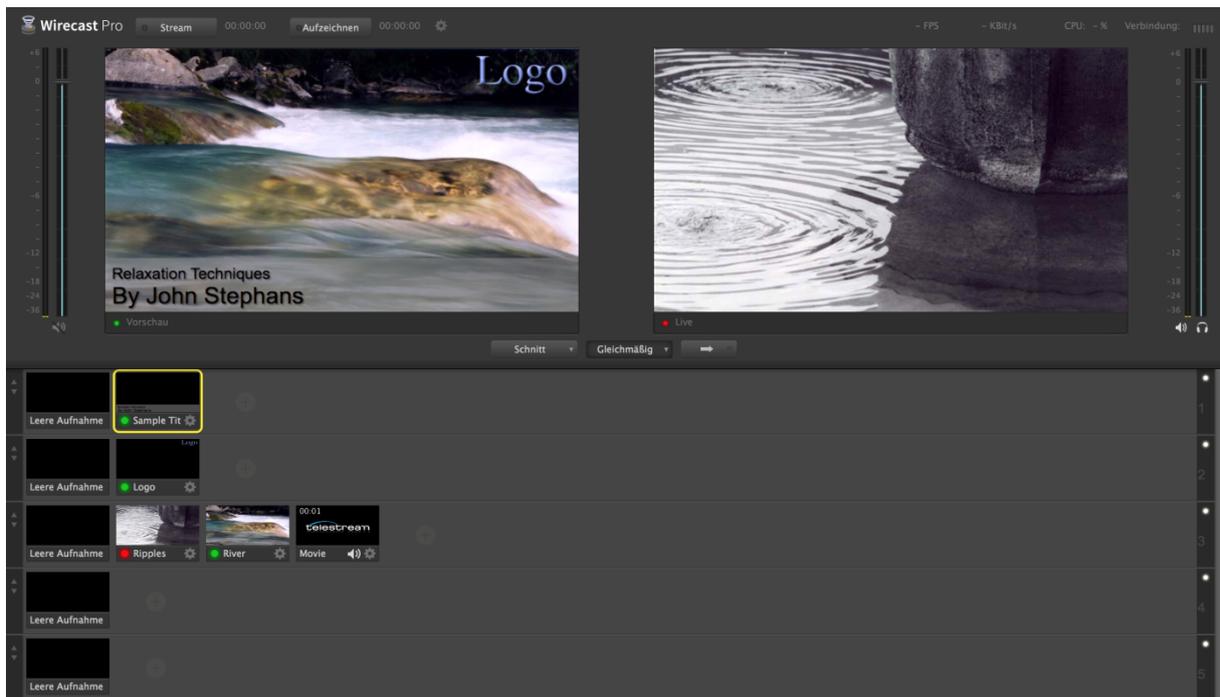


Abb. 9: Softwareoberfläche von Wirecast Pro 6.0

Da Wirecast keine cloudbasierte Plattform ist, fallen keine monatlichen Kosten an. Die Software *Wirecast Pro* kostet einmalig 995 US Dollar. Zur Umsetzung von Live-Kommentar und eventuell auch Highlight-Schnitt wäre zusätzliches Equipment erforderlich.

5.3.3 Livestream Studio

Livestream Studio ist eine Produktionssoftware der Firma Livestream, die lokal auf einem PC installiert wird und bislang nur für Windows verfügbar ist. Wie in Abbildung 10 zu sehen ist, vereint die Software in Layout und Funktion die wesentlichen Elemente einer professionellen Fernsehregie. Der obere Bereich zeigt eine typische Multiview-Anordnung mit Preview- und Programmfenster und darunter liegend die Vorschaufenster für die zur Verfügung stehenden Quellen. In jedes der Fenster ist eine Pegelanzeige für die Tonspuren integriert. Links unten befindet sich die Software-Oberfläche eines Tonmischpults, jeweils mit Pegelanzeige und Regler für jedes Eingangssignal, rechts daneben ein Funktionsblock für Grafiken und Medienzuspielungen.



(Quelle: www.creativeobserver.com, letzter Aufruf: 23.03.2015)

Abb. 10: Softwareoberfläche von Livestream Studio

Zur Synchronisation der Quellen kann für jedes Eingangssignal sowohl ein Audio- als auch ein Video-Delay separat eingestellt werden. Damit lässt sich zum einen Bild und Ton einer asynchronen Quelle synchronisieren und zum anderen ist ein Ausgleich unterschiedlicher Laufzeiten zwischen den Eingangssignalen möglich.

Mit Hilfe der *Replay Funktion* können Zeitlupen zugespielt werden. Dabei ist eine Aufzeichnung mehrerer Kamerawinkel möglich, die per Mausklick im Anschluss auch automatisch als Playliste abgespielt werden können. Inwiefern ein paralleler Highlight-Schnitt mit der *Playlist Funktion* in Livestream Studio praktikabel ist, lässt sich nur durch einen Test feststellen.

Parallel zur Software kann ein Hardware-Controller eingesetzt werden, was in erster Linie für die Tonmischung von großem Vorteil ist. Zudem können auf diese Weise zwei Personen gleichzeitig mit Livestream Studio arbeiten.

Durch die geschilderten Funktionen und die gute Bedienbarkeit ist Livestream Studio für Sportproduktionen prinzipiell sehr gut geeignet. Der wesentliche Nachteil liegt für das angestrebte Remote Production Szenario jedoch in der eingeschränkten Möglichkeit, IP-Streams als Quellen einzubinden. Nur zwei Streams können in der Software als sogenannte *Remote Camera* definiert werden. Weitere Streams müssten daher extern decodiert und z. B. als SDI-Signal zugeliefert werden. Smartphone-Kameras können wie bei Wirecast auch nur in die Sendung eingebunden werden, wenn sie sich im selben Netzwerk befinden wie die Software.

Die Livestream Studio Software kostet einmalig 799 US Dollar. Hinzu kämen noch die Kosten für die Decoder weiterer IP-Streams sowie für Equipment, um einen Kommentator aus der Ferne einzubinden und eventuell um Highlights extern schneiden zu können. Der Hardware-Controller zur besseren Bedienung der Software kostet derzeit 5.999 US Dollar.

6 Testphase

Die im Rahmen dieser Arbeit behandelte Remote Production Idee wurde in der Form noch nie umgesetzt. Daher ist keine der in Kapitel 5 geschilderten technischen Optionen genau für diesen Zweck vorgesehen. Es können zwar viele Dinge im Vorfeld durchdacht werden, wie gut sie jedoch in der Praxis umzusetzen sind, lässt sich nur mit Hilfe eines Testaufbaus herausfinden. Insgesamt wurden zwei Tests durchgeführt. Der erste fand im Februar über drei Tage verteilt in Antwerpen, der zweite Anfang März beim NDR in Hamburg statt.

6.1 Test in Antwerpen: 13.-15. Februar 2015

Ziel dieses Tests war es, innerhalb eines lokalen Netzwerks verschiedene Produktionsplattformen und Kameras zu testen und Erkenntnisse über das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten zu gewinnen.

Testdurchführung

Getestet wurden die IP-Überwachungskamera DCS-5222L von D-Link, die professionelle Remote Kamera AW-HE120 von Panasonic inklusive Steuerpanel AW-RP50E, der externe Encoder Teradek Cube 255 von Teradek, die Produktionsplattformen make.tv, Wirecast Pro und Livestream Studio, sowie die Smartphone Apps von make.tv und Wirecast.

Zunächst eine grafische Darstellung des Testaufbaus, der die Verbindung der am Test beteiligten Komponenten zu entnehmen sind.

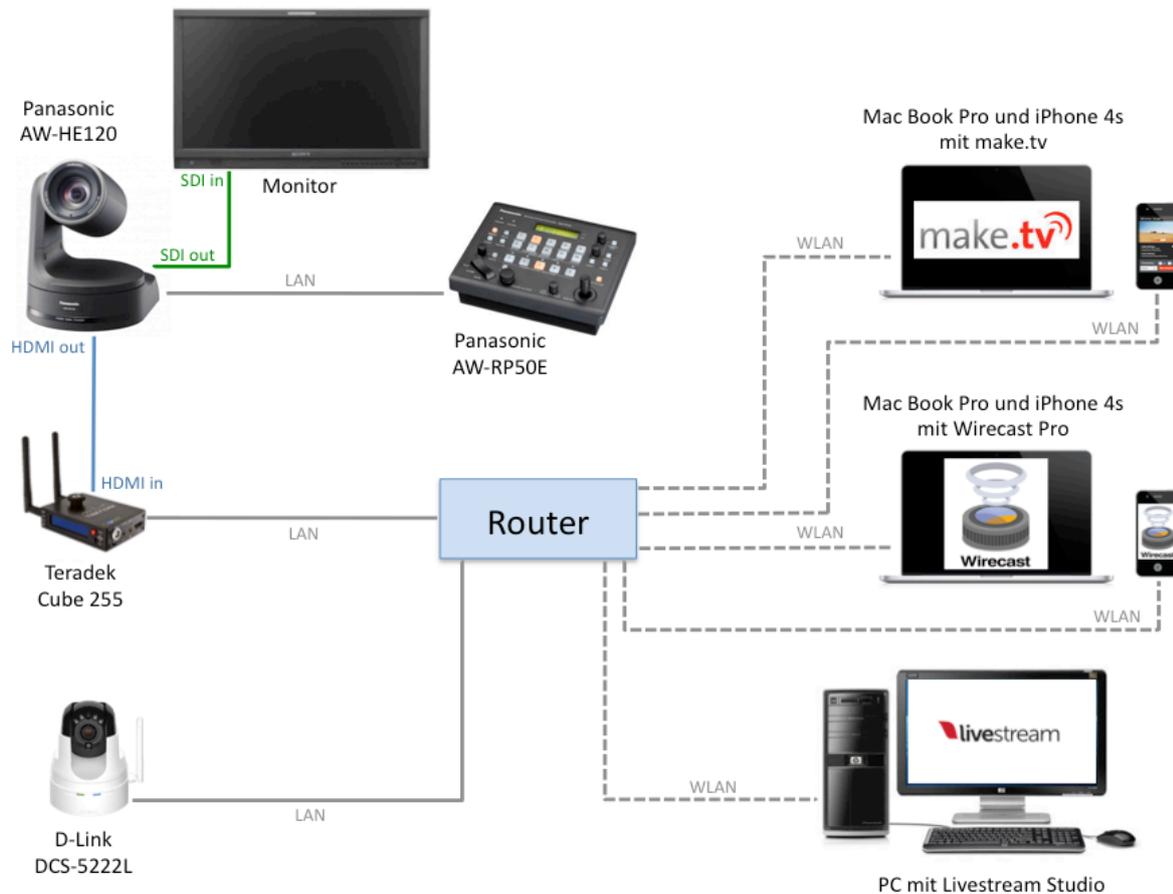


Abb. 11: Skizze Testaufbau Antwerpen

Das Zentrum des Testaufbaus bildete der Router, an den die beteiligten Geräte angeschlossen wurden. Die IP-Überwachungskamera von D-Link gab durch einen eingebauten Encoder direkt einen RTSP-Stream aus. Die professionelle Remote Kamera AW-HE120 von Panasonic besitzt keinen eingebauten Encoder, so dass die Kamera für den Test per HDMI an den Teradek Cube Encoder angeschlossen wurde und darüber das Bild der Kamera wahlweise als RTSP- oder RTMP-Stream zur Verfügung stand.

Die nachfolgenden Abbildungen 12 und 13 zeigen Fotos des Testaufbaus und vermitteln damit einen Eindruck, wie es zukünftig im Wohnzimmer eines Regisseurs aussehen könnte.



Abb. 12: Testaufbau in Antwerpen – Remote Production Regie im Wohnzimmer 1



Abb. 13: Testaufbau in Antwerpen – Remote Production Regie im Wohnzimmer 2

Nach Inbetriebnahme und Funktionstest der Kameras wurden die Produktionsplattformen der Reihe nach getestet. Die Schwerpunkte lagen auf der Konfiguration unterschiedlicher Inputs und dem Test der jeweiligen Kernfunktionen der Produktionsplattformen.

Zur Auswertung und zum Vergleichen von Latenzen diente die Uhrzeit aus der Atomuhr. Diese wurde mit den verfügbaren Kameras von einem iPad abgefilmt und zugleich im Browser neben der jeweiligen Produktionsplattform aufgerufen.

Mit Ausnahme der cloudbasierten Plattform make.tv fanden alle Tests innerhalb des lokalen Netzwerks statt.

Erkenntnisse

Für den Kamerateam stand die Frage im Vordergrund, ob eine professionelle Remote Kamera neben einer besseren Bildqualität auch durch eine geringere Latenz bei der Ansteuerung und sanftere Schwenkbewegungen ihren deutlich höheren Anschaffungspreis gegenüber einer günstigen IP-Überwachungskamera rechtfertigt. Diese Frage lässt sich innerhalb eines lokalen Netzwerks eindeutig mit *JA* beantworten. Mit dem Steuerpanel können sehr sanfte Schwenkbewegungen ausgeführt und gleichzeitig die Zoom- oder Fokus-Einstellung bedient werden. Unabhängig davon, ob das Steuerpanel direkt mit einem Netzkabel an die Kamera angeschlossen war oder beide über den Router miteinander kommunizierten, reagierte die Kamera ohne wahrnehmbare Latenz auf die Steuerbefehle.

Bei Ansteuerung über das ungemantete öffentliche Internet ist allerdings mit einer größeren Latenz zu rechnen. Dies müsste für die Umsetzung des Remote Production Szenarios genauer geprüft werden.

Einige der in Kapitel 5.3 geschilderten Funktionen der Produktionsplattformen können bestätigt werden. So ließ sich z. B. mit make.tv kollaborativ ein kommentierter Livestream erstellen. Wirecast ist vor allem durch umfangreiche Bearbeitungsoptionen der Shots positiv aufgefallen.

Die Konfiguration der Inputs verlief unterschiedlich erfolgreich. Webcams und Smartphone Kameras wurden von make.tv sehr schnell erkannt und standen kurz danach automatisch als Input zur Verfügung. Die Erkennung verlief bei Wirecast ebenfalls problemlos, das Hinzufügen als Input muss hier jedoch manuell erfolgen.

Das Einbinden von RTSP- und RTMP-Streams erforderte bei allen Produktionsplattformen intensivere Befassung. Schließlich konnte bei make.tv der Stream des Teradek Encoders über RTMP als Input definiert werden. Der RTSP-Stream der D-Link Kamera ließ sich nur bei Wirecast als Quelle hinzufügen. Für den Test von Wirecast wurde der Teradek Encoder ebenfalls über RTSP eingebunden, da die Konfiguration des RTMP-Streams nach mehreren Versuchen nicht funktionierte.

Bei Livestream Studio ist grundsätzlich nur eine Verbindung über RTMP oder Zixi vorgesehen. Der RTMP-Stream des Teradek Encoders ließ sich hier aber ebenfalls trotz mehrfacher Versuche nicht einbinden. Der weitere Testverlauf konzentrierte sich daher auf make.tv und Wirecast.

Insgesamt wurde durch den Test manifestiert, dass die Synchronisation von Inputs eine unverzichtbare Funktion einer Produktionsplattform ist.

Um in einer cloudbasierten Produktionsplattform von unterschiedlichen Orten aus zusammenarbeiten zu können, ist es zudem unabdingbar, dass die Teammitglieder zur gleichen Zeit das Gleiche sehen. Im Test hat sich gezeigt, dass dies bei make.tv nicht immer garantiert werden kann. In Abbildung 14 ist anhand der abgefilmten Atomuhr zu erkennen, dass bei der Zusammenarbeit an derselben Sendung die Inputs bei dem rechten Laptop nicht nur später, sondern vor allem auch unterschiedlich spät zu sehen waren. So ist z. B. die Kamera, die in der Mitte links zu sehen ist bei dem rechten Laptop 12 Sekunden später zu sehen als bei dem linken Laptop, während die Kamera, die im mittleren Bereich rechts angezeigt wird bei dem rechten Laptop 6 Sekunden später zu sehen ist als bei dem linken.

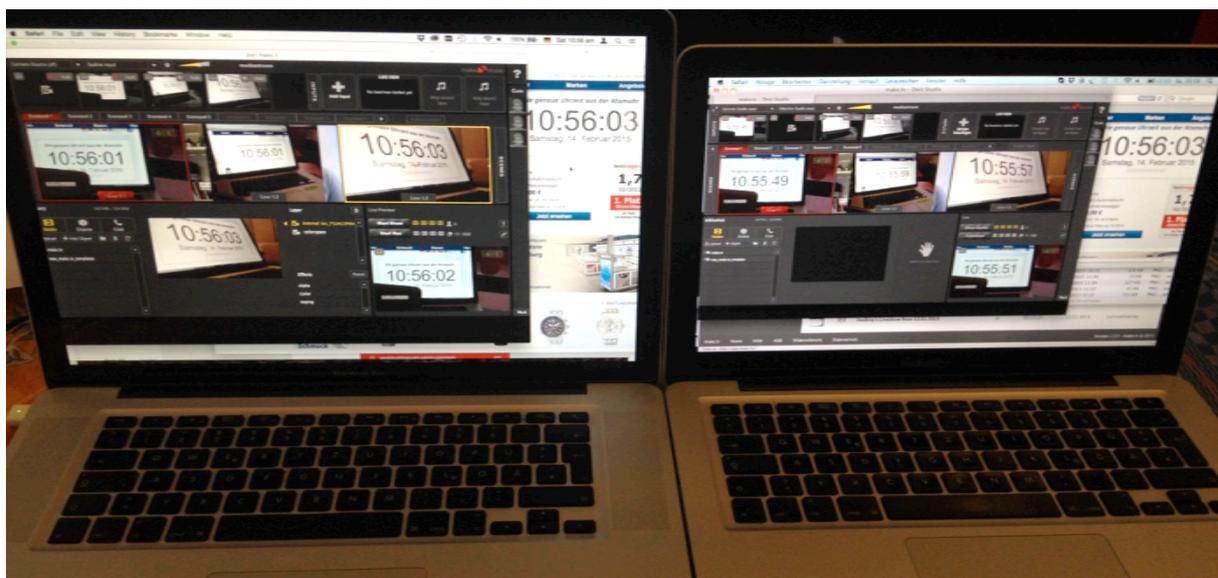


Abb. 14: Unterschiedlich asynchrone Inputs bei make.tv

Das Phänomen ließ sich durch Aktualisieren der Browser-Ansicht beim rechten Laptop beseitigen. Da bei einer echten Remote Production die beteiligten Personen nicht nebeneinander sitzen, ist dies nur schwer feststellbar und würde wahrscheinlich erst im Laufe des Spiels auffallen, wenn der Kommentar nicht zum gesendeten Bild passt. Die Kollaborativität als Kernfunktion von make.tv ist daher unter Vorbehalt zu betrachten.

Im einem der Tests mit Wirecast ließ sich ein anderes Phänomen beobachten. Während die Smartphone-Kamera mit der Wirecast App konstant etwa zwei Sekunden im Delay zu sehen war, vergrößerte sich das Delay des Teradek RTSP-Streams rapide. D. h. der Stream stand nicht in Echtzeit zur Verfügung sondern lief deutlich langsamer ohne dass die Software in irgendeiner Form eine Fehlermeldung angezeigt hat. Der Screenshot in Abbildung 15 zeigt links im Preview-Fenster den RTSP-Stream, rechts daneben im Programm-Fenster die Smartphone-Kamera.

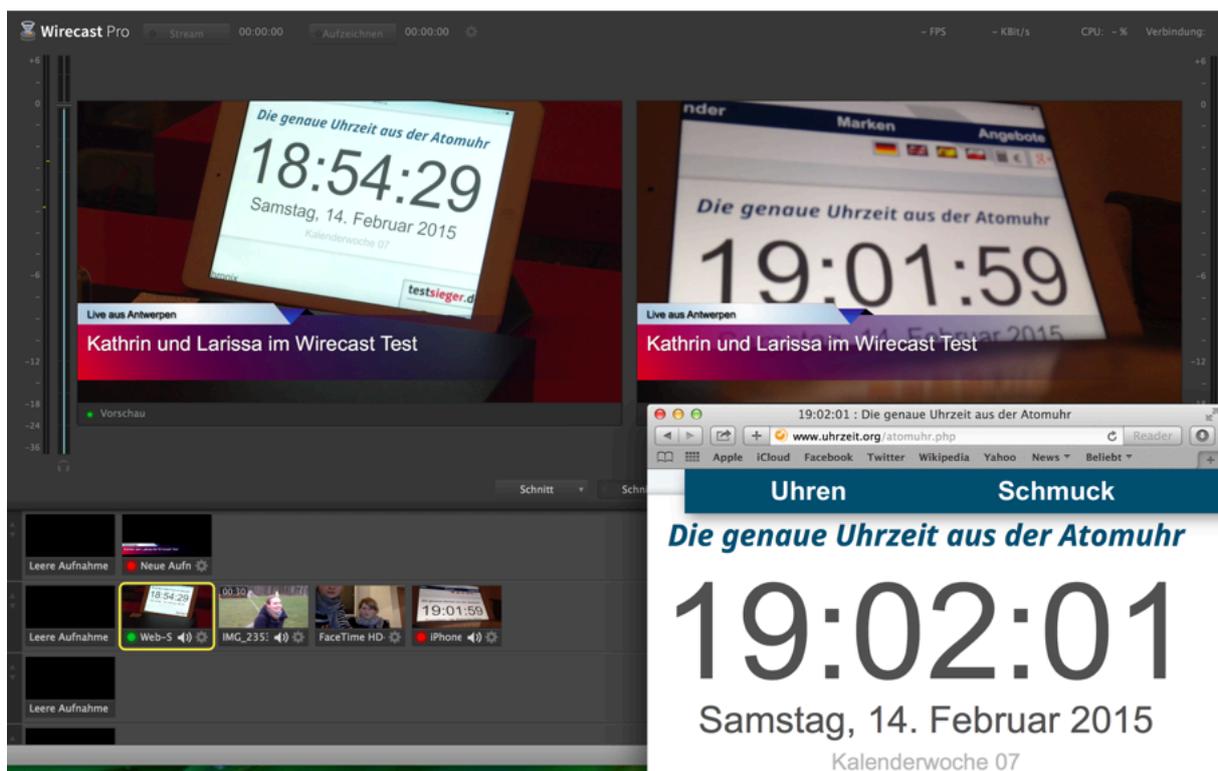


Abb. 15: Screenshot von Wirecast – stark verzögerter RTSP-Stream

6.2 Test in Hamburg: 09.-10. März 2015

Das primäre Ziel für diesen zweiten Test bestand darin, ein anderes Kameramodell aus dem Bereich der professionellen Remote Kameras mit Schwerpunkt auf die Ansteuerung per IP zu testen. Getestet wurde die BRC-Z700 Remote Kamera von Sony mit dem Steuerpanel RM-IP10.

Testdurchführung

Mit Hilfe des in Abbildung 16 dargestellten Testaufbaus sollte herausgefunden werden, ob die Kamera mit dem Steuerpanel bedient werden kann, wenn sich Steuerpanel und Kamera in unterschiedlichen lokalen Netzwerken befinden.

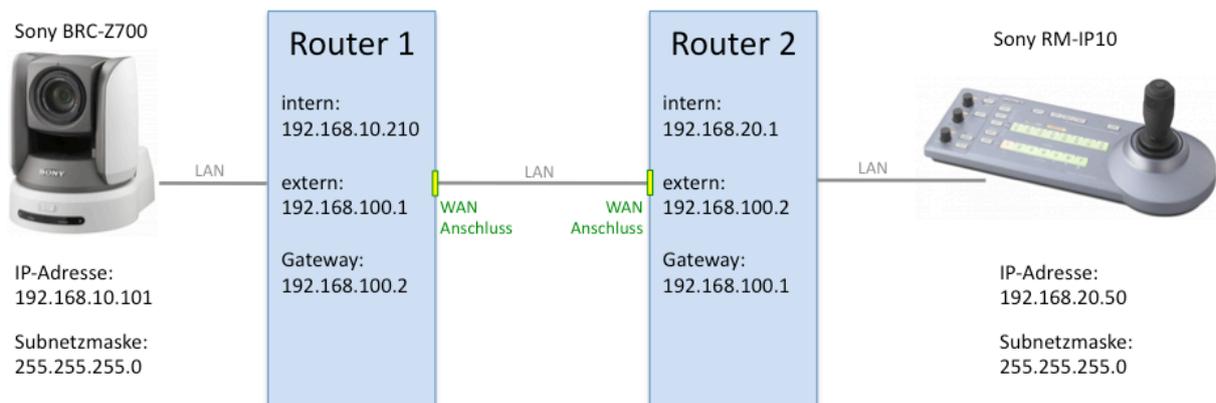


Abb. 16: Skizze der Netzwerkverkabelung des Testaufbaus in Hamburg

Den beiden Geräten wurden IP-Adressen unterschiedlicher Netzwerksegmente zugewiesen und eine Verbindung über zwei Router hinweg hergestellt, die jeweils über ihren WAN-Anschluss miteinander verbunden wurden. Eine Analyse mit der Software *Wireshark* hatte im Vorfeld ergeben, dass das Steuerpanel und die Kamera abwechselnd miteinander über Port 52381 kommunizieren und die Steuerung auf UDP basiert. So wurde in beiden Routern eine entsprechende Portweiterleitung eingerichtet (siehe Abb. 17).

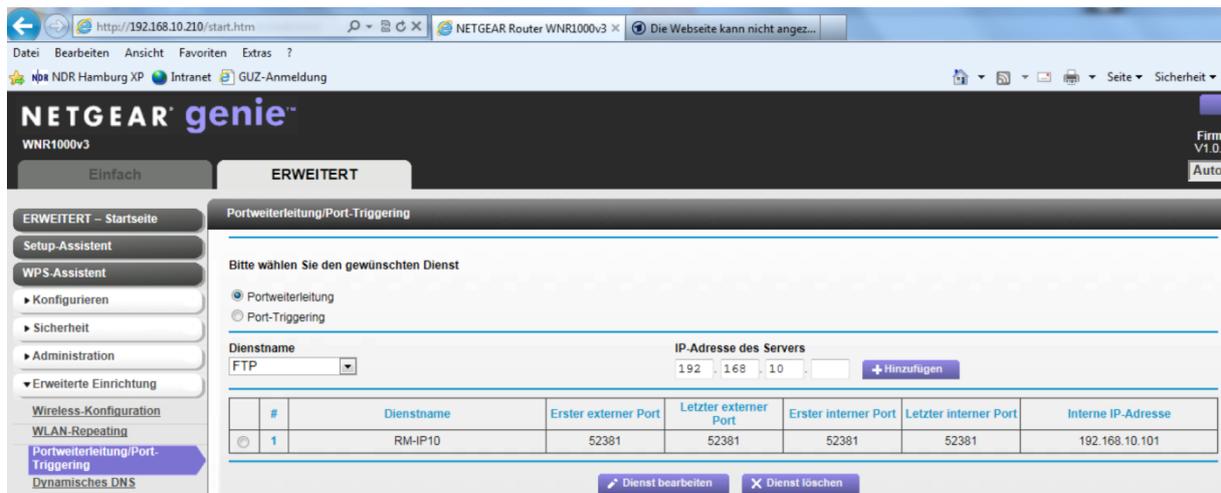


Abb. 17: Portweiterleitung in Router 1

Erkenntnisse

Das Einrichten der Portweiterleitung verlief erfolgreich, so dass sich die Kamera in einem anderen Netzwerksegment mit dem Steuerpanel bedienen ließ. Die Latenz bei der Ansteuerung war kaum wahrnehmbar.

Über diesen Weg ist mit dem getesteten Steuerpanel jedoch nur die Ansteuerung einer einzigen Kamera möglich. Denn in der Konfigurationssoftware des Steuerpanels können den einzelnen Tasten nur jeweils die IP-Adressen der Kameras zugewiesen werden und die sind in diesem Fall identisch, da hier die externe IP-Adresse des ersten Routers eingetragen werden muss. Ein Ansprechen der Kameras über unterschiedliche Ports ist in der Software nicht vorgesehen und daher führt die Portweiterleitung in Router 1 unweigerlich immer nur zu einer Kamera in dem Netzwerk.

In einem weiterführenden Versuch sollte die Verbindung beider Router mit dem Internet getestet werden, um zu sehen, ob die Steuerung auch über das öffentliche Internet funktioniert. Aufgrund der Unberechenbarkeit des Mediums ist es erforderlich eine ausführliche Testreihe durchzuführen, statt sich auf die Ergebnisse aus nur einem Test zu verlassen.

Da für die Übertragung der Steuersignale UDP als Transportprotokoll eingesetzt wird, können Paketverluste und Jitter zu erheblichen Störungen führen. Es ist daher in hohem Maße fraglich, ob damit die Ansteuerung der Kamera über ein ungemanagtes Netzwerk gelingt. Bei einer TCP-basierten

Übertragung ist dagegen mit einer höheren Latenz zu rechnen. Für die Wahl einer geeigneten Protokollvariante sind demnach weitere dezidierte Tests nötig.

Im subjektiven Vergleich der Bedienbarkeit der beiden in Antwerpen und Hamburg getesteten Steuerpanels hat das AW-RP50E von Panasonic etwas besser abgeschnitten. Ausschlaggebend war hierfür vor allem die Zoomfunktion, die beim AW-RP50E mit einer klassischen Zoomwippe betätigt wird und damit eine intuitive Bedienung und einen sanften Zoombeginn ermöglicht. Zudem lässt sich die Zoomfunktion dadurch mit einer Schwenk-/Neigebewegung der Kamera kombinieren. Bei dem RM-IP10 Steuerpanel von Sony befindet sich das Bedienelement für die Zoomfunktion in Form eines drehbaren Rades oben auf dem Joystick. Diese Konstruktion erschwert sowohl den sanften Beginn einer Zoomfahrt als auch die Kombination mit einer Schwenk-/Neigebewegung. Negativ aufgefallen ist außerdem die Navigation innerhalb des Kameramenus, die beim RM-IP10 mit dem Joystick sehr umständlich auszuführen ist.

7 Fazit

In Anbetracht der gewonnenen Erkenntnisse wird deutlich, dass die kostengünstige Umsetzung einer Fußball-Live-Übertragung mit Remote Production zum jetzigen Zeitpunkt mit erheblichen Einschränkungen hinsichtlich der inhaltlichen und technischen Qualität verbunden ist. Dies ließ sich im Vorfeld dieser Arbeit bereits vermuten. Erst die ausführliche Betrachtung der einzelnen Komponenten hat allerdings gezeigt, wo genau die größten Schwierigkeiten liegen.

Die Fernsteuerung des Equipments am Veranstaltungsort über das öffentliche Internet birgt die erste Problematik. Denn hier addieren sich zwei Latenzen: die Zeit bis beim Operator das Kamerabild zu sehen ist, und die Latenz bei der Ansteuerung der Kameras. Für eine permanent mitschwenkende Führungskamera beim Fußball darf die daraus resultierende Latenz kaum wahrnehmbar sein. Dafür gibt es noch keine kostengünstige technische Lösung. Mögliche Alternativen, wie z. B. der Einsatz fest eingerichteter Kameras, wurden im Verlauf der Arbeit diskutiert, sie bedeuten jedoch inhaltliche Einschränkungen.

Die zweite Herausforderung besteht derzeit in der Wahl einer geeigneten Produktionsplattform. Jede der im Rahmen dieser Arbeit getesteten Plattformen hat entscheidende Defizite für den Einsatz im Bereich Fußball-Live-Übertragung per Remote. Ideal wäre eine Kombination der Funktionen der drei Plattformen: Die Cloud-Funktionalitäten von make.tv sind von großem Vorteil für die Remote Komponente, Wirecast bietet umfangreiche Möglichkeiten zur Inputkonfiguration und Bildbearbeitung. Livestream Studio überzeugt mit der professionellen Softwareoberfläche und Bedienbarkeit, den Funktionen zur Inputsynchronisation und der Möglichkeit, Zeitlupen aus allen Inputs zu erstellen. Zusätzlich wäre eine Option für cloudbasierten Highlightschnitt nötig, der parallel zum Livestream erfolgen kann.

Diese beiden Bereiche sind die Kernpunkte, die für die erfolgreiche Umsetzung des angestrebten Remote Production Konzepts vordergründig zu lösen sind. Im zweiten Schritt spielen weitere Aspekte wie z. B. die Sicherheit der IP-Streams, die Auswahl des geeigneten Equipments für den Veranstaltungsort und die dort benötigte Bandbreite des Internetanschlusses eine Rolle.

Es ist zu vermuten, dass viele der geschilderten Punkte in einigen Jahren kein Hindernis mehr darstellen werden, da insbesondere im Netzwerkbereich und in der Verbreitung von Videosignalen über eine Netzwerkinfrastruktur eine rasante technische Entwicklung zu verzeichnen ist.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schematische Darstellung einer herkömmlichen Außenproduktion.....	11
Abb. 2: Verlagerung der Produktionselemente durch Remote Production.....	11
Abb. 3: Kamerakonzzept 6+1 HD - Kameralegende.....	18
Abb. 4: Standardkonzept für die Spiele der 2. Bundesliga und die Relegation zwischen 2. Bundesliga und 3. Liga.....	19
Abb. 5: Mikrofonierung 2. Bundesliga.....	22
Abb. 6: Live-Workflow Remote Production.....	29
Abb. 7: DCS-5222L Vorder- und Rückansicht.....	33
Abb. 8: make.tv Studio mit einer Smartphone-Kamera als Input.....	46
Abb. 9: Softwareoberfläche von Wirecast Pro 6.0.....	49
Abb. 10: Softwareoberfläche von Livestream Studio.....	50
Abb. 11: Skizze Testaufbau Antwerpen.....	53
Abb. 12: Testaufbau in Antwerpen – Remote Production Regie im Wohnzimmer 1.....	54
Abb. 13: Testaufbau in Antwerpen – Remote Production Regie im Wohnzimmer 2.....	54
Abb. 14: Unterschiedlich asynchrone Inputs bei make.tv.....	56
Abb. 15: Screenshot von Wirecast – stark verzögerter RTSP-Stream	57
Abb. 16: Skizze der Netzwerkverkabelung des Testaufbaus in Hamburg	58
Abb. 17: Portweiterleitung in Router 1	59

Literaturverzeichnis

- Görner, Larissa: *MediaStroom – A Start-up business plan for an online local sports content portal*, MBA Thesis 31.03.2015, Hochschule für Angewandte Wissenschaften München
- Schmidt, Ulrich: *Professionelle Videotechnik*, S. 218, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009, 5. Auflage
- Schreiner, Rüdiger: *Computernetzwerke – Von den Grundlagen zur Funktion und Anwendung*, S.99 ff., S. 107 ff., Carl Hanser Verlag München 2012, 4. Auflage
- Gebhard, H.; Schröder, K.: *Audio-/Video-Streaming über IP (Internet-Protokoll)*, In: FKT 54, 1-2/2000, S. 23, S.25, S.28, S.30
- Huber, Hans; Stoll, Gerhard: *Automatisches Nachführsystem für Mikrofone – Konzept zur Aufnahme sportartspezifischer Geräusche bei Live-TV-Sportproduktionen*, In: FKT 3/2009, S. 95
- Kraetzer, Philipp; Schüür, Klaas: *Videostreaming in IP-basierten Netzen – Aktuelle Ansätze für „Quasi-Live“-Übertragungen im Web*, In: FKT 4/2010, S. 144
- Liikanen, Samuli; Verkkosaari, Kimmo: *Auf Sendung mit den Olympischen Spielen*, In: FKT 4/2014, S. 157 ff.
- Mix, Valeria: *Unicast und Multicast: Wie IP-Kameras ihre Daten liefern*, In: Euro Security, 8/9 – 2011, S. 48
- Parmar, H.; Thornburgh, M.: *Adobe's Real Time Messaging Protocol*, 21.12.2012, S. 3
- Eckstein, Eckhard: *Die Zukunft der Live-Produktion*, 03/2013, <http://mebucom.de/archiv-detail/items/die-zukunft-der-live-produktion.html>, letzter Aufruf: 30.03.2015
- Gebhard, Christine; Voigt-Müller, Gerd: *Fußballfest in Zuckerhut -Land: So übertragen ARD und ZDF die WM2014 aus Brasilien*, 24.06.2014, [http://www.film-tv-video.de/225.html?&tx_ttnews\[tt_news\]=44157&L=0&no_cache=1](http://www.film-tv-video.de/225.html?&tx_ttnews[tt_news]=44157&L=0&no_cache=1), letzter Aufruf: 18.01.2015

- film-tv-video.de: *Remote Production: Die Zukunft?*, 07.12.2012, http://www.film-tv-video.de/index.php?id=newsdetail&tx_ttnews%5Btt_news%5D=43117&no_cache=1, letzter Aufruf: 11.01.2015
- Deutsches Rundfunkarchiv, Frankfurt/M., Über "Chronik der ARD", *Chroniken der Landesrundfunkanstalten*, <http://web.ard.de/ard-chronik/index/5534?year=1952>, letzter Aufruf: 25.02.2015
- Deutscher Fußball-Bund: *Fußball-Regeln 2014/2015*, S. 4
- Stadionhandbuch von DFL und DFB, S.15, http://www.mik.nrw.de/fileadmin/user_upload/Redakteure/Dokumente/Themen_und_Aufgaben/Schutz_und_Sicherheit/NKSS/Anlagen_Konzept_NKSS_2012/NKSS_A3_DFL_DFB_Stadionhandbuch_20090119.pdf, letzter Aufruf: 28.02.2015
- http://www.axis.com/de/products/video/about_networkvideo/compression_formats.htm, letzter Aufruf: 13.03.2015
- <http://www.bundesliga.de/de/dfb/mediencenter/durchfuhrungsbestimmungen/>, letzter Aufruf: 25.02.2015
- http://www.bundesliga.de/media/native/dokument/Anlage_B1_Produktionsstandards%202014-2015.pdf, letzter Aufruf: 25.02.2015
- <https://bundesliga.de/media/native/dokument/Anhang%20XI%20zur%20LO%202013-12-06%20Stand.pdf>, letzter Aufruf: 25.02.2015
- http://www.bundesliga.de/media/native/dokument/Anlage_B1_Produktionsstandards%202014-2015.pdf, S.54, letzter Aufruf: 25.02.2015
- <http://www.dlink.com/de/de/business-solutions/ip-surveillance/business-ip-cameras/ptz-cameras/dcs-5615-full-hd-mini-pan-and-tilt-dome-network-camera>, letzter Aufruf: 13.03.2015
- <https://www.digitalconcerthall.com/de/info>, letzter Aufruf: 28.03.2015
- <https://www.fktg.org/26-fktg-fachtagung-2014-vom-5-8-mai-2014-koeln>, letzter Aufruf: 30.03.2015
- <http://de-de.sennheiser.com/richtrohrmikrofon-entfernte-schallquellen-mkh-8070>, letzter Aufruf: 17.03.2015
- Persönliche Gespräche mit Alex Wolf, IT-Koordinator AÜ-Fernsehen NDR, 05.+ 09.03.2015
- Emailverkehr mit Alex Wolf, IT-Koordinator AÜ-Fernsehen NDR, 20.03.2015

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Master-Thesis mit dem Titel

„Remote Production – Evaluierung technischer Möglichkeiten für den Einsatz im Bereich Fußball-Live-Übertragung“

selbstständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln verfasst habe. Alle Passagen, die ich wörtlich aus der Literatur oder aus anderen Quellen, wie z. B. Internetseiten übernommen habe, habe ich deutlich als Zitat mit Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, den _____