



**DEUTSCHE
TV-PLATTFORM**

WHITE BOOK

Beyond HD

**Arbeitsgruppe Geräte und Vernetzung
der Deutschen TV-Plattform**

Version 1.0, August 2013

INHALT

Vorwort		4
1.	Status Quo von HDTV und 3DTV in Deutschland	6
1.1	HDTV	7
1.2	3DTV	10
1.3	Programmangebot in HDTV und 3DTV	11
1.4	CE-Gerätemarkt	12
1.4.1	Video	12
1.4.2	Audio-Surround-Systeme	15
2.	Technologische Weiterentwicklungen	16
2.1	HDTV in 1080p	16
2.2	3DTV	16
2.2.1	Frame-kompatible Übertragung	16
2.2.2	Service-kompatible Übertragung	17
2.2.3	Autostereoskopische Displays	19
2.3	Audio	22
2.4	Ultra HD	23
2.4.1	Auswirkungen auf HDTV und 3DTV	25
3.	Ultra HD – von der Produktion bis zum Empfang	27
3.1	Inhalte für Ultra HD	27
3.1.1	Scanning existierender Inhalte für Ultra HD	27
3.1.2	Film-Produktion für Ultra HD	28
3.1.3	Live-Produktion für Ultra HD	28
3.2	Post-Produktion für Ultra HD	29
3.3	Übertragung von Ultra HD	31
3.3.1	H.264/AVC	31
3.3.2	H.265/HEVC	32
3.4	Receiver für Ultra HD	33
3.5	Displays für Ultra HD	34
3.6	Einführung von Ultra HD in Deutschland	36
4.	Glossar	39
5.	Anhang	44
Impressum	Herausgeber, Redaktion, Autoren, Haftung, Kontakt, Über uns	56

Vorwort

Seit 2005 ist der Siegeszug des hochauflösenden Fernsehens (HDTV) in Deutschland unübersehbar: Nach dem Start durch ProSiebenSat.1 und Premiere (heute Sky Deutschland) folgten mit der HD+-Plattform ab Ende 2009 weitere private HD-Angebote, bis Anfang 2010 auch ARD und ZDF damit begannen, ihr Programmangebot durch hochauflösende Kanäle zu ergänzen. Heute ist HDTV „state of the art“ und deutsche Haushalte können, je nach Empfangsart, bis zu 60 HD-Programme und mehr genießen. Parallel dazu ist natürlich auch die Zahl der HDTV-Geräte stetig gestiegen, so dass sich davon heute über 49 Millionen in deutschen Haushalten befinden. HDTV ist über die Empfangswege Satellit, Kabel und IPTV erhältlich – lediglich über das terrestrische Fernsehen (DVB-T) wird derzeit (noch) kein hochauflösendes Programmangebot verbreitet.

Die Deutsche TV-Plattform – 1991 einst als Nationale HDTV-Plattform Deutschland gegründet – hat sich von Beginn an intensiv mit dieser Entwicklung beschäftigt. Zahlreiche Arbeitsgruppen haben die Evolution und die Einführung von HDTV in Deutschland begleitet: mit Aufklärung und Information für den Endkunden, durch unter-



**Dr. Helmut Stein (ISDM),
AG-Leiter und Vorstandsmitglied der Deutschen TV-Plattform**

schiedlichste Fachpublikationen, Veranstaltungen, Web-Specials und mit einem interaktiven Verbrauchertool. Dabei ist die Deutsche TV-Plattform einen langen Weg gegangen, der sich jedoch gelohnt hat: HDTV ist Mainstream im deutschen Fernsehalltag geworden.

Auf dieser Basis konnten inzwischen auch weitere neue Entwicklungen eingeführt werden, seit Ende 2010 zum Beispiel das dreidimensionale Fernsehen (3DTV), das jedoch bisher nicht ganz an den Erfolg von 3D im Kino anknüpfen konnte. Schuld daran scheint die Notwendigkeit zu sein, sich auch

im heimischen Wohnzimmer eine 3D-Brille aufsetzen zu müssen. Während 3D heute quasi von jedem modernen HD-Display unterstützt wird und damit die Marktdurchdringung von 3D-fähigen Endgeräten stetig steigt, werden durchschnittlich weniger als eine 3D-Brille pro Gerät verkauft. Die Industrie arbeitet daher nicht nur mit Hochdruck an brillenlosen TVs, sogenannten autostereoskopischen Displays, sondern auch an der besseren Verschmelzung von 2D- und 3D-Programmen. Weltweit lässt sich ein rückläufiger Trend der 3D-Programmangebote derzeit nicht leugnen, in Deutschland ist das Angebot seit dem Start von Sky 3D im Oktober 2010 allerdings recht stabil, wenn auch überschaubar geblieben. Es besteht jedoch Grund zur Hoffnung, dass der nächste große Schritt nach HDTV – Ultra HD – auch 3DTV zu neuen Höhenflügen verhelfen könnte.

Seit 2012 haben alle namhaften Hersteller damit begonnen, Ultra HD-Displays anzukündigen oder auch bereits vorzustellen. Auf den großen Industriemessen Anfang 2013 – der CES und der NAB, die beide in Las Vegas stattfinden – war Ultra HD jeweils das beherrschende Thema und mit der IFA 2013 in Berlin wird dieses nun endgültig auch die deutschen Verbraucher erreichen. Dabei ist Ultra HD mit 3.840x2.160 Bildpunkten und damit der vierfachen Auflösung von Full HD nur ein erster Schritt, denn der japanische Fernsehsender NHK arbeitet unter der Bezeichnung Super Hi-Vision bereits seit mehreren Jahren an einem System mit 7.680x4.320 Pixeln, was dann 16-mal Full HD entspricht. Beide Formate wurden inzwischen von der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) als UHD-1 (3.840x2.160) und UHD-2 (7.680x4.320) verabschiedet.



**Stephan Heimbecher (Sky),
Projektleiter HD3D der Deutschen TV-Plattform**

Die Deutsche TV-Plattform widmet sich dem Thema Ultra HD bereits seit 2012 in der Projektgruppe „Weiterentwicklung von HD und 3D“ (PG HD3D), die von Stephan Heimbecher (Sky Deutschland) geleitet wird. Die Projektgruppe berichtet direkt an die ebenfalls neu gegründete AG Geräte und Vernetzung, der Dr. Helmut Stein (ISDM) vorsitzt. Auch wenn Ultra HD derzeit einen Schwerpunkt der PG-Aktivitäten darstellt, befasst sich diese auch mit anderen Aspekten der Weiterentwicklung von HDTV und insbesondere 3DTV. Wie umfangreich und breit gefächert dieses Themengebiet ist, zeigt sich bei einem Blick in das vorliegende White Book, dessen Anliegen es ist, neben einer realistischen Lagebeschreibung zu HDTV und 3DTV vor allem auch die Trends wie Ultra HD aufzuzeigen. Im Zusammenhang mit der Programmverbreitung wird auch das neue Kompressionsverfahren H.265/HEVC eine vermutlich entscheidende Rolle spielen. Des Weiteren versucht das White Book, einen Blick auf alle Bereiche zu werfen, die für eine mögliche Einführung von Ultra HD in Deutschland von Bedeutung sind.

**Dr. Helmut Stein (ISDM),
AG-Leiter und Vorstandsmitglied der Deutschen TV-Plattform**

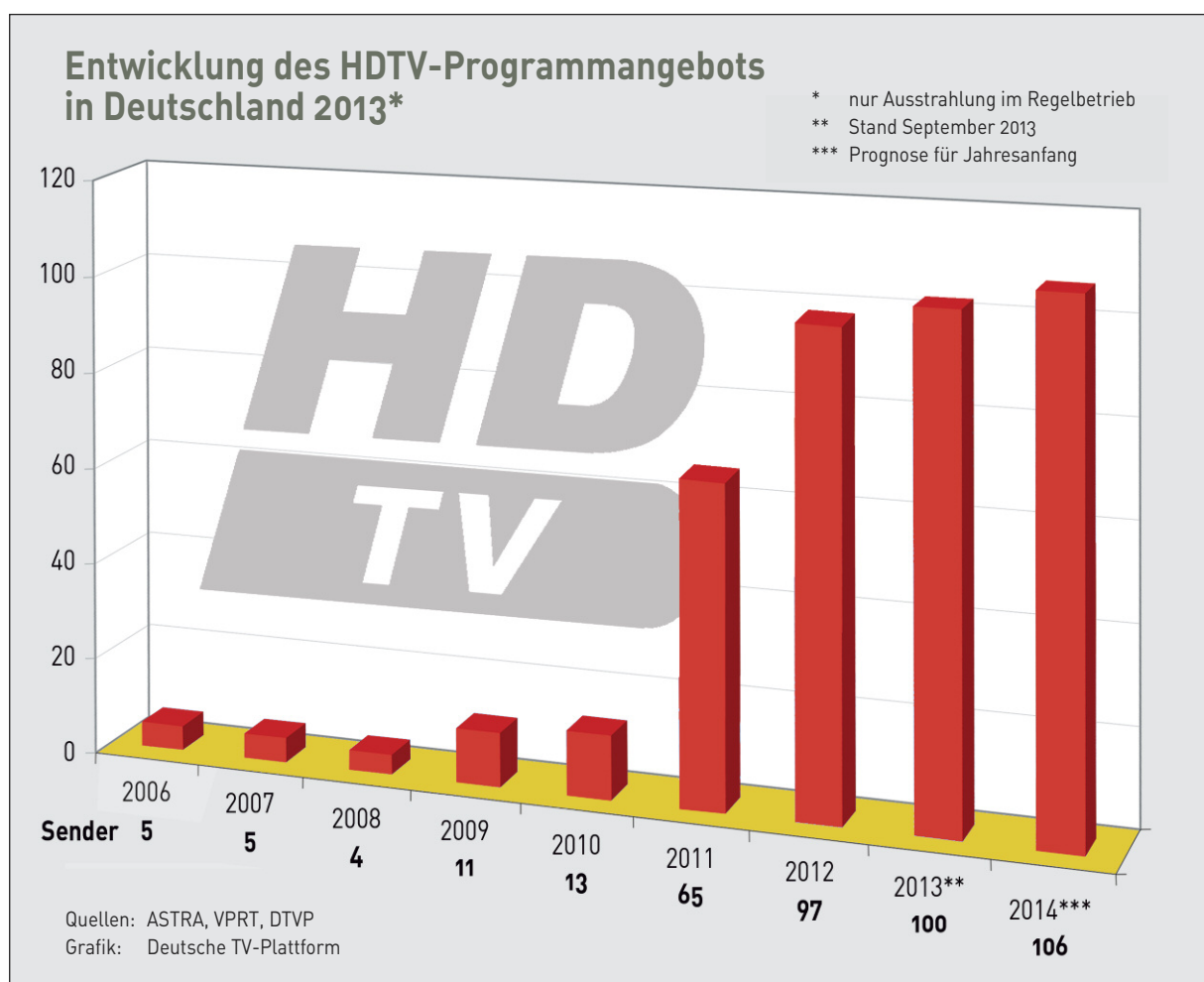
**Stephan Heimbecher (Sky Deutschland),
Projektleiter HD3D der Deutschen TV-Plattform**

1. Status Quo von HDTV und 3DTV in Deutschland

Nachdem das analoge Fernsehen durch Digital-TV (SDTV) abgelöst wurde, läuft seit 2005 bereits der nächste Schritt in die TV-Zukunft: Das hochauflösende Fernsehen (HDTV) bietet gestochen scharfe Bilder auf großen Flachbildschirmen und Surround-Sound. HDTV hat sich seither schrittweise in Deutschland etabliert und ist inzwischen – gerätemäßig wie auch programmlich – Fernsehalltag auf den TV-Verbreitungswegen Satellit, Kabel und DSL (IPTV).

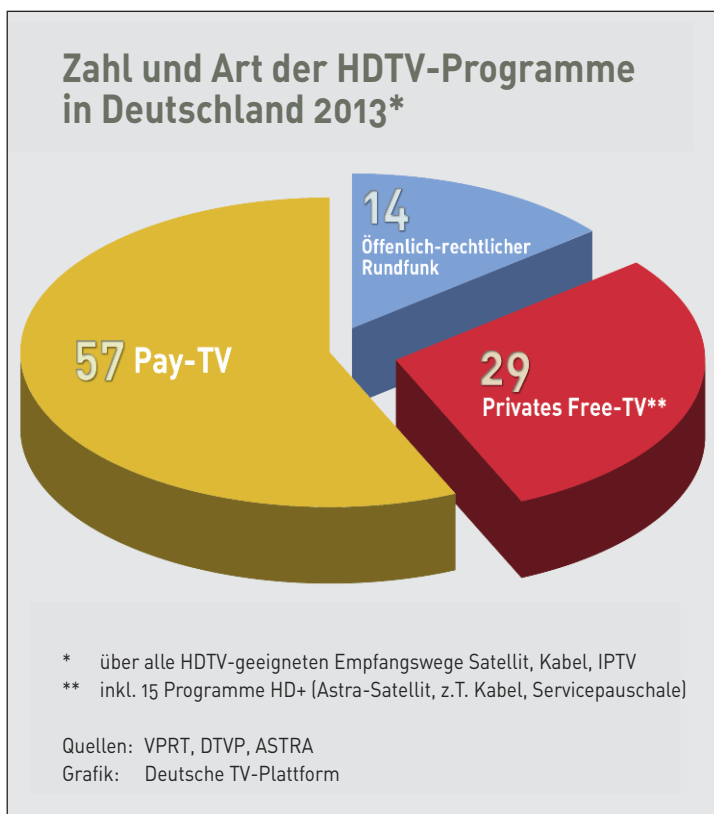
Seit 2010 gibt es auch 3DTV in Deutschland: Entsprechende TV-Flachbildschirme werden durch Sportübertragungen sowie Filme, Konzerte und Dokumentationen in speziellen Kanälen versorgt. Derzeit gibt es 3DTV via Satellit als DVB-S2, DSL als IPTV und vereinzelt im Kabel.

Die gesamte Entwicklung wird von Anfang an von der Deutschen TV-Plattform aktiv begleitet, wobei die speziellen Arbeitsgruppen sowohl dem Informationsaustausch aller Branchenbeteiligten dienen als auch zur Aufklärung bei den Verbrauchern beitragen. Dazu haben Experten der Deutschen TV-Plattform die Broschüre „Wissenswertes über HDTV“ publiziert, ein interaktives Tool „Wege zu HDTV“ entwickelt und mit Partnern die Einkaufsberater zu HDTV, 3D-Geräten und Heimkino erarbeitet. All diese Informationen finden Interessierte gebündelt im Web-Special HDTV sowie unter Dokumente/HDTV und 3DTV auf der Website der Deutschen TV-Plattform (www.tv-plattform.de).



1.1 HDTV

Die Entwicklung des HDTV-Marktes in Deutschland war in der Anfangsphase vom so genannten „Henne-Ei-Problem“ überschattet. TV-Gerätehersteller boten immer mehr HD-taugliche Geräte an, doch die Programmveranstalter starteten nur zögerlich entsprechende Sender und Kanäle. Inzwischen stehen über 51 Millionen HDTV-Geräte in den deutschen Haushalten – vor allem HDready-Flachbildschirme, aber auch HD-fähige Set-Top-Boxen und Blu-ray-Player und -Recorder (Details siehe Kapitel 1.4). Bei den TV-Übertragungswegen ist der Satellit Vorreiter – besonders Astra und Eutelsat bieten immer mehr HD-Programme. Und auch in den Kabelnetzen und bei IPTV wächst das HDTV-Angebot stetig.



Insgesamt steigt die HDTV-Programmvierfalt in Deutschland sehr dynamisch: Bis Mai 2009 gab es in Deutschland nur vier HDTV-Programme – inzwischen sind es rund 100 (siehe Kapitel 1.3). Das umfangreichste Angebot stellt seit Beginn die Abo-TV-Plattform Sky (vormals Premiere) den Zuschauern zur Verfügung. Die Palette dieser hochauflösenden Themenkanäle reicht vom Sport über historische, technische und Natur-Dokumentationen bis zu aktuellen Spielfilmen. Bei den frei empfangbaren Sendern war Anixe HD der Vorreiter.

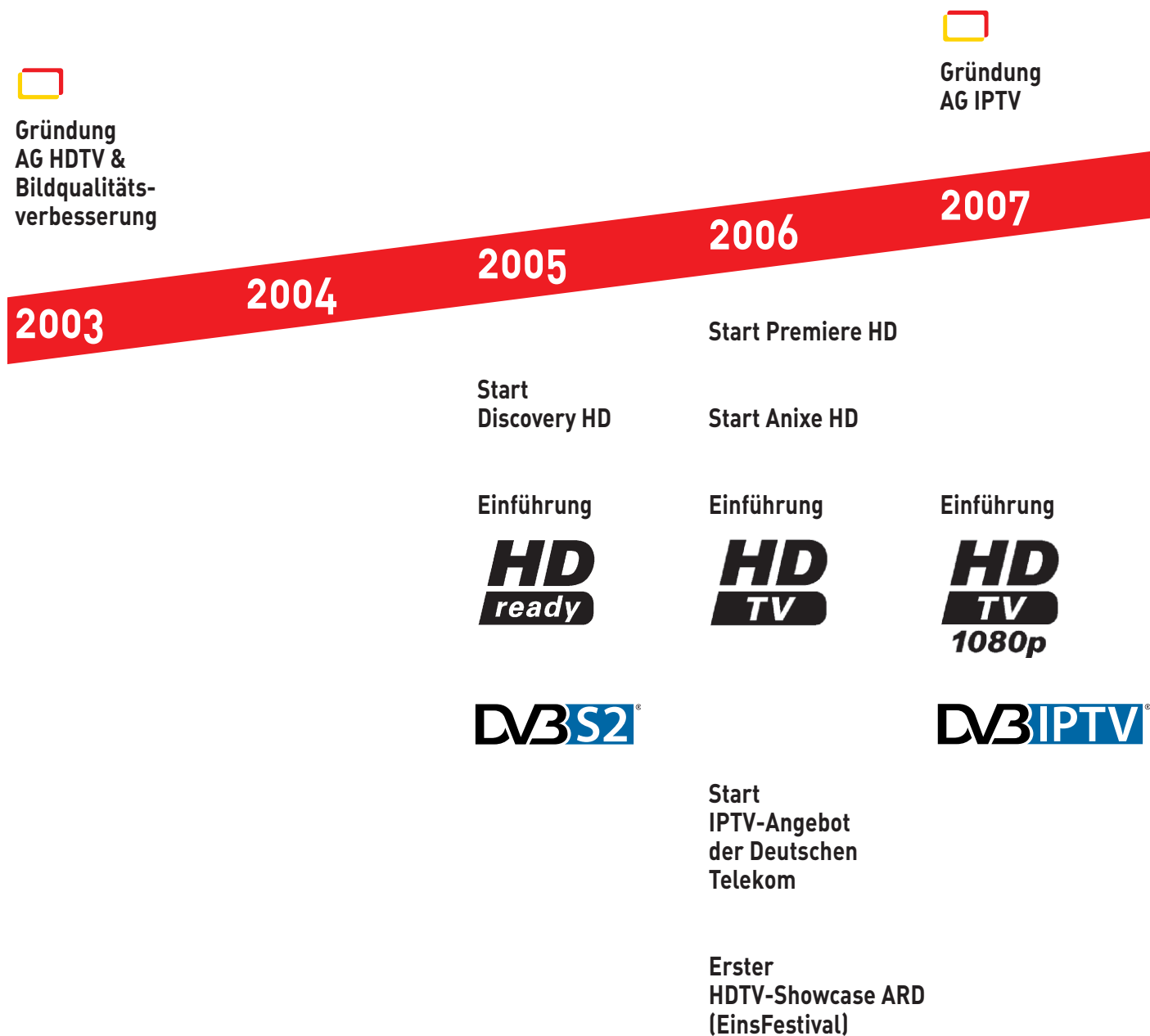
Nach Showcases der ARD auf einem Digitalkanal begannen ARD und ZDF zu den Olympischen Winterspielen im Februar 2010 die Regelausstrahlung ihrer bundesweiten TV-Programme in High Definition (HD). Zuvor war arte HD in 2009 gestartet. Schrittweise werden alle Programme der ARD (ARD-Regionalprogramme, weitere Spartenprogramme wie 3sat, KiKa und Phoenix sowie die drei ARD-Digital-Kanäle) bis 2014 auf HDTV umgestellt. Einen Schub für HDTV hat die Abschaltung der analogen Programmverbreitung via Satellit am 30. April 2012 gebracht.

Bei den privaten Programmveranstaltern wurden ProSieben und Sat.1 bereits zwischen Oktober 2005 und Februar 2008 in HD ausgestrahlt – seit Januar 2010 sind diese zwei Sender sowie weitere Programme der Sendergruppe als HDTV über die Satellitenplattform HD+ empfangbar. Seit dem Start von HD+ im November 2009 verbreitet auch die Mediengruppe RTL Deutschland über diese Plattform des Satellitenbetreibers Astra die Programme RTL und Vox in HDTV – inzwischen sind weitere dazugekommen.

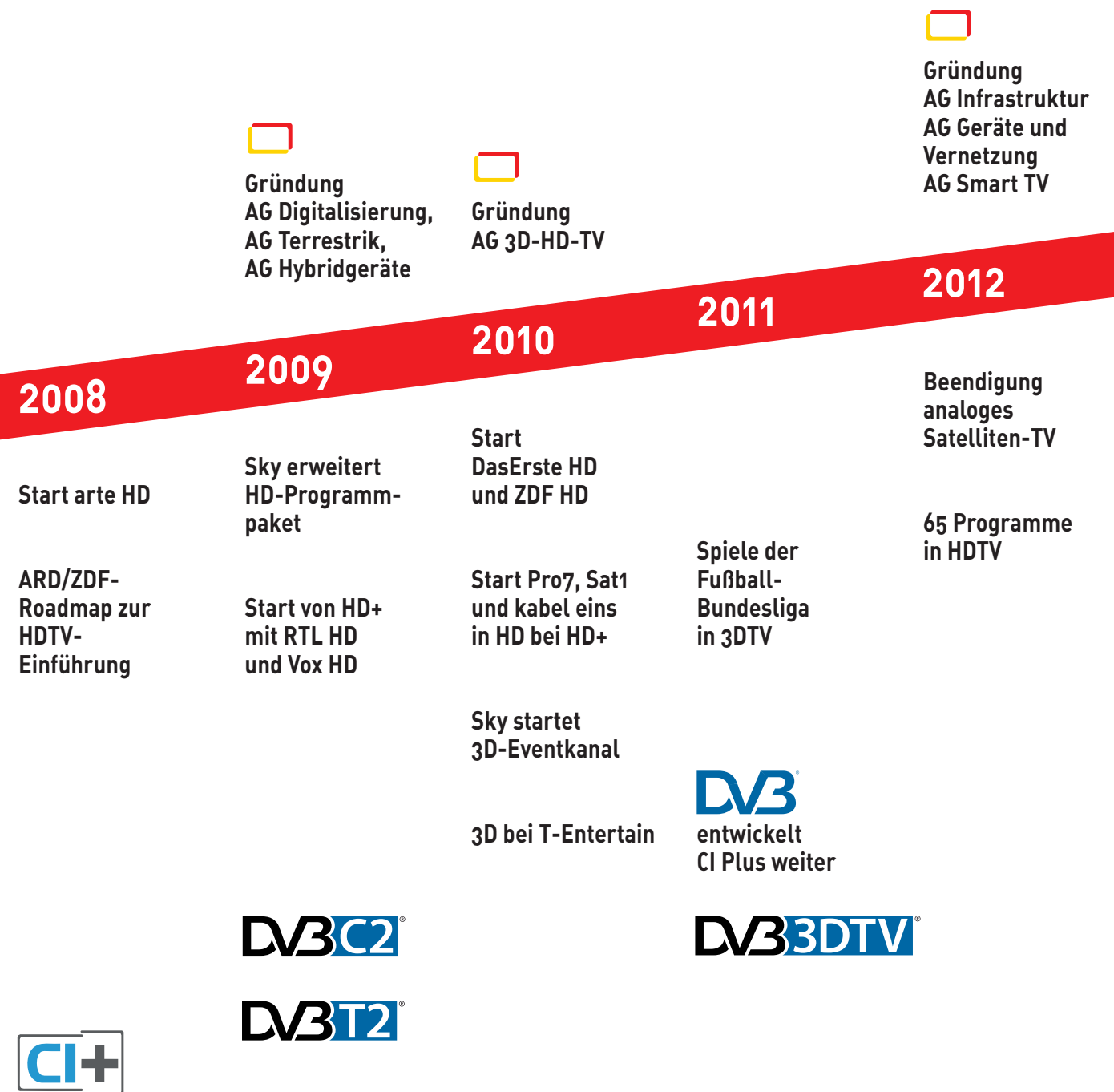
In Deutschland kommen derzeit zwei HDTV-Formate zum Einsatz: 720p und 1080i. Bei der Programmherstellung stellen immer mehr TV-Veranstalter auf durchgehende HD-Produktion um und versuchen den Anteil des hochskalierten SD-Materials zugunsten nativer HDTV-Sendungen zu verringern. Gleichzeitig steigt bei HD-Produktionen auch der Anteil an 5.1 Surround-Sound-Angeboten (s. Kapitel 1.4.2). Zwischenzeitlich hat die HD-Auflösung auch Smartphones und Tablets erreicht.

Meilensteine*

der Entwicklung digitaler Standards, des deutschen Marktes und der Deutschen Plattform



* Auszug aus der Grafik „Meilensteine 1990 – 2012“ der Deutschen Plattform www.tv-plattform.de/images/stories/pdf/Meilensteine-Sept2013.pdf



1.2 3DTV

Das dreidimensionale Fernsehen (3DTV) stellt eine konsequente Weiterentwicklung von HDTV dar. Das gilt für die Direktübertragung (Live-Übertragung), das Abruffernsehen, das Speichermedium Blu-ray Disc, die Software für Spielekonsolen (z.B. Xbox, PlayStation3), für Smart-TV-Portale und für vom Nutzer mit 3D-fähigen Videokameras (Camcorder) produzierte Inhalte (sog. user generated content).

Von den Satellitennetzbetreibern Eutelsat und Astra wurden bereits seit 2009 bzw. 2010 Demo-Kanäle für die 3D-Übertragung betrieben. Sky Deutschland ging im Herbst 2010 mit einem 3D-Kanal in den Regelbetrieb. Für die Übertragung wird üblicherweise das „side by side“-Verfahren (siehe Kapitel 2.2) verwendet, bei dem die beiden stereoskopischen Teilbilder für das rechte und linke Auge in komprimierter Form nebeneinander angeordnet sind. Auf diese Weise kann die bisherige Dimensionierung des Übertragungskanals bei Satellit und Kabel unverändert bleiben, was allerdings zu einer Reduzierung der HDTV-Qualität führt, weil dadurch die horizontale Bildauflösung kleiner wird.

Für die 3D-Wiedergabe werden entweder Shutter-Brillen (also aktive Einheiten) oder Polarisations-Brillen (also passive Einheiten) benötigt. Bei Smartphones und anderen Geräten mit relativ kleinen Bildschirmen ist häufig auch schon eine brillenlose Betrachtung möglich. Bei Verwendung von Shutter-Brillen ist eine Synchronisierung (meistens über eine Infrarot-Strecke) zwischen Bildschirm und Brille erforderlich.

Bei den 3D-Inhalten ist zwischen originär übertragenen Inhalten, auf Blu-ray Disc (BD) gespeicherten Inhalten und von Nutzern produzierten Inhalten zu unterscheiden. Der Regelbetrieb von 3DTV über Satellit, Kabel und DSL (IPTV) ist durch ein verhältnismäßig kleines Angebot gekennzeichnet. Es stehen dem Nutzer somit nur wenige 3DTV-Programme für den Direktempfang zur Verfügung. Das gilt auch für den Abruf entsprechender Programmbeiträge von Mediatheken.

Bei der Blu-ray Disc stellt sich die Situation für 3DTV wesentlich besser dar. Inzwischen ist eine größere Zahl von 3D-Filmen im Markt verfügbar und zwar mit steigender Tendenz. Wegen der großen Speicherkapazität der Blu-ray Disc bleibt die volle HDTV-Qualität der 3D-Inhalte systembedingt erhalten, da keine Komprimierung bei der Aufzeichnung und keine Übertragung erforderlich ist.

Neben Filmen, die in 3D produziert wurden, gibt es auch von normalen zweidimensionalen Beiträgen in 3D konvertierte Versionen. Die Information über die Bildtiefe wird dabei durch rechnergestützte Bildauswertung gewonnen und hängt aus diesem Grund primär von der Qualität der eingesetzten Software ab. Es handelt sich dann allerdings nicht um natives 3DTV und ist damit vergleichbar dem Hochskalieren der Bildauflösung bei HDTV, wenn das verfügbare Quellensignal lediglich als SDTV vorliegt.

Von den Nutzern produzierte 3D-Inhalte werden häufig auf YouTube hochgeladen. Über die Menge gibt es keine gesicherten Zahlen. Es ist dort allerdings eine stetige Zunahme von 3D-Inhalten feststellbar. Die Nutzer zeigen bisher noch keine hohe Akzeptanz für 3DTV. Dieser Situation kann durch mehr „echte“ 3DTV-Inhalte, bessere Bildqualität und zielorientiertes Marketing begegnet werden.

1.3 Programmangebot in HDTV und 3DTV

Besonders bei HDTV-Programmen ist die Dynamik unverkennbar: Wurden Anfang 2012 noch 48 Programme verbreitet, erhöhte sich deren Zahl zu Ende 2013 auf 99 über alle Rundfunkverbreitungswege Satellit, Kabeln und IPTV.

Über DVB-T wird HDTV derzeit nicht angeboten. Bei der voraussichtlichen Einführung von DVB-T2 in Deutschland ab 2016 ist aber auch die Verbreitung von HDTV- Programmen beabsichtigt.

Die öffentlich-rechtlichen Programmveranstalter stellen seit Anfang 2010 ihre Programme schrittweise auf HDTV um, was bis Anfang 2014 abgeschlossen sein wird. Alle öffentlich-rechtlichen HDTV-Programme werden unverschlüsselt übertragen. Der Simulcast von SDTV und HDTV läuft bei ARD/ZDF spätestens 2019 aus, weil die Kommission zur Ermittlung des Finanzbedarfs der Rundfunkanstalten (KEF) angekündigt hat, nur bis dahin entsprechende Gebührenmittel zu bewilligen. Perspektivisch könnte ab 2020 der Komplettumstieg von SDTV auf HDTV in Deutschland anstehen.

Die privaten Programmveranstalter setzen bei ihren HDTV-Programmen klar auf Verschlüsselung und Verbreitungsentgelte (Servicepauschale). Vorreiter ist die Satellitenplattform HD+ von Astra, inzwischen werden aber auch in Kabelnetzen private HDTV-Programme in Abo-Paketen angeboten. Insgesamt lässt sich feststellen, dass HDTV Massenmarkt und Mainstream in Deutschland ist.

3DTV in Deutschland ist von der für HDTV beschriebenen Situation noch ein Stück entfernt. Es besteht ein Widerspruch zwischen der großen Zahl vorhandener 3D-fähiger Endgeräte (sehr viele HDTV-Displays haben 3D als Feature integriert) und dem geringen 3DTV-Programmangebot. Sky betreibt seit 2010 einen 3DTV-Eventkanal und überträgt seit der Saison 2010/2011 die Fußball-Bundesliga live in 3DTV (derzeit pro Monat ein Topspiel). Entertain der Telekom bietet als IPTV neben einem 3D-Kanal mit verschiedenen Dokumentations- und Event-Inhalten auch mehr als 200 3D-Titel als Video-on-Demand-Angebot. Im Mai 2010 wurde das Eröffnungsspiel der Eishockey WM als erste Live-3D-Übertragung mittels IPTV ausgestrahlt. Vereinzelt gibt es auch 3D-Apps in den Smart-TV-Portalen diverser Gerätehersteller, in denen Videos, Musik-Trailer und Spiele in 3D abrufbar sind.

International gesehen waren die Olympischen Sommerspiele 2012 in London der Auftakt zu multimedialer Programmvielfalt in bisher nicht gekanntem Ausmaß. Unter den technischen Highlights spielten neben HbbTV & Red Button, Apps & Second Screen, Web-TV & Social TV auch HDTV und 3DTV eine große Rolle.

Alle olympischen Wettkämpfe wurden neben Standard Digital TV (SDTV) parallel als hoch auflösendes Fernsehen (HDTV) von Olympic Broadcasting Services (OBS) zur Verfügung gestellt. Zusammen mit dem Partner BBC als Host Broadcaster wurden 24 Kanäle in SDTV und 24 Kanäle in HDTV über Transponder von Astra- und Eutelsat-Satelliten ausgestrahlt. Dazu kamen noch fast 300 Stunden 3DTV-Ausstrahlung, die zusammen mit dem Olympia-Partner Panasonic produziert wurden. In 3DTV wurden Sendungen von insgesamt 12 Sportarten bei diversen Fernsehsendern (Eurosport, 3D, BBC HD, BSkyB, NBC) ausgestrahlt. In Deutschland war 3DTV von Olympia leider nur in Panasonic-Outlets für ein begrenztes Publikum zu sehen.

Erstmals bei Olympischen Spielen gab es im Sommer aber auch Test-Übertragungen in Super Hi Vision (UHD-2). Zu sehen waren Bilder in bis zu 16-facher HDTV-Auflösung beim Public Viewing an drei Stellen in London (Hyde Park, Victoria Park und Trafalgar Square).

1.4 CE-Gerätemarkt

1.4.1 Video

Der Trend für TV-Bildschirme in den letzten 10 Jahren lässt sich unter drei Stichworten zusammenfassen: flacher, größer, schärfer. Neben der wachsenden Größe der TV-Bildschirmdiagonalen in den heimischen Wohnzimmern, haben die Displays der Hersteller auch enorm an Bildschärfe gewonnen. Auch der Trend zur multi-medialen Vernetzung verschiedener Geräte miteinander, wie etwa von Smart TV, Tablet PC und Smartphone miteinander, wird in den nächsten Jahren noch an Bedeutung gewinnen.

Flachbild-TVs

Die ersten Flachbildschirme kamen 1997 auf den deutschen Markt. Es handelte sich um Plasma-Bildschirme mit Standard-Bildauflösung. Gerade einmal 1.000 Stück wurden im ersten Jahr verkauft. In den folgenden Jahren wuchs der Anteil der Flachbildschirme stetig, 2004 wurden bereits über 400.000 LCD und etwa 100.000 Plasma TVs verkauft. 2005 kann als Jahr des Durchbruchs von Flachbild-Fernsehern bezeichnet werden. Der Massenmarkt war mit 1,2 Mio. verkauften LCD- und etwa 300.000 Plasma-Flachbildschirmen erreicht. In den Jahren 2006-2010 lösten Flachbild-TV-Geräte nach und nach die Bildröhren (CRTV) ab. Bereits 2006 wurden mehr Flachbild-Fernseher verkauft als Röhren-Geräte. In 2009 war der Verkauf an Röhren-TVs bereits drastisch auf 150.000 Stück gesunken. Im darauffolgenden Jahr ging der Absatz nochmals deutlich zurück, auf 34.000 Stück. Seit 2011 wird der Absatz an Röhren-Geräten vom Consumer Electronics Markt Index (CEMIX) von gfu, BVT und GfK nicht mehr erfasst. Laut ZVEI und gfu waren 2012 LCD-TV-Geräte mit neun Millionen Stück (+ 2,3 Prozent) die stärkste Produktkategorie.

Der Anteil der Plasma-Geräte war schon bei Marktdurchbruch deutlich niedriger als der Anteil der LCD-basierten Geräte. Plasma-TV-Bildschirme haben sich aber im Laufe der Zeit eine Nischenexistenz gesichert (etwa 10 Prozent des Absatzes von LCD-TVs).

Als neue Systeme könnten sich schon bald OLED- Bildschirme etablieren. OLED steht für organische LED, die aus halbleitenden Materialien besteht. Die neuartigen Bildschirme bringen jedes Pixel mit einer Leuchtdiode (LED) zum Leuchten und erzielen so Bilder von überragender Strahlkraft, mit tiefen Kontrasten und konturen-scharfen Bewegungsabläufen. Zur IFA 2013 zeigen alle großen Hersteller OLED-Schirme mit Diagonalen über 55 Zoll (140 Zentimeter) – manche als Prototypen, andere als Geräte, die man bereits kaufen kann.

Die jüngste Produktidee sind große OLED-Schirme, die leicht nach innen gewölbt sind, um den Bildern somit die Anmutung besonderer räumlicher Tiefe zu verleihen. Der technische Hintergrund für diesen Kunstgriff: OLED-Schirme bestehen aus flexiblen Materialien. Deshalb sind für künftige mobile Anwendungen sogar Schirme dieses Typs denkbar, die sich biegen oder gar aufrollen lassen.

Die Bildschirme wurden nicht nur flacher, sondern veränderten auch ihr Format. Das früher übliche 4:3-Bildformat wurde in den Jahren 2005 – 2008 durch das Breitbildformat 16:9 abgelöst. Dies erfolgte praktisch zeitgleich mit der Ablösung der Röhrengeräte durch die Flat-TVs, die im Breitbildformat eingeführt wurden.

HDTV

Die Bildqualität der Fernsehbildschirme machte mit der Einführung des HDTV-Standards einen Quantensprung. Anfang 2005 wurde vom europäischen Branchenverband EICTA das „HD ready“-Logo geschaffen, das Geräte kennzeichnet, die HDTV wiedergeben können. Der Absatz von HD ready Geräten kletterte von 2,1 Mio. (2006) über 5,9 Mio. (2008) auf 7,7 Mio (2009). Ab 2010 war so gut wie jedes verkaufte Gerät HD ready.

Die für den Empfang von HDTV notwendigen Geräte verbreiteten sich ab 2008 zunächst nur langsam. So befanden sich Ende 2008 erst eine gute Million HDTV-Receiver im Markt, gegenüber knapp 12 Mio. HD-fähigen Bildschirmen. In 2009 kamen erste Flachbildschirme mit eingebauten HDTV-Tunern auf den Markt (3,7 Mio). In 2010 explodierte deren Absatz auf über 8 Mio. Zugleich stieg der Absatz von HDTV-Satelliten-Receiver (2,3 Mio.) und HDTV-Empfänger für Kabel und IPTV kamen hinzu (je eine halbe Million). Seit 2011 verfügt die deutliche Mehrheit der Flachbildschirme über einen eingebauten HDTV-Tuner.

Inzwischen gehört HDTV zur Standard-Ausstattung: 98 Prozent der in 2012 veräußerten Flat-TVs waren HD ready (9,3 Mio.), über 90 Prozent waren mit einem HDTV-Empfänger ausgestattet. In Summe befanden sich Ende 2012 rund 49 Mio. HD-ready Fernseher im deutschen Markt, davon knapp 30 Mio. mit integriertem HD-Empfänger. Empfängerseitig wurde bis Ende 2012 über 12,5 Mio. HDTV-Receiver im Markt abgesetzt, so dass sich über 42 Mio. HDTV-Empfänger im Markt befanden.

Bildschirmgrößen

Als weiterer Trend hat sich in den letzten Jahren auch die durchschnittliche Bildschirmgröße verändert. Kauften die Kunden bis 2010 mehrheitlich Bildschirme in einer Größe von 31 und 36 Zoll (ca. 80 – 90 Zentimeter Bild-diagonale), so waren nach 2010 die Bildschirme über 36 Zoll am erfolgreichsten. Der Trend zu großen Bildschirmdiagonalen hält an: Mehr als die Hälfte der 2012 abgesetzten 9,6 Millionen Fernsehgeräte war größer als 37 Zoll (94 cm). Am stärksten wuchs 2012 das Segment 42 Zoll (106 cm) und größer. Ihr Anteil lag bei fast zwanzig Prozent. Laut Prognose des ZVEI wird sich 2013 dieser Bereich am dynamischsten entwickeln. Auf der CES 2013 wurden zwei LCD-Bildschirme in der Größe 85 (213 cm) und 110 Zoll (280 cm) präsentiert: Das Thema Bildschirmgröße geht damit in eine neue Dimension über.

iDTV

Die Ausstattung von TV-Geräten mit digitaler Technologie markiert eine weitere Entwicklungs-Stufe. Etwa ab 2004 begann die CE-Industrie, die Flachbildschirme mit digitalen Tunern auszustatten, ab 2008 waren diese auch HD-fähig. Zunächst handelte es sich fast ausschließlich um DVB-T-Empfänger, die in die Flachbildschirme integriert wurden. Später kamen DVB-C- und DVB-S/S2-Tuner für den Empfang von digitalem Kabel- bzw. digitalem Satelliten-Fernsehen hinzu.

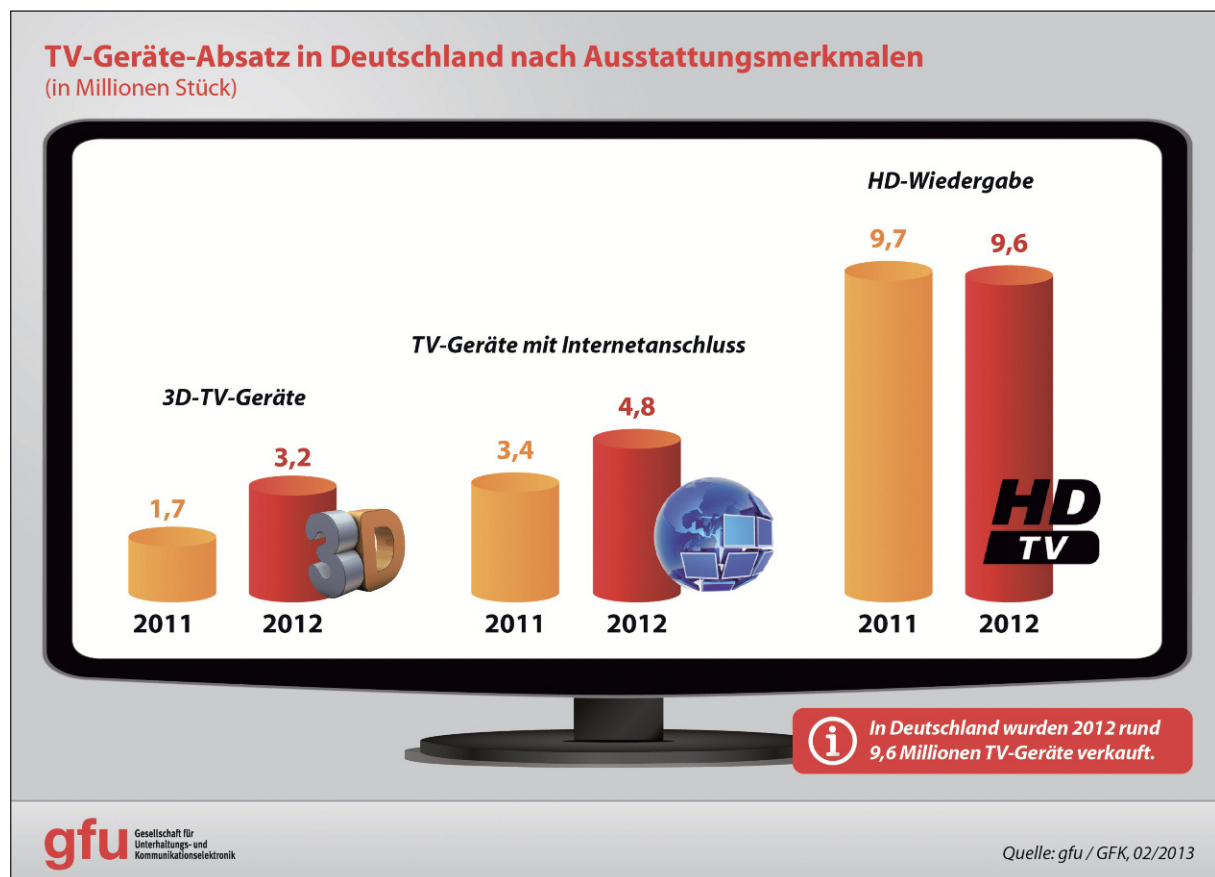
In 2012 waren laut GfK 99 Prozent der Flachbild-TVs mit einem DVB-T-Tuner, 93 Prozent zusätzlich mit einem DVB-C Tuner und 56 Prozent ebenfalls mit einem DVB-S Tuner ausgestattet. Der Anteil der TV-Bildschirme mit Triple Tuner wächst stetig. Damit benötigt der Zuschauer kein externes Empfangsgerät für Digitalfernsehen. Dank der Schnittstelle CI Plus ist es auch möglich, verschlüsselte TV-Programme mit dem integrierten Digitalempfänger zu nutzen, lediglich eine Smartcard des jeweiligen Plattform-Anbieters ist dazu nötig.

Smart TV

Eine weitere Stufe der Intelligenz weist die neueste Geräte-Gattung der Consumer Electronics auf: Smart-TVs verbinden Rundfunk und Internet-Dienste miteinander und ermöglichen es, Apps auf den TV-Bildschirm zu laden, um z. B. zeitsouverän Medien auf dem Großbildschirm zu konsumieren. Das Verschmelzen von Fernsehen und Internet ist laut CEMIX ein starker Trend im TV-Markt. Die Hälfte aller in 2012 verkauften Fernseher waren in der Lage, Internet-basierte Inhalte abzubilden (2012: 4,8 Mio., 2011: 3,4 Mio.).

3DTV

Im Herbst 2010 wurde das TV-Angebot um 3D-Geräte ergänzt. Mit 200.000 verkauften 3D-Fernsehgeräten im Jahr 2010 verlief der Start rasant. 2011 waren es bereits 1,7 Millionen Stück und 2012 3,2 Millionen. Darunter auch erste Modelle, die ein 3D-Bild ohne Brille ermöglichen.



Smartphones und Tablets

Inzwischen geht der Trend bei Smartphones zu immer größeren Displays und Full HD-Auflösung (1.920x1.080 Pixel). Mit Full-HD-Displays von 5 Zoll und größer nähern sich die Bildschirme von Smartphones denen der kleinen Tablets an. Die integrierten Kameras von diesen Smartphones und Tablets können Fotos und Videos in HD-Qualität aufnehmen. Es gibt auch erste Handys mit 3D – sowohl für die Aufnahme wie auch die Wiedergabe ohne Brille.

1.4.2 Audio-Surround-Systeme

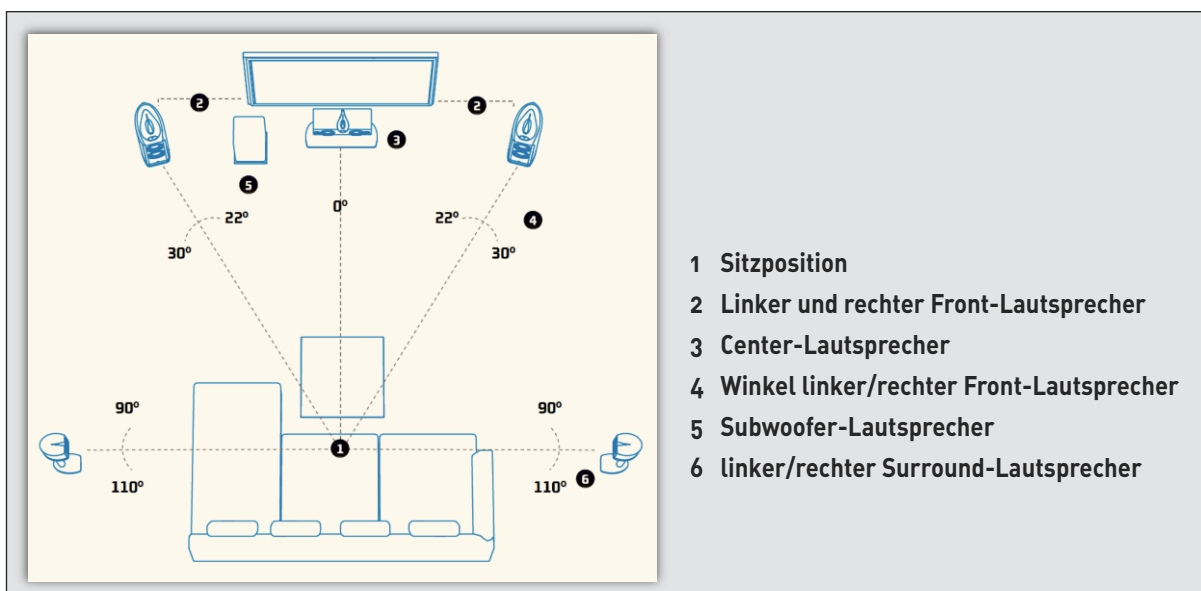
Wie schon für SDTV wird auch bei HDTV für die Audio-Wiedergabe neben Stereo auch 5.1 Surround verwendet.

Das 5.1 Surround-Verfahren besteht aus fünf vollwertigen Tonkanälen: dem Stereosignal links und rechts, einem Center-Kanal in der Mitte sowie zwei Surround-Signalen hinten im Raum. Hinzu kommt ein Kanal für niederfrequente Signale bis etwa 200 Hz (Subwoofer), so dass sich eine 5.1 Kanalkonfiguration für Raumklang ergibt.

Idealerweise erfolgt die Wiedergabe in der gleichen Kanalkonfiguration, in der das Programm produziert wurde. Auf dem Markt erhältlich sind allerdings auch größere Heimkino-Anlagen mit mehr Lautsprechern (incl. Subwoofern) bis hin zur Konfiguration 13.2. Es gibt aber ebenso auch kleinere Systeme ohne Lautsprecher im rückwärtigen Teil des Raums als 2.1- und 3.1-Konfiguration mit sog. Soundbars.

Die im Empfänger oder in der Heimkino-Anlage befindliche Audioverarbeitung sorgt für eine Anpassung des ausgestrahlten Signals an die tatsächlichen Gegebenheiten der Wiedergabeumgebung. Sollte sich beispielsweise die Kanalkonfiguration von ausgestrahltem Programm und heimischer Wiedergabeumgebung unterscheiden, findet entweder ein Down-mix oder ein Up-mix statt. Beim Down-mix wird die Anzahl der empfangenen Kanäle durch Mischung auf eine kleinere Anzahl Lautsprecher reduziert. Beim Up-mix wird die Anzahl der empfangenen Kanäle durch eine Signalverarbeitung erhöht, um mit der Anzahl der Lautsprecher übereinzustimmen.

Für die Übertragung werden verschiedene Kodierungsformate eingesetzt. Neben dem in Deutschland momentan verwendeten Dolby Digital ist u.a. auch Dolby Digital Plus und MPEG-4 HE-AAC in anderen Ländern im Einsatz. Für Smartphones und Tablets mit Videofunktion gibt es spezielle Apps, um Surround-Sound wiederzugeben.



5.1 Audio-Surround-System

2. Technologische Weiterentwicklungen

Deutsche Sender liefern bislang HDTV-Signale in den Videorastern 720p50 und 1080i25 und installierte Empfangsgeräte unterstützen heute keine progressiven Full-HD Signale jenseits der 30 Bilder pro Sekunde. Neue Kompressionstechnologien wie HEVC (H.265, siehe Kapitel 3.3.2) werden jedoch die Entwicklung zu Full-HD mit 1080p50 erleichtern, zumal im neuen Codec das Zeilensprungverfahren, ursprünglich eine technische Notwendigkeit durch Limitierungen der analogen Fernsehtechnik, nicht mehr unterstützt wird.

Um mit der herkömmlichen Infrastruktur auch 3DTV anbieten zu können, hat man sich auf „frame compatible“ Übertragungsverfahren geeinigt. Wie in Kapitel 1.2 beschrieben, wird dabei meist der „side-by-side“-Modus mit 1.080 Zeilen genutzt. Auch hier helfen neuere Codec-Technologien, um im nächsten Schritt eine Übertragung der vollen HD-Auflösung beider Teilbilder zu ermöglichen (siehe Kapitel 3.3).

2.1 HDTV in 1080p

Mit der Einführung von HDTV (1080i25 und 720p50) wurden viele Bereiche der Produktion (Studios, Regien, Infrastruktur und sonstiges Equipment) bei den Programmveranstaltern erneuert. Viele Geräte sind bereits 1080p50-fähig oder können meist durch einen Software-Upgrade darauf gebracht werden. Probleme könnten eventuell in der Infrastruktur auftreten, da auch die SDI-Verkabelung für 1080p50 erhöhten Anforderungen genügen muss.

Auch in der Produktionskette werden 1080p50-kompatible Codecs bereits angeboten. Für die Ausstrahlung ist 1080p50 bereits seit 2009 standardisiert. Es sind allerdings derzeit noch keine Implementierungen bzw. Decoder in den Endgeräten bekannt, obwohl bereits seit einiger Zeit diverse Decoder-Chipsätze verfügbar sind. Flachbildschirme mit dem Logo „HDready 1080p“ sind in der Lage, 1080p50 darzustellen. Ein Großteil der Displays bei den Nutzern erfüllt bereits diese Voraussetzungen.

Für Kinofilme, die mit 24 Bildern pro Sekunde gedreht werden, reicht die Unterstützung von 1080p24 und 1080p25 bei den Empfangsgeräten aus. Dies wird speziell bei Video-on-Demand über IPTV oder Over-the-Top (OTT) mittels Webportal gerne genutzt. Bei Sportinhalten mit viel Bewegung und bei Live-Sendungen allgemein, sieht der Sachverhalt jedoch anders aus. Um 1080i25 abzulösen, wird eine Decoder-Unterstützung für 1080p50 gebraucht. Damit steigt auch der Bedarf an Bandbreiten bzw. effizienteren Codecs.

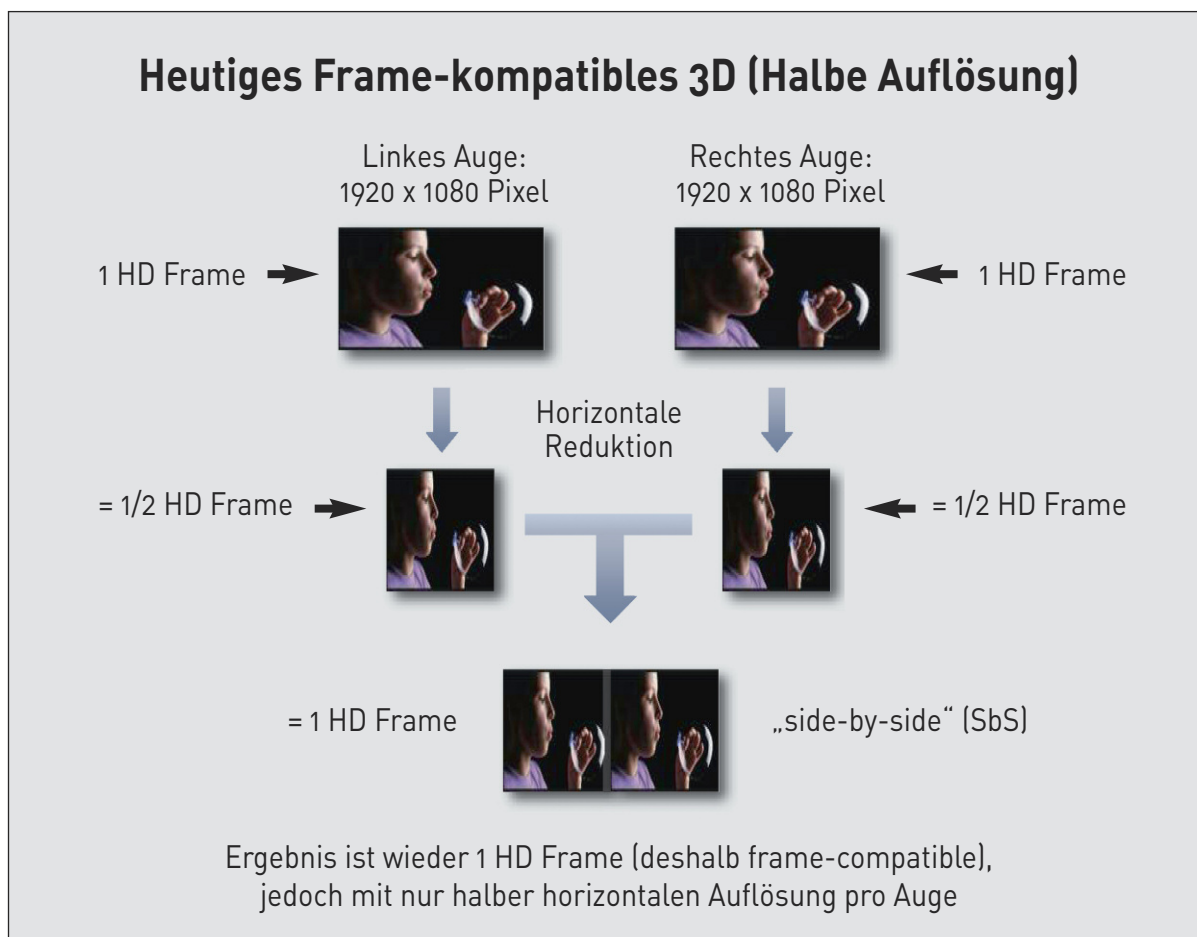
2.2 3DTV

2.2.1 Frame-kompatible Übertragung

Die Übertragung des 3D-Signals zum Zuschauer erfolgt seit der Einführung im Oktober 2010 im sogenannten Frame-kompatiblen Verfahren. Dabei wird das Bildsignal für das linke und rechte Auge nebeneinander („side-by-side“), also horizontal gestaucht, in einem konventionellen HD-Kanal gesendet. Der Receiver leitet dieses Signal unverändert an das 3D-Display weiter, das daraus letztendlich die dreidimensionale Darstellung generiert, je nachdem, ob es sich um ein Display mit aktiven (Shutter) oder passiven (Polarisation) Brillen oder gar um ein

autostereoskopisches Display (ohne Brille) handelt. Das Übertragungsformat ist also unabhängig vom verwendeten Endgerät und es erfordert auch keinerlei zusätzliche Logik im Receiver. Es war der Wunsch der Broadcaster in Phase 1 der 3D-Übertragungen sowohl bestehende HD-Infrastrukturen in der Sendeabwicklung und im Play-out als auch bestehende HD-Receiver beim Nutzer weiter einsetzen zu können, um so einen schnellen und einfachen Einstieg in die neue Technik zu ermöglichen. Trotz der rein rechnerischen Verluste durch das horizontale Stauchen der Bildsignale für das linke und rechte Auge sowie die technisch bedingte vertikale Reduktion bei der Darstellung auf Polarisations-Displays (mit passiver Brille), empfindet der Nutzer diese subjektiv als hochauflösende, dreidimensionale Bilder. Die Tatsache, dass – bis auf den leichten horizontalen Versatz – das in einem HD-Frame übertragene linke und rechte Bild nahezu identisch sind, sorgt hier offensichtlich für eine Kompensation der oben beschriebenen theoretischen Verluste. In Bezug auf die benötigten Bandbreiten kann ein im Frame-kompatiblen Verfahren verbreiteter 3D-Kanal wie ein konventioneller HD-Kanal betrachtet werden.

Sky Deutschland hatte bereits vor dem offiziellen Start von Sky 3D im Oktober 2010 On-Air-Tests durchgeführt, die das bestätigen haben. Zu gleichen Ergebnissen kamen auch entsprechende Untersuchungen von BSkyB in England.



Frame Compatible Format zur Übertragung von 3D-Inhalten

Ein Nachteil des Frame-kompatiblen Verfahrens ist, dass die so übertragenen Programme ausschließlich in 3D (d.h. auf einem 3D-Display) betrachtet werden können. Für Nutzer ohne 3D-Display stellt sich ein solcher Kanal in Form eines „Doppelbilds“ dar, weil er das jeweils gestauchte linke und rechte Bildsignal nebeneinander sieht.

Wegen dieser wenig nutzerfreundlichen Situation gab es schon früh Überlegungen in Richtung eines Service-kompatiblen Verfahrens (Phase 2), bei dem das Signal eines 2D-Kanals um ein zusätzliches 3D-Signal ergänzt wird, welches die Tiefeninformationen enthält. Hierzu existieren unterschiedliche Verfahren, die im Schnitt einen Overhead von 30 Prozent für die zusätzlichen 3D-Informationen generieren. Ein Zuschauer ohne 3D-Display kann einen derart übertragenen Kanal wie gewohnt in 2D betrachten. Zum vollen dreidimensionalen Genuss benötigt der Zuschauer neben einem 3D-Display dann jedoch auch einen speziellen 3D-Receiver (Details im **Anhang 1**).

2.2.2 Service-kompatible Übertragung

Das Service-kompatible Verfahren zur Übertragung von 3D-Inhalten wurde bei DVB als sog. Phase 2a diskutiert und nach der Definition entsprechender kommerzieller Anforderungen auch erfolgreich technisch spezifiziert. Nach dem Abebben der anfänglichen 3D-Euphorie hat jedoch auch das Interesse nachgelassen, existierende 3D-Kanäle auf das Service-kompatible Verfahren umzustellen oder gar neue Kanäle dementsprechend anzubieten. Außerdem sind 3D-Produktionen oft inhaltlich nicht 2D-kompatibel, da sie ohne die Tiefeninformationen in 2D betrachtet im doppelten Sinne des Wortes „flach“ wirken. Während dieses Problem bei Filmen und Dokumentationen weniger ins Gewicht fällt, macht es sich z.B. bei den 3D-Produktionen der Bundesliga deutlich bemerkbar, bei denen 3D-Kameras – im Vergleich zur 2D-Produktion – auf gänzlich unterschiedlichen Positionen eingesetzt werden und bei denen ein deutlich ruhigerer Schnitt zum Einsatz kommt, damit der Zuschauer jeweils Gelegenheit bekommt, die Tiefe und den Raum einer Szene zu erfassen. Betrachtet man eine solche „3D-optimierte“ Produktion dann in 2D (also z.B. nur das linke Bildsignal), so kommt beim Zuschauer schnell Langeweile auf, da der Produktionsstil nicht dem entspricht, was er von herkömmlichen 2D-Produktionen gewohnt ist. Aus all diesen Gründen ist daher in nächster Zeit nicht davon auszugehen, dass es 3D-Kanäle geben wird, die im Service-kompatiblen Verfahren ausgestrahlt werden (Details im **Anhang 1**).

2.2.3 Autostereoskopische Displays

Eine dreidimensionale Darstellung von Filmen und Videos soll dem Betrachter einen realistischeren Bildeindruck vermitteln und ein Sehvergnügen ermöglichen, das der realen menschlichen dreidimensionalen Wahrnehmung seiner Umwelt möglichst gut entspricht. Die stereoskopische Darstellung von Bildern, bei der unterschiedliche Signale für das jeweils linke und rechte Auge übertragen werden, wird seit über 100 Jahren bereits in der Fotografie und versuchsweise im Kino angewendet. Aber erst mit der Entwicklung von 3D-tauglichen TV-Geräten auf Basis von HDTV ist es seit wenigen Jahren möglich, auch dem Nutzer zu Hause den Genuss von dreidimensionalen Videos zu ermöglichen.

Bei fast allen derzeit verfügbaren 3DTV-Geräten werden allerdings spezielle Brillen benötigt, um den dreidimensionalen Eindruck wahrnehmen zu können. Was für den Kinogänger akzeptabel ist, wird von den meisten Fernsehzuschauern zu Hause als störend empfunden. Obwohl z.B. Sky in Deutschland seit 2010 ausgewählte Programme in 3D ausstrahlt, ist der Nutzungsgrad noch nicht ganz ausgeschöpft. Ein kommerzieller Erfolg von 3DTV hat sich bisher nicht eingestellt, weil einerseits die Zuschauerakzeptanz ausgeblieben ist, andererseits die Produktion von 3D-Inhalten einen erheblichen Mehraufwand bedeutet. Dieses „Henne-Ei Problem“ zu lösen verspricht eine Technologie, bei der eine dreidimensionale Wahrnehmung ohne Brille möglich ist. Diese wird als Autostereoskopie bezeichnet.

Autostereoskopische Displays ermöglichen aber nicht nur eine höhere Akzeptanz beim Nutzer zu Hause, sondern sind auch für Anwendungsbereiche einsetzbar, in denen das Tragen einer zusätzlichen Brille nicht möglich ist.

Das gilt zum Beispiel für öffentliche Bereiche, in denen Informationsdisplays, Video-Walls oder andere elektronische Displays in „Digital Signage“ Anwendungen eingesetzt werden. Auch der Einsatz in Sportsbars oder Kinofoyers muss ohne 3D-Brille möglich sein, um die Akzeptanz zu erhöhen.

Im Kino hat sich 3D mit Brille allerdings etabliert, der Kinogänger akzeptiert dies aufgrund der Situation in einem Kinosaal, bei der die Position zur Kinoleinwand fest ist. In dieser Umgebung kann der Zuschauer seine volle Aufmerksamkeit dem Kinofilm selbst widmen.

Leider reicht die Bildqualität heutiger autostereoskopischer 3D-Displays noch nicht an die erreichbare Bildqualität der Displays mit Brille heran. Geringere Auflösung, eingeschränkter Betrachtungswinkel und Betrachtungsabstände, sowie verringerte Tiefeneindrücke müssen derzeit noch in Kauf genommen werden. Deshalb haben sich autostereoskopische 3D-Displays bisher nur in professionellen Nischenanwendungen etabliert. Es gibt inzwischen aber auch erste Ansätze für Heimanwendungen.

Technologien für 3D-Displays

Bei den derzeit verfügbaren autostereoskopischen 3D-Displays werden im Wesentlichen zwei Technologien eingesetzt, mit denen die unterschiedlichen Bilder, die jeweils für das linke und rechte Auge des Betrachters bestimmt sind, dargestellt werden. Es handelt sich um das „Barrier-Type Display“ und das „Lentikularlinsen Display“. Beide basieren darauf, dass die Augen eines Betrachters aus unterschiedlichen Betrachtungswinkeln auf das Display schauen und diesen unterschiedlichen Winkeln auch unterschiedliche Bilder angeboten werden können. Das linke Auge nimmt nur die Informationen wahr, die für das linke Auge bestimmt sind, das gleiche gilt analog für die Wahrnehmung über das rechte Auge. (Details im **Anhang 2**). Beide Konzepte haben gegenüber Lösungen mit Brille Vor- und Nachteile:

Vorteile autostereoskopischer 3D-Displays gegenüber Brillen-Lösungen :

- Keine Brille notwendig
- In öffentlichen Bereichen einsetzbar

Nachteile autostereoskopischer 3D-Displays gegenüber Brillen-Lösungen :

- Ausreichende Auflösung nur mit höher auflösenden Displays erreichbar (z.B. Ultra HD-Displays)
- Relativ teure Herstellung
- Geringere Tiefenwirkung
- 3D-Eindruck ist abhängig vom Betrachtungswinkel und -abstand

Vorteile von Brillen-Lösungen gegenüber autostereoskopischen 3D-Displays

- Relativ preiswerte Display-Lösung
- Breites Angebot von Herstellern
- HD-Auflösung erreichbar

Nachteile von Brillen-Lösungen gegenüber autostereoskopischen 3D-Displays

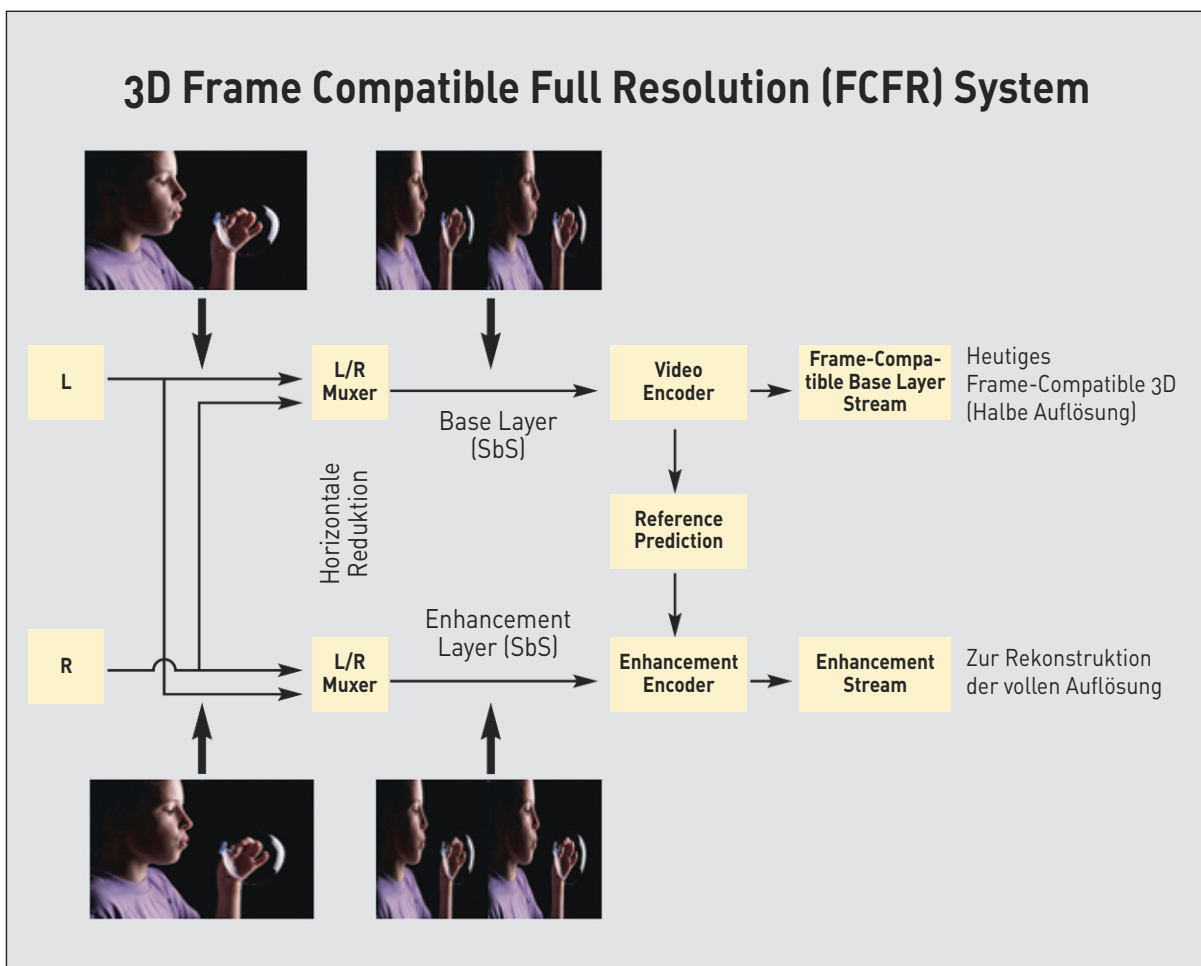
- Zusätzliche Brille wird benötigt
- Ungeeignet für öffentliche Bereiche, z.B. Anzeigetafeln, Informationsdisplays

Hersteller von 3D-Displays

Die meisten Hersteller von autostereoskopischen 3D-Displays liefern heute Displays für professionelle Anwendungen. Displays für den Konsumenten werden z.B. von Toshiba und Philips geliefert. Die Verkaufspreise von mehreren Tausend Euro pro Display lassen aber derzeit nur kleine, unbedeutende Stückzahlen zu. Die Akzeptanz beim Heimanwender kann nur durch deutliche Preisabschläge sowie Displays mit höherer Auflösung erreicht werden. Die weitere Verfügbarkeit von höher auflösenden Panels (z.B. Ultra HD) wird die Bildqualität bei autostereoskopischen 3D-Displays weiter erhöhen. (Tabelle mit autostereoskopischen 3D-Display-Herstellern weltweit im Anhang 2)

Heimanwendungen

Neben einigen Herstellern von autostereoskopischen 3D-Displays für Heimanwendungen (z.B. Toshiba) entwickelt die Firma Dolby in Kooperation mit dem Display-Hersteller Philips ein System, welches alle technischen Aspekte der gesamten Verarbeitungskette von Videosignalen für autostereoskopische 3D-Heimsysteme abdeckt. Es wird unter dem Namen „Dolby® 3D glasses-free 3D“ präsentiert und soll in 2014 Marktreife erlangen.



Frame Compatible Full Resolution Format zur Übertragung von 3D-Inhalten
(z.B. genutzt von „Dolby® 3D glasses-free 3D“)

„Dolby® 3D glasses-free 3D“ ist eine von Dolby und Philips entwickelte Technologie, die sowohl die Erstellung von 3D-Inhalten als auch 3D-Displays berücksichtigt. Es bietet den Zuschauern autostereoskopisches 3D und soll lebendige und klare 3D-Bilder ermöglichen. Endgeräte können 3D-fähige TV-Geräte, Laptops, Smartphones oder Tablets sein. Die Signalverarbeitung enthält eine automatische Bildsignal-Optimierung für das jeweilige Endgerät. Die Betrachter sollen sich frei im Raum vor dem Display bewegen können, ohne durch eine Brille oder eine feste Sehposition eingeschränkt zu sein. Ob man diesem Anspruch gerecht werden kann, bleibt abzuwarten, erste Messe-Demos sind allerdings vielversprechend.

Einige Hersteller bieten Lentikularlinsen-Folien an, die auf Laptop- oder PC-Displays aufgesetzt werden können. Diese Folien sind meistens für einen Betrachter ausgelegt und grenzen die Bewegungsfreiheit stark ein, der erreichbare 3D-Effekt ist aber gut. Es müssen allerdings die Folien „pixel-genau“ aufgebracht sein, weshalb eine Nachrüstung relativ mühsam ist.

Professionelle Anwendungen

Autostereoskopische 3D-Displays werden für professionelle Anwendungen derzeit noch kaum eingesetzt. Einerseits bieten sich Informationsanzeigen (Digital Signage) in öffentlichen Bereichen an, 3D ohne Brille zu nutzen. Andererseits hat die derzeitige Technologie wegen der festen Betrachtungswinkeln (sweet spots) Bildqualitätseinbußen zur Folge, wenn Betrachter sich vor den Displays bewegen. Hinzu kommt, dass in öffentlichen Bereichen große Bildschirmdiagonalen und sehr helle Displays benötigt werden. Heutige autostereoskopische 3D-Displays sind in Größen über 52 Zoll Bildschirmdiagonale jedoch kaum erhältlich.

In den USA und in Asien ist die Akzeptanz für die derzeitige autostereoskopische 3D-Technologie höher als in Europa. Sogenannte „Menu Boards“, das sind elektronische Speisekarten von Restaurants, werden dort zur dreidimensionalen Darstellung von Text, Graphiken und Bewegtbildern mittlerweile erfolgreich eingesetzt und erzeugen damit entsprechende Aufmerksamkeit beim Restaurantbesucher. Aber auch in Europa gibt es erste Anwendungen von autostereoskopischen 3D-Displays in Kino-Foyers, über die das Kinoprogramm für 3D-Filme beworben wird, oder 3D-Trailer für Werbung eingespielt wird. Sportbars wären ebenfalls prädestiniert für brillenlose 3D-Displays. Hier wird aber der Nachteil der eingeschränkten Betrachtungsposition und der geringeren Auflösung noch zu störend empfunden.

Perspektive

Betrachtet man die derzeitigen Nachteile von autostereoskopischen 3D-Displays, dann werden notwendige technische Verbesserungen offensichtlich. Die vorhandenen Sweet Spots schränken die freie Betrachtungsposition ein. Es ist also eine Erhöhung der Anzahl von Betrachtungswinkel gefordert. Dies verringert jedoch die erreichbare Auflösung, was allerdings durch ein Display mit erhöhter Pixelzahl ausgeglichen werden kann. Die Entwicklung von Ultra HD-Displays kann deshalb auch zu einer Qualitätsverbesserung autostereoskopischer 3D-Displays führen (siehe **Kapitel 3.3**).

Ein Ansatz, die Sweet Spots zu eliminieren, wird vom Fraunhofer HHI in Berlin untersucht. Mit sogenannten „Eye Tracking“-Verfahren wird die Gesichts- und Augenposition des Betrachters erfasst und seine Kopfbewegung durch elektronisches Nachführen der Barriere- oder Lentikularlinsen Systeme vor dem Display kompensiert. Dieses Verfahren ist aber derzeit nur für einen Betrachter zufriedenstellend realisierbar und schränkt die Nutzbarkeit ein.

Einen neuen Ansatz für echte 3D-Darstellungen können holographische Displays bieten, bei denen scheinbar „schwebende Objekte im freien Raum“ als Hologramme darstellbar sind. Diese Displays befinden sich derzeit im Prototypen-Stadium. Erste Spezialanwendungen für z.B. „virtuelle Verkaufsvitrinen“ für kleinere Objekte werden angeboten. Größere Displays für eine echte dreidimensionale Darstellung von Videosignalen sind in den nächsten Jahren für den kommerziellen Einsatz noch nicht zu erwarten.

2.3 Audio

Für die nächste Generation des Digitalfernsehens besteht mit den aktuellen Entwicklungen die Chance, die Übertragungsverfahren und das Audioerlebnis komplett neu zu definieren. Mit der Abkehr von der kanalbasierten Denkweise hin zu einem flexibleren Ansatz auf der Basis einer Szenenbeschreibung werden mehrere Hürden genommen

Eine einzige Audioproduktion kann auf der Wiedergabeseite alle Kanalkonfigurationen bedienen. Dem Künstler wird die Möglichkeit gegeben, sich auf die Komposition eines Klangerlebnisses zu konzentrieren, anstatt sich über die verschiedenen Wiedergabeszenarien Gedanken zu machen.

Statt den Raum an das Audiosignal anzupassen, passt sich das Audiosignal dem Raum an. Dies wird mit dem o.a. Konzept bewerkstelligt, das beim Nutzer mit Hilfe geschickter Algorithmen in Stereo, 5.1, mit einer Soundbar, mit mehreren Soundbars, mit eingebauten Wand- oder Deckenlautsprechern, hinter Pflanzen versteckten Lautsprechern oder auf Surround-Kopfhörern oder in anderer Form abgebildet wird. Die Berechnungen dafür werden in das Wiedergabegerät verlagert und ermöglichen damit ein Klangerlebnis, das die Komposition des Künstlers wesentlich besser widerspiegelt.

Die Arbeiten an der Definition eines schlüssigen Produktionsablaufs sowie an den Prozessen für die Erzeugung und Wiedergabe von szenenbasiertem und objektbasiertem Audio haben begonnen. Eine Standardisierung von Formaten, Metadaten und Paketierungen ist der letzte Schritt, einen Paradigmenwechsel für die Audioauslieferung an den Endkunden einzuläuten.

2.4 Ultra HD

Der Begriff Ultra HD bezeichnet ein digitales Videoformat. Dieses wurde vom NHK Science & Technology Research Laboratories, dem Forschungszentrum des öffentlichen-rechtlichen Programmveranstalters NHK in Japan entwickelt und als zukünftiges Fernsehformat mit folgenden Auflösungen vorgeschlagen:

3.840x2.160 Pixel (sog. 4K-Format)

7.680x4.320 Pixel (sog. 8K-Format)

Die Bezeichnungen „4K“ und „8K“ lassen sich von der horizontalen Auflösung mit ca. 4.000 bzw. 8.000 Pixeln ableiten. Das 8K-Format wird von der NHK auch unter der Bezeichnung Super-Hi-Vision geführt.

Die Standardisierungsgremien ITU sowie SMPTE haben beide Auflösungen übernommen und mit weiteren Parametern unter dem Begriff Ultra High Definition Television (UHDTV) standardisiert. Hierbei verwendet die ITU den Begriff UHDTV für beide Auflösungen. Die SMPTE unterscheidet dagegen zwischen UHDTV 1 (3.840x2.160) und UHDTV 2 (7.680x4.320). Ein UHDTV 1-Bild besitzt die vierfache Pixelzahl (ca. 8.3 Megapixel) eines Full-HD-Bildes mit einer Auflösung von 1.920x1.080 Pixel (ca. 2 Megapixel). Ein UHDTV 2-Bild entspricht sogar der sechszehnfachen Pixelzahl (ca. 33 Megapixel) eines Full-HD-Bildes.

Im allgemeinen Sprachgebrauch werden die beiden Auflösungen – analog zu z.B. 720p, 1080i oder 1080p – durch die Formatbezeichnungen 2.160p bzw. 4.320p beschrieben. Die Werte signalisieren dabei die vertikale Auflösung des Bildes und das „p“ beschreibt die in der Standardisierung festgelegte progressive Abtastung. Im Vergleich zu einigen Formaten des HD-Standards findet hier keine Abtastung im Zeilensprungverfahren („i“ für interlaced) mehr statt.

Am 18. Oktober 2012 hat sich die CEA (Consumer Electronics Association) für den Begriff „Ultra High Definition (Ultra HD)“ ausgesprochen. Zudem wurden grundlegende Anforderungen an Ultra HD-fähige Displays und Projektoren festgelegt. Diese müssen mindestens 8 Millionen aktive Pixel sowie 3.840 Pixel in der Horizontalen und 2.160 Pixel in der Vertikalen darstellen können und über ein Seitenverhältnis von 16:9 verfügen. Sie sollen außerdem mindestens einen digitalen Eingang zur Unterstützung der Übertragung von Inhalten im UHDTV 1-Format bei voller Auflösung von 3.840x2.160 Pixeln besitzen.

Ein Logo für Ultra HD gibt es derzeit noch nicht, Digital Europe hat jedoch im Frühjahr 2013 entsprechende Aktivitäten aufgenommen.

Standardisierung durch die ITU

Die Internationale Fernmeldeunion (ITU, International Telecommunication Union) ist eine Sonderorganisation der Vereinten Nationen mit Sitz in Genf. Sie beschäftigt sich mit technischen Aspekten der Telekommunikation und erarbeitet Standards, welche als Recommendations (Rec) veröffentlicht werden. Mit der Standardisierung von Ultra HD befasst sich die Working Party 6C (Study Group 6) der ITU-R (ITU-Radiocommunication Sector). Mit Stand Februar 2013 gibt es folgende Recommendations für Ultra HD – weitere Details befinden sich im **Anhang 3:**

- ITU-R BT.1201-1 („Extremely high resolution imagery“, 06/2008)
- ITU-R BT.1769 („Parameter values for an expanded hierarchy of LSDI image formats for production and international programme exchange“, 06/2008)
- ITU-R BT.2020 („Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange“, 08/2012)

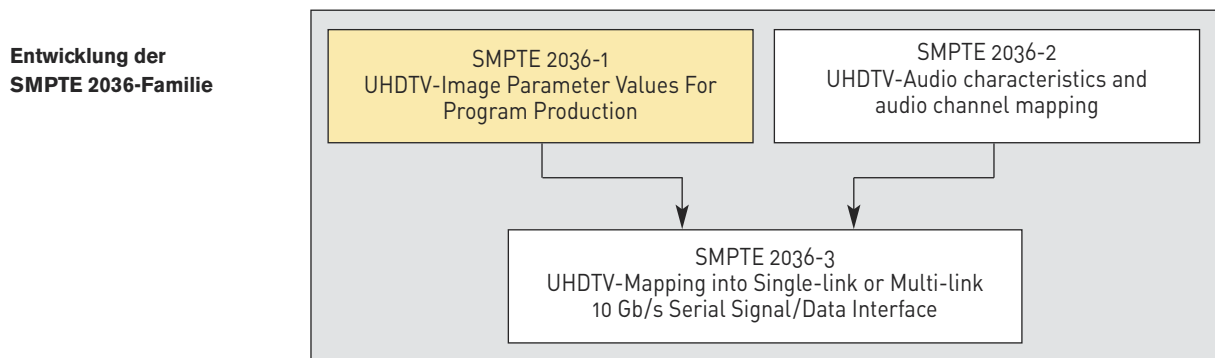
Standardisierung durch die SMPTE

Die SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) ist ein internationaler Verband aus dem Bereich der professionellen Film- und Videotechnik mit Sitz in White Plains (New York, USA). Sie fungiert als Forum und Dokumentationsinstanz, in der Mitglieder aus über 80 Ländern ihre Beiträge zur Standardisierung neuer Technologien liefern. Die SMPTE arbeitet mit anderen Standardisierungsorganisationen wie z.B. ISO, IEC und ITU zu-

sammen. Innerhalb der SMPTE sind die „Technology Committees“ verantwortlich für die Erarbeitung der SMPTE Engineering Dokumente, welche Standards als „Recommended Practices“ und „Engineering Guidelines“ enthalten. Zur Standardisierung von Ultra HD haben die „Technology Committees“ folgende Dokumente veröffentlicht:

ST 2036-0:2012	(SMPTE Roadmap Ultra High Definition)
ST 2036-1:2009	(Ultra High Definition Television – Image Parameter Values for Program Production)
ST 2036-2:2008	(Ultra High Definition Television 1 – Audio Characteristics and Audio Channel Mapping for Program Production)
ST 2036-3:2012	(Ultra High Definition Television – Mapping into Single-link or Multi-link 10 Gb/s Serial Signal/Data Interface)

Das Dokument ST 2036-0:2012 listet neben den nachfolgenden Dokumenten, die Ultra HD behandeln, bereits veröffentlichte Standards der ITU/SMPTE auf. Aus der folgenden Abbildung ist die Struktur ersichtlich.



Im Dokument SMPTE ST 2036-1:2009, welches vom „Technology Committee 10E“ stammt, werden folgende Informationen zu Ultra HD gegeben:

„This standard defines a family of progressive image sample structures for the representation of stationary or moving two-dimensional images sampled temporally at a constant frame rate and having an image format (sample structure) of 3.840x2.160 or 7.680x4.320 which has a hierarchical relationship with 1.920x1.080 and an aspect ratio of 16:9, called ultra high definition television (UHDTV)...“

Die SMPTE hat für Ultra HD zwei Systeme spezifiziert. UHDTV 1 hat eine räumliche Auflösung von 3.840x2.160 Pixel. UHDTV 2 besitzt dagegen eine räumliche Auflösung von 7.680x4.320 Pixel. Außerdem wurden folgende Parameter für beide Systeme festgelegt:

- Abtastraster: orthogonal
- Pixel-Seitenverhältnis: 1:1 (quadratische Pixel)
- Bild-Seitenverhältnis: 16:9
- Bildwiederholfrequenz [Hz]: 24, 24/1.001, 25, 30, 30, 30/1.001, 50, 60, 60/1.001
- Abtastverhältnis: 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0
- Bittiefe [Bit/Pixel]: 10, 12

2.4.1 Auswirkungen auf HDTV und 3DTV

Ultra HD-Displays mit 3.840x2.160 Bildpunkten und damit der vierfachen Auflösung heutiger Full HD-Bildschirme werden langfristig ihre Überlegenheit natürlich nur mit entsprechend nativen Ultra HD-Inhalten ausspielen können. Doch auch zum Zeitpunkt der mit der IFA 2013 beginnenden Einführungsphase ermöglichen diese neuen Geräte dem Zuschauer einen Mehrwert, etwa da durch das Hochskalieren von HD-Programmen oder Blu-ray Discs im Ultra HD-Display bereits eine sichtbare Steigerung der Bildqualität erzielt werden kann. Dabei ist jedoch festzustellen, dass die Ergebnisse dieses Skalierungs-Prozesses von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich ausfallen. Aufgrund der überschaubaren Anzahl weltweiter Panel-Hersteller steckt zwar in vielen Ultra HD-Geräten unterschiedlicher Anbieter das gleiche Display, die umliegende Technik inkl. des Skalierers unterscheidet sich aber von Hersteller zu Hersteller.

Die EBU hat zum Hochskalieren Ende Januar 2013 einen Blind-Test durchgeführt, bei dem Probanden unterschiedliche Sequenzen auf einem Ultra HD-Display präsentiert wurden. Die Tester sahen dabei kurze Clips jeweils zweimal hintereinander in 720p50, 1080i25, 1080p50 oder 2.160p50 (Ultra HD) und sollten anschließend die Qualität vergleichen. Bei jeder Session saßen immer zwei Testpersonen im Abstand der anderthalbfachen Bildschirmhöhe, was dem optimalen Betrachtungsabstand für Ultra HD-Displays entspricht. Zwei weitere Testpersonen saßen im Abstand von 2,7 Metern, der durchschnittlichen Entfernung von Fernseher in UK-Haushalten.

Statistisch gesehen hat der Test gezeigt, dass die Probanden von beiden Positionen aus das native Ultra HD-Material besser bewerten als die hochskalierten HD-Sequenzen, allerdings ist der Qualitätsvorsprung marginal. Dazu muss noch erwähnt werden, dass die HD-Sequenzen durch Runterskalieren der originalen Ultra HD-Clips generiert wurden und dass die Inhalte unkomprimiert zugeführt wurden. Der Test verdeutlicht so zum einen die Möglichkeiten des Hochskalieren von HD-Inhalten auf Ultra HD und zeigt zum anderen, dass allein die höhere Auflösung von Ultra HD-Bildschirmen keinen entscheidenden Mehrwert generieren wird, selbst wenn native Ultra HD-Inhalte zugeführt werden.

Mit Blick auf das immer wieder totgesagte 3DTV kann diese höhere Auflösung aber eine entscheidende Rolle spielen, denn sie eliminiert die Schwächen des sog. Frame Compatible Format (siehe **Kapitel 2.2.1**), bei dem durch die „side by side“-Übertragung des linken und rechten Bildsignals mit der jeweils halben horizontalen Auflösung am Ende auch nur noch ein halbes Full-HD-Bild beim Zuschauer ankommt. Schaut dieser zudem noch mit einer passiven Polarisationsbrille 3DTV, dann geht durch die zeilenweise wechselnde Darstellung von L- und R-Bild auch noch die Hälfte der vertikalen Auflösung verloren. Am Ende bleibt ein 3D-Bild in Viertel-Full-HD-Auflösung übrig. Aufgrund der vierfachen Auflösung von Ultra HD-Displays im Vergleich zu Full HD erreicht den Zuschauer bei gleichem Betrachtungsfall auf einem Ultra HD-Displays viermal ein Viertel-Full-HD, womit er hier „side by side“ (oder „top and bottom“) übertragene 3D-Inhalte in Full HD genießen kann.

Insbesondere mit Blick auf die brillenlose 3D-Technik, die sog. autostereoskopischen Displays (siehe **Kapitel 2.2.2**), ermöglicht die höhere Auflösung eine sichtbare Qualitätsverbesserung. Denn mehr Pixel bedeuten mehr Sweet Spots und damit ein verbessertes Betrachtungserlebnis. Man stellt jedoch auch fest, dass native Ultra HD-Inhalte insbesondere auf großen Ultra HD-Displays auch ohne jegliche Form der Stereoskopie eine gefühlte Tiefe beim Betrachter erzielen können, was vermutlich der höheren Schärfe und damit der höheren Realität der Bilder geschuldet ist. Unser Gehirn ergänzt dabei offensichtlich Tiefeninformationen durch Erfahrungswerte und ansonsten im Bild vorhandene Hinweise (z.B. Verdeckung).

3. Ultra HD – von der Produktion bis zum Empfang

Im Hinblick auf die Einführung von Ultra HD-Diensten im deutschen Markt spielen eine Vielzahl von Aspekten eine Rolle, die auch schon beim Umstieg von SD auf HD betrachtet werden mussten. Am Ende ist die gesamte Kette von der Akquisition der Inhalte bis hin zum Empfang durch den Endkunden von einer Umstellung auf Ultra HD betroffen und soll daher in den folgenden Kapitel im Detail behandelt werden. Die Einführung von 3DTV im Jahr 2010 war dazu im Vergleich technisch einfach, da dort mit dem Frame Compatible Format (siehe **Kapitel 2.2.1**) ganz bewusst eine Lösung gewählt wurde, die größtenteils auf der existierenden technischen HD-Infrastruktur aufbaute.

3.1 Inhalte für Ultra HD

Wie bei HDTV gilt auch für Ultra HD: Je besser die Qualität der Produktion, desto besser ist auch die Wiedergabe. Das erhöht die Akzeptanz beim Nutzer. Bisher sind jedoch noch recht wenige Produktionen in Ultra HD verfügbar.

Die BBC (British Broadcasting Corporation) hat in Zusammenarbeit mit der NHK (Japan Broadcasting Corporation) ausgewählte Wettkämpfe der Olympischen Spiele 2012 (25. Juli bis 12. August 2012 in London) in dem Super-Hi-Vision Format mit einer Auflösung von 7.680x4.320 Pixel produziert und an drei „Public-Viewing“-Plätzen auf Großbildschirmen gezeigt.

Es gibt auch vermehrt Filmproduktionen mit Ultra HD-Auflösung. Der Film „TimeScapes“ wurde in der Auflösung 4.096x2.304 Pixel produziert und enthält Aufnahmen von Landschaften, Menschen und der Wildnis im amerikanischen Süden. Ein anderes Beispiel ist der animierte Kurzfilm „Sintel“ mit einer Auflösung von 4.096x1.744 Pixel.

Außerdem erlaubt das Internet-Video-Portal YouTube das Hochladen von Videoaufnahmen mit einer maximalen Auflösung von 4.096x3.072 Pixel. Unter den Suchbegriffen „4K Video“ und „Ultra HD Video“ findet der Nutzer Aufnahmen in entsprechender Auflösung. Hierzu muss die Qualitätsstufe „Original“ gewählt werden.

3.1.1 Scanning existierender Inhalte für Ultra HD

Filmmaterial im Format 35 mm oder größer ist zur Erzeugung qualitativ hochwertiger Ultra HD-Inhalte hervorragend geeignet. Das örtliche Auflösungs-Äquivalent von 35 mm-Film liegt nach gängiger Expertenauffassung bei 4K Bildpunkten horizontal und entspricht somit der örtlichen Auflösung von UHD-1.

Filmscanner der führenden Hersteller sind in der Lage, Filmmaterial in der Auflösung UHD-1 zu digitalisieren, es sind sogar Scanner mit einer örtlichen Auflösung von bis zu UHD-2 verfügbar. Die bisherigen Hauptanwendungsgebiete der Filmscanner lagen in der Erzeugung hochauflösender Bildsequenzen für die digitale Postproduktion („Digital Intermediate“) beziehungsweise in der Erzeugung von hochqualitativem Archivmaterial.

Mit der Generierung von Ultra HD-Inhalten aus analogem Filmmaterial wird ein neues Anwendungsgebiet für das Filmscanning hinzukommen: Über einen hochqualitativen Scan-Vorgang kann existierendes 35-mm- oder 70-mm-Bildmaterial in Ultra HD-Bildsequenzen umgesetzt und mit wenigen Nachbearbeitungsschritten (z.B. Pan&Scan und Cropping) unmittelbar für die Ultra HD-Distribution genutzt werden. Aufgrund der technischen Eigenschaften der Scanner können die Inhalte dabei optional mit einer Farbauflösung (≥ 12 bit pro Farbwert) erzeugt werden, die sogar für HDR (High Dynamic Range)-Anwendungen geeignet ist.

Mit Ultra HD wird es somit erstmals möglich sein, die volle Auflösung des Analogfilms in die Wohnzimmer der Zuschauer zu transportieren.

3.1.2 Film-Produktion für Ultra HD

Die Anforderungen an die Produktion von Filmen für UHD-1 sind vergleichbar mit Anforderungen an die Produktion von Filmen für das 4K-Digital Cinema-Format. 4K-Material für Digital Cinema wird derzeit mit einer Bildwechselfrequenz von 24 fps (normal), 25 fps (optional) oder 30 fps (maximal) produziert. Für TV-Produktionen könnte, wenn keine Kino-Auswertung vorgesehen ist, auch eine Bildwechselfrequenz von 50 Hz, 100 Hz oder 120 Hz verwendet werden, wenn es sich um progressive Bildübertragung handelt.

Der Workflow für die 4K-Filmproduktion ist etabliert und Stand der Technik. Im Workflow der 4K-Postproduktion für Kinofilme wird typischerweise durchgehend mit unkomprimiertem Bildmaterial, ausgehend von den „Raw“-Daten der Kameras, gearbeitet. Aufgrund der deutlich niedrigeren Distributionsbitrate bei der TV-Verbreitung (z.B. 20 Mbit/s mit H.265/HEVC bei der TV-Ausstrahlung im Vergleich zu 250 Mbit/s mit JPEG2000 bei D-Cinema) ist dies bei reinen UHD-1-TV-Produktionen nicht erforderlich. In der UHD-1-Filmproduktion ist daher der Einsatz einer moderaten Intraframe-Kompression eine Option zur Reduzierung des Speicherbedarfs und damit zur Kostensenkung. Die örtliche Auflösung der 4K-Filmkameras beträgt in der Regel 4.096×2.160 Bildpunkte, die durch Cropping auf UHD-1 reduziert werden kann. Bei der Aufnahme muss dabei eine entsprechende „Safe Area“ beachtet werden. (Details im **Anhang 4**)

3.1.3 Live-Produktion für Ultra HD

Am Anfang jeder Produktionskette steht die eigentliche Produktion der Inhalte. Diese gilt verständlicherweise auch bei Ultra HD. In Bezug auf eine Live-Produktion in Ultra HD sieht man sich derzeit jedoch noch mit einer Reihe von Herausforderungen konfrontiert, die sich im Wesentlichen aus der Tatsache ableiten, dass nun aufgrund u.a. der höheren Auflösung, des durchweg progressiven Formats und der erhöhten Bittiefe von mindestens 10 bit eine deutliche höhere Datenmenge anfällt, als dies bisher bei HD-Produktionen der Fall ist. Wo heute noch ein 1080i25-Signal (4:2:2) mit 8 bit und insgesamt etwa 0,83 Gbit/s problemlos über eine HD SDI-Glasfaserleitung vom Stadion ins Broadcast Operations Center (BOC) geleitet werden kann, fallen bei 2160p50 (4:2:2) mit 10 bit nun bereits 8,3 Gbit/s und damit die zehnfache Datenmenge an. Diese lässt sich nur noch über eine Bündelung mehrerer Leitungen ins BOC verschicken, was einen erhöhten Aufwand und natürlich auch höhere Kosten mit sich bringt. Dabei sind diese professionellen Schnittstellen noch nicht in allen Fällen standardisiert.

Ähnliche Probleme entstehen schon bei der Signalverteilung von der Ultra HD-Kamera zum Ü-Wagen, der wiederum heute noch nicht Ultra HD-tauglich ist und daher entsprechende Signale nur mit Hilfe von Workarounds verarbeiten kann, bei denen z.B. im Bildmischer vier HD-Kanäle zu einem Ultra HD-Kanal gebündelt werden, wodurch natürlich auch die Gesamtkapazität des Mischers auf ein Viertel sinkt.

Nicht nur bei der Verteilung bereitet die erhöhte Datenmenge Kopfzerbrechen, auch jegliche kurzfristige Speicherung (z.B. für Zeitlupen und Wiederholungen) als auch langfristige Archivierung erfordert natürlich erhöhte Kapazitäten und steigert damit die Kosten.

Sky organisierte als bisher einziger Broadcaster in Deutschland mehrere Ultra HD-Testproduktionen, um Erfahrungen auf diesem neuen Gebiet zu sammeln. In Zusammenarbeit mit der Kropac Media GmbH aus Ingolstadt wurden Testaufnahmen von Fußballspielen mit einer Ultra HD-Kamera durchgeführt und anschließend in der Postproduktion entsprechende Trailer erstellt. Dabei ist zu beachten, dass bei diesen ersten Tests zunächst die Inhalte-Akquirierung im Vordergrund stand. Eine Produktion aus heutiger Sicht mit einem Live-Kamerasystem sowie die nachfolgenden Schritte der Kontribution und Distribution in der Produktionskette sind derzeit noch nicht möglich, da es weder Infrastruktur gibt, noch entsprechende Ultra HD-Technik für die gesamte Kette verfügbar ist.

Das produzierte Testmaterial sowie die Trailer stehen Sky für interne Testzwecke zur Verfügung und werden den Mitarbeitern von Sky im Rahmen diverser Präsentationen gezeigt. Nach der ersten Ultra HD-Produktion am 1. Dezember 2012 beim Bundesliga-Spiel zwischen dem FC Bayern und Borussia Dortmund sind während dessen zahlreiche zusätzliche Tests gefolgt, bei denen weitere Schritte in Richtung einer Live-Produktion erfolgt sind. So konnten z.B. bei einer Produktion des Champions League-Halbfinalspiels zwischen FC Bayern München und FC Barcelona am 23. April 2013 erstmals Signale der Ultra HD-Kameras in Echtzeit zum Ü-Wagen geführt und dort für z.B. Zeitlupen ausgewertet werden. Gleichzeitig wurden bei diesem Test auch mögliche Vorteile für die HD-Produktion untersucht, für die hinsichtlich bestimmter Bildausschnitte in das Ultra HD-Signal gezoomt wird. Eine einzige Ultra HD-Kamera kann auf diese Weise „virtuell“ und flexibel mehrere HD-Kameras ersetzen.

Am 24. Juli 2013 kam es im Rahmen eines Freundschaftsspiels zur Wiederholung der Partie FC Bayern München gegen FC Barcelona, bei der Sky erneut vor Ort in Ultra HD produziert hat. Einzelne Ergebnisse dieser Produktion werden am Ultra HD-Gemeinschaftsstand im TecWatch auf der IFA 2013 präsentiert. Weitere Informationen befinden sich im **Anhang 5**.

3.2 Post-Produktion für Ultra HD

Nicht nur in der Live-Produktion, auch bei der Post-Produktion von Ultra HD-Inhalten macht sich der erhöhte Datenumfang bemerkbar. Hier sind vornehmlich die professionellen Schnittstellen sowie Speicherung/Archivierung als noch zu lösende Probleme zu nennen. Darüber hinaus müssen auch Schnittplätze und Grafikanwendungen überhaupt erst einmal Ultra HD-fähig sein.

In Bezug auf den ersten Ultra HD-Test von Sky am 1. Dezember 2012 wurde in der Postproduktion ein Trailer, welcher zu internen Sky-Präsentationszwecken diente, erstellt. Das Postproduktionsteam, bestehend aus einem Cutter sowie einem Technischen Assistenten, transferierte zunächst die gesamten Aufnahmen über einen Mac

Pro auf ein lokales RAID. Anschließend wurden aus dem RAW-Material sogenannte HD-Rushes erstellt. Da es sich bei den Ultra HD-Aufnahmen um sehr große Datenmengen handelt, ist hierdurch eine einfachere und schnellere Verarbeitung des Materials möglich. Somit konnte der Schnitt auf HD-Ebene stattfinden. Die Codierung der HD-Rushes erfolgte mit dem Apple ProRes Codec und den folgenden Parametern:

- Auflösung: 1.920x1.080 Pixel (progressiv)
- Abtastverhältnis: 4:2:2
- Bittiefe [bit/Pixel]: 8
- Framerate [Hz]: 50

Anschließend wurden die HD-Rushes in das entsprechende Schnittprogramm importiert und ein Trailer zusammengeschnitten. Daraufhin exportierte das Postproduktionsteam eine Schnittliste (EDL) in der Form einer XML-Datei. Nun konnte der Schnitt auf das RAW-Material in Ultra HD angewendet werden. Zudem wurde der zugehörige Ton implementiert. Dieser bestand neben der Anmoderation aus einem Mitschnitt des Kommentator- und Stadion-Tons von der Tonregie des Ü-Wagens (HD-Produktion).

In einem nächsten Schritt wurde das Color Grading durchgeführt. Hier unterzog man den Trailer einer „Farbkorrektur“, welche sich nach dem Farbraum der Rec. ITU-R BT.709 richtete. Im letzten Schritt wurden das Sky Ultra HD-Logo sowie das DFL-Logo in den Trailer inseriert.

Sky Ultra HD-Logo und Screenshot der Produktion vom 1. Dezember 2012



Diese für ein (Live-)Fußballspiel untypische recht zeitintensive Post-Produktionskette verdeutlicht, wie weit Ultra HD derzeit noch von einer möglichen Live-Produktion entfernt ist.

3.3 Übertragung von Ultra HD

Die vierfache Auflösung von Ultra HD im Vergleich zu Full HD bedeutet natürlich auch, dass sich die zu übertragene Datenmenge in der Akquisition der Inhalte vervierfacht. In der Produktion und Post-Produktion, wo in der Regel mit den unkomprimierten Daten gearbeitet wird, erzeugt diese gewaltige Bandbreiten-Explosion schon große Herausforderungen, doch spätestens bei der Übertragung der Inhalte zum Konsumenten spielt auch die Wirtschaftlichkeit der Ausstrahlung eine entscheidende Rolle. Hier kommen im Bereich des digitalen Fernsehens seit jeher Kompressionsverfahren zum Einsatz, welche die Bitrate des zu übertragenen Signals in großem Maße reduzieren, bei – idealerweise – keinen oder nur geringen sichtbaren Verlusten in der Bildqualität. Nach MPEG-2 in den Anfangstagen der digitalen TV-Übertragung hat sich mit Einführung von HDTV im Wesentlichen H.264/AVC durchgesetzt. Mit Ultra HD deutet sich nun die Einführung des neuen Standards H.265/HEVC an, der gegenüber seinem Vorgänger eine Effizienzsteigerung von etwa 50% erreichen soll. Vereinfacht ausgedrückt erreicht man dadurch, dass sich die Bandbreite für die Übertragung von Ultra HD-Inhalten „nur“ verdoppelt, obwohl sich die ursprüngliche Datenmenge vervierfacht hat.

Auch wenn die Implementierung des relativ jungen HEVC-Standards noch in den Kinderschuhen steckt, sowohl Encoder- als auch Decoder-seitig, so lässt sich bereits aussagen, dass es keine technischen Hindernisse gibt, die gegen die Einführung von HEVC für die Übertragung von Ultra HD-Diensten sprechen würden. Einer Verbreitung entsprechender Angebote über Satellit und/oder Kabel steht damit theoretisch nichts im Wege, allein es scheitert derzeit noch an der Verfügbarkeit von HEVC-Echtzeit-Encodern, auch HEVC-Decoder-Chipsets für die Nutzung in entsprechenden Receivern sind derzeit noch in einem frühen Stadium.

Auch der Verbreitungsweg IP eignet sich für die Übertragung von Ultra HD-Inhalten und es gibt nicht wenige, die der Meinung sind, dass sich UHDTV Angebote über IPTV am schnellsten einzuführen seien. Solange allerdings HEVC-Echtzeit-Encoding noch nicht verfügbar ist und sich damit Live-Angebote vorerst nicht erstellen lassen, wäre durchaus denkbar, dass ein erster Schritt in Richtung Ultra HD über Abruf-Dienste (z.B. Mediatheken) erzielt werden kann, beim dem vorab HEVC-codierte Inhalte über IP vertrieben werden.

3.3.1 H.264/AVC

H.264/MPEG-4 AVC wurde im Jahr 2003 von der ITU (Study Group 16, Video Coding Experts Group) und MPEG verabschiedet. Ziel war es damals, ein Kompressionsverfahren zu entwickeln, das im Vergleich zu früheren Standards sowohl für mobile Anwendungen als auch im HDTV-Bereich die benötigte Datenrate bei gleicher Qualität mindestens um die Hälfte reduziert. H.264 erreicht typischerweise eine etwa dreimal so hohe Codier-effizienz wie MPEG-2 und ist insbesondere für HDTV ausgelegt. Allerdings ist auch die Komplexität von H.264/AVC höher als bei MPEG-2.

Obwohl H.264/AVC für frühe Übertragungstests von Ultra HD experimentell zum Einsatz gekommen ist, kann nicht davon ausgegangen werden, dass dieses Verfahren für die kommerzielle Verbreitung von Ultra HD-Programmen eine Rolle spielen wird. Mit Blick auf die Verbreitung über Satellit würde H.264/AVC quasi einen Rückschritt in analoge Zeiten bedeuten, denn aufgrund der erhöhten Datenmenge wären bei AVC-encodierten Ultra HD-Inhalten Bandbreiten zu erwarten, die einen kompletten Transponder belegen, auf dem heute typischerweise vier HD-Programme (in AVC codiert) untergebracht werden können. Es ist aber denkbar, dass AVC für Ultra HD im Bereich der Contribution als professioneller Codec noch einige Jahre eine Rolle spielen wird.

3.3.2 H.265/HEVC

Anfang 2008 haben die „Video Coding Experts Group“ (VCEG) der ITU-T und die „Moving Pictures Expert Group“ (MPEG) der ISO/IEC das Joint Collaborative Team on Video Coding (JCTV-VC) gegründet, um den High-Efficiency Video Coding (HEVC) oder auch H.265 genannten Standard zu entwickeln. Dieser beruht wie seine Vorgänger (z.B. MPEG-2 und H.264/AVC) auf einem hybriden Codieransatz. Die Struktur besteht zum einen aus dem Video Coding Layer (VCL), der die komprimierten Bilddaten enthält, und zum anderen aus einem Network Abstraction Layer (NAL), der die Daten des VCL auf verschiedene Kommunikationsprotokolle abbildet.

Die „NAL High-Level“-Syntax von H.264/AVC mit Parameter-Sets, „NAL Unit Syntax“-Strukturen, Slices sowie SEI- und VUI-Metadaten wurde bis auf u.a. folgende wesentlichen Änderungen und Erweiterungen weitestgehend übernommen:

- Tiles und Wavefronts wurden als High-Level-Werkzeuge zur Parallelisierung eingeführt.
- Dependent-Slice-Segments, die nur einen minimalen Slice-Header haben und sich daher sehr gut für die Codierung mit geringer Verzögerungszeit eignen.
- Explizite Signalisierung des Referenzbildspeichers anhand von Reference-Picture-Sets anstelle von Speicherverwaltungsoperationen.

Im VCL-Codierkern sind folgende wichtigen Neuerungen gegenüber H.264/AVC zu nennen:

- adaptive quadtree-basierte Blockstrukturen für Prädiktion und Transformation
- „Inter-Picture Prediction Block-Merging“ zur effizienten Codierung von Bewegungsparametern
- zusätzliches Sample-Adaptive-Offset-Schleifenfilter
- CABAC als einzige Methode zur Entropiecodierung

In HEVC wird ein Bild in Coding-Tree-Units (CTU) zerlegt, die jeweils einen Coding-Tree-Block (CTB) mit Luminanz-Bildpunkten, Coding-Tree-Blöcke für Chrominanz-Bildpunkte und eine entsprechende Syntax zu deren Codierung enthalten. Die CTUs in HEVC sind allerdings flexibler als die Makroblöcke bei H.264 gestaltet, da die CTB-Größe pro Sequenz auf 16x16, 32x32 oder 64x64 Luminanz-Bildpunkte eingestellt werden kann.

Um verschiedene Anwendungen abzudecken, wurden zwei Konfigurationen gewählt: Eine Entertainment-Konfiguration für Filmen und Broadcast sowie eine interaktive Konfiguration für die Videokommunikation mit geringer Verzögerung.

In HEVC wurden „Profiles“, „Tiers“ und „Levels“ definiert. Während Profiles (Set der Kompressionswerkzeuge) und Levels (z.B. maximale Sample Rate) bereits aus H.264/AVC und MPEG-2 bekannt sind, werden in HEVC für jeden Level zusätzlich noch Tiers eingeführt. Diese schränken nochmals die maximale Coded-Picture-Buffer-Größe und die maximale Bitrate ein. In der ersten Version von HEVC gibt es drei Profiles: Main, Main 10 und Main Still Picture.

Generell werden alle Tools in HEVC Main Profile unterstützt, wobei folgende Einschränkungen gelten:

- nur 4:2:0-Chrominanz-Abtastverhältnis,
- nur 8-bit-Video,
- Tiles und Wavefronts können nicht gleichzeitig verwendet werden
- Jedes Tile muss mindestens 256 Luminanz-Bildpunkte breit und mindestens 64 Luminanz-Bildpunkte hoch sein.

Das Main-10-Profil unterstützt zusätzlich noch 9-bit-Video und 10-bit-Video. Für das Main-Still-Picture-Profil gelten die Ratenbeschränkungen nicht, da es zur Codierung von Einzelbildern und nicht von Bildsequenzen gedacht ist. Für jedes Profil sind 13 Levels mit je einer Main-Tier und einer High-Tier definiert, wobei die Einschränkungen der Main-Tier für die meisten Anwendungen ausreichen und die High-Tier für anspruchsvollere Anwendungen gedacht ist. Erweiterungen in Richtung 4:2:2- und 4:4:4-Farbunterabtastung und höhere Bittiefen sind als Professional-Erweiterungen für Anfang 2014 geplant. Des Weiteren wird an einer Erweiterung des Standards für die Codierung von 3D-Video und die skalierbare Videocodierung gearbeitet.

3.4 Receiver für Ultra HD

Die Einführung von UHDTV wird zunächst aller Voraussicht nach mit Hilfe von geeigneten Set-top-Boxen umgesetzt. Dies hat im Wesentlichen zwei Gründe:

1. Wie schon bei der Einführung von HDTV werden auch bei der Markteinführung von UHDTV die Pay-TV-Anbieter die Vorreiter sein. Diese setzen im großen Stil Set-top-Boxen ein, die ihr Benutzer-Interface und Conditional Access System beinhalten. Auf der anderen Seite sind sie dadurch auch in der Lage, neue Systeme in der Anfangsphase relativ flexibel zu unterstützen.
2. Da TV-Geräte mit großen Diagonalen heutzutage immer noch eine Investition darstellen, haben sie Lebensdauern im Bereich von 10 Jahren. Die Implementierung von einem neuen Fernsehsystem wird also erst dann erfolgen, wenn ein System ausgereift und im Markt etabliert ist.

Obwohl erste Übertragungsversuche on air sind und damit zu rechnen ist, dass innovative Pay-TV-Betreiber erste (Test-)Services schon bald starten könnten, sind noch bei Weitem nicht alle Parameter des kommenden UHDTV ausdiskutiert und in Standards festgelegt. Auch müssen die Chip-Konzepte für die benötigten Algorithmen unter den dann getroffenen Vereinbarungen optimiert werden, um marktfähige Geräte entwickeln und produzieren zu können.

Erste Standardisierungen zur Produktion von UHDTV sind bei ITU-R erfolgt (siehe **Kapitel 2.4**), aber die Diskussion über die geeigneten Übertragungsparameter hat gerade erst begonnen. Jetzt sind die damit befassten Arbeitsgruppen gefordert, die Parameter entsprechend den kommerziellen Erfordernissen zu definieren.

Ein erstes Ergebnis dürfte sein, dass die Codierung des Videosignals mit dem neuen Standard H.265 (HEVC, siehe Kapitel 3.3.2) erfolgen wird, da dieser die notwendige Datenreduktion ermöglichen soll. Allerdings sind auch hier bei DVB die genauen Parameter noch zu spezifizieren, was in der entsprechenden DVB-Arbeitsgruppe im Moment geschieht.

Es besteht weitgehend Übereinstimmung, dass UHDTV eine deutlich verbesserte Bildqualität im Vergleich zu heutigen HDTV liefern muss, um vom Markt akzeptiert zu werden. Die Erhöhung der räumlichen Auflösung des Bildes bei gleichzeitig weiter vergrößerten Bilddiagonalen ist dabei nicht der einzige Parameter. Eine Erhöhung der Bildwechselfrequenz (higher frame rate), eine Vergrößerung des Farbraumes (extended color gamut), und eine Erhöhung des Kontrastumfangs (high dynamic range) sind weitere Diskussionspunkte. Alle letztgenannten Erweiterungen können auf der Empfängerseite aber nur sinnvoll eingeführt werden, wenn sie über die gesamte Übertragungskette von der Produktion über die Übertragung bis hin zum Empfänger und zum Display realisiert sind. Bis hier Einigkeit auf der Ebene der Standardisierung erzielt ist, wird wohl noch einige Zeit ins Land gehen.

Die HDMI-Schnittstelle dient der Übertragung von Video- und Audioinhalten zwischen Empfangsgeräten (z.B. Set-Top-Box), Displays und Abspielgeräten (z.B. Blu-ray-Player). Das Interface unterstützt in der aktuellen Version 1.4b eine maximale Auflösung von 4.096x2.160 Pixeln mit einer Framerate von 30 Hz. Ultra HD-Videoaufnahmen mit einer Auflösung von 3.840x2.160 Pixel können mit einer maximalen Framerate von 30 Hz übertragen werden. Die nächste Version von HDMI wird aller Voraussicht nach die UHDTV-Übertragung mit 50/60p ermöglichen.

Eine weitere Betrachtung ist dem Verfahren zum Kopierschutz auf der HDMI-Schnittstelle zu widmen: Bisher wird das HDCP-Verfahren in seiner Version 1.4 auf HDMI weltweit verwendet, das jedoch nicht mehr als sicher gilt, da es geknackt wurde. Für Inhalte noch höherer Qualität wird allerdings das Nachfolgesystem HDCP 2.2 von den großen Hollywood-Studios verlangt, um einen adäquaten Schutz der Inhalte zu gewährleisten. Die Diskussion wann und wie dieses zu realisieren ist, ist im Moment im Gange. Es ist offensichtlich, dass der Schritt zu einem neuen Übertragungssystem hier gute Einführungsmöglichkeiten bietet.

Zu den großen Messen im Herbst 2013 (IFA, IBC) ist mit Prototypen von UHDTV Set-top-Boxen zu rechnen. Allerdings sind die technischen Parameter dieser Boxen alle von den verfügbaren Chip-Konzepten abhängig, die aller Voraussicht nach noch nicht die endgültigen Spezifikationen realisieren können. Erste Prototypen von Chips sind verfügbar, aber noch nicht produktionsreif.

Diese Situation ist in Deutschland noch sehr gut in Erinnerung von der Einführung von HDTV, wo zur IFA 2005 auch noch keine Set-top Boxen im endgültigen Standard verfügbar waren, da die Chip-Konzepte erst später fertig wurden.

3.5 Displays für Ultra HD

Das hochauflösende Fernsehen mit seinen 1.920x1.080 Bildpunkten (HDTV) darf inzwischen als Standard im Heimbereich angesehen werden (siehe Kapitel 1.1). Nachdem das Hauptaugenmerk der Hersteller in den vergangenen Jahren primär auf der Bereitstellung von TV-Geräten mit stetig größer werdenden Bildschirmdiagonalen lag, wird seit einiger Zeit auch intensiv an einem HDTV-Nachfolger mit einer deutlich höheren Auflösung, d.h. mit sehr viel mehr sichtbaren Bildpunkten, gearbeitet. Bereits auf der IFA 2012 waren an nahezu allen Messeständen der großen CE-Hersteller die neuen hochauflösenden Displays unter dem Stichwort Ultra HD zu sehen. Seit Anfang 2013 übertreffen sich die Hersteller mit Ankündigungen von Großbildschirmen mit Ultra HD-Auflösung, die dem Zuschauer ein noch schärferes und detailreicheres Sehvergnügen ermöglichen sollen.

Auf der Consumer Electronics Show (CES) in Las Vegas im Januar 2013 war für das Segment TV-Geräte Ultra HD das beherrschende Thema. Alle namhaften TV-Hersteller haben dort entsprechende Geräte mit unterschiedlichen Bildschirm-Diagonalen (55, 56, 60, 65, 84, 85 und 110 Zoll) vorgestellt, zum Teil auch als OLED. Auch wurden bereits erste 8K-Prototypen gezeigt.

Seit Sommer 2013 läuft nach und nach auch der Vertrieb der Ultra HD-Displays in Deutschland an – diese Geräte sind allerdings für die meisten Konsumenten noch deutlich zu teuer. Es wird noch mehrere Jahre dauern, bis eine entsprechend große Produktionsstückzahl die Preise deutlich sinken lassen wird. Die Bildschirm-Diagonalen variieren zwischen dem Heimkino-Traum von 85 und 110 Zoll (2,16 m und 2,80 m) sowie den wohnzimmertauglicheren 55 und 65 Zoll (1,40 m und 1,65 m Diagonale). Zudem verfügen fast alle Geräte über einen Ultra HD-fähigen HDMI-Eingang, derzeit allerdings noch auf eine maximale Framerate von 30 Hz beschränkt. Eine Übersicht über bisher verfügbare Ultra HD Consumer Displays ist in **Anhang 6** angefügt.

Die offensichtlichste Neuerung des Ultra HD-Standards ist die deutlich vergrößerte Bildauflösung. Die enorme Menge an Bildinformation führt in Abhängigkeit der nativen Auflösung und Pixeldichte des Bildschirms vor allem bei statischen Szenen zu einer signifikanten Verbesserung der Schärfe- und Detailwiedergabe. Neben der verbesserten Bildauflösung beeindruckt der Ultra HD-Standard darüber hinaus mit einer Erhöhung der Quantisierung auf bis zu 12 bit zur Kontrastverbesserung, einer Vergrößerung des darstellbaren Farbraums und einer extrem hohen Bildwiederholfrequenz von bis zu 120 Hz (siehe **Kapitel 2.4**).

Neben den bereits genannten Verbesserungen (brillante Videobilder mit extrem hoher Detailauflösung), bietet das Ultra HD-Videoformat weitere entscheidende Vorteile gegenüber HDTV. Aufgrund der hohen Pixeldichte der entsprechenden Bildschirme kann beispielsweise der empfohlene Betrachtungsabstand bei UHD-1 gegenüber dem HDTV-Standard halbiert werden (und bei UHD-2 beträgt er nur noch ein Viertel). Die damit verbundene Verbreiterung des Betrachtungswinkels bewirkt eine Steigerung der Immersivität und damit ein tieferes emotionales Eintauchen in das Seherlebnis.

Da bisher nur relativ wenige Ultra HD-Inhalte verfügbar sind, liegt ein Fokus auf dem geräteseitigen Hochskalieren von HD-Material aus TV, Blu-ray oder dem Internet, damit die Inhalte auch auf dem großen Bildschirm formatfüllend dargestellt werden können.

Ultra HD-Displays erlauben darüber hinaus die simultane Anzeige von großen Bilddatenmengen. Im Bereich der kommerziellen Anwendungen ist dies beispielsweise für Fluglotsen oder für Klimaforscher interessant, da dieselbe Bildpunktemenge sonst mittels vier HDTV-Monitoren zusammengesetzt werden müsste – inklusive störender Displayränder. Im privaten Umfeld ermöglichen Ultra HD-Bildschirme die Betrachtung der eigenen Digitalfotos in bislang unerreichter Qualität, da anstatt der 2 Megapixel des HDTV-Standards nun 8 (UHD-1), bzw. 33 Megapixel (UHD-2) zur Verfügung stehen.

Die zukünftige Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Ultra HD-Bildschirme im Heimbereich wird von den Herstellern und Dienstleistern auf verschiedenen Ebenen vorangetrieben. Zunächst müssen entsprechende Produktionskapazitäten bereitgestellt werden. Die Hersteller der TV-Geräte werden versuchen, Ultra HD-Geräte zu marktfähigen Preisen anbieten zu können. Dies wird ein entscheidender Faktor sein, um diejenige kritische Masse von Konsumenten zu erreichen, ab der die verschiedenen Geschäftsmodelle rentabel sein werden.

3.6 Einführung von Ultra HD in Deutschland

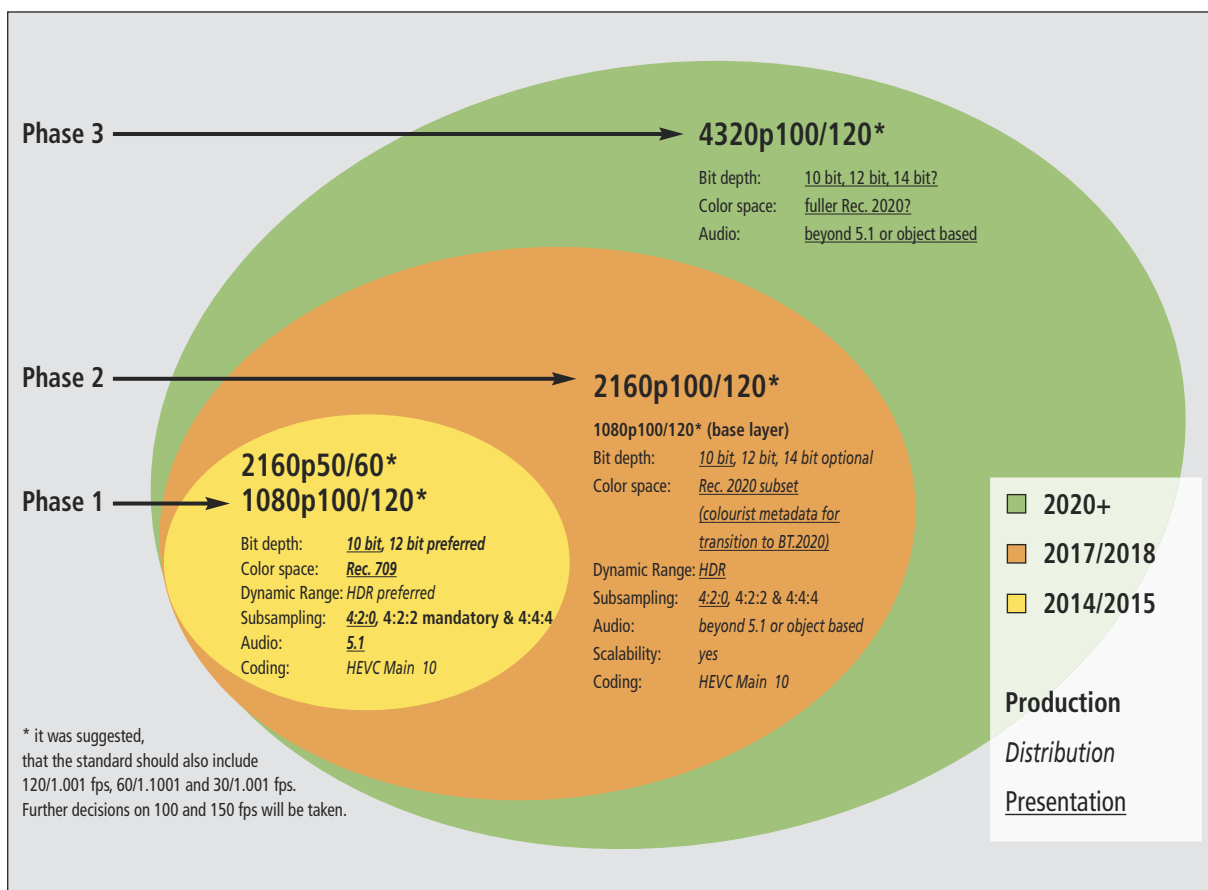
Kurz gesagt wird sich die Einführung von Ultra HD-Angeboten nicht so unmittelbar bewerkstelligen lassen, wie es die frühe Verfügbarkeit von entsprechenden Displays – wenn auch zunächst zu wenig attraktiven Preisen – suggeriert. In dieser Hinsicht gibt es Parallelen zur Einführung von HDTV als die CE-Hersteller auch zu einem Zeitpunkt mit hochauflösenden Displays in den Markt drängten, als die Inhalteanbieter noch gar nicht in der Lage waren, entsprechende Programme in HDTV-Auflösung zu verbreiten. Und während so manche Sendeanstalt noch mit der Umstellung auf HDTV beschäftigt ist, entsteht durch die zunehmende Präsenz von Ultra HD-Displays nun bereits Druck in Bezug auf eine weitere Aufrüstung der Produktions- und Distributionswege.

Doch genau hier findet man die Probleme und Schwachstellen, die einen ebenso zügigen Start von Ultra HD-Angeboten derzeit noch verhindern oder zumindest verlangsamen. Führt man sich den Signalfluss von der (Live-)Produktion über die Post-Produktion und Distribution bis hin zum Endkunden vor Augen, so stellt man fest, dass diese Kette zum Zeitpunkt der IFA 2013 noch nicht geschlossen ist. Zum einen fehlt es an geeigneten Produktionstechniken z.B. im Bereich von Live-Sport-Ereignissen, zum anderen sind einige Schnittstellen noch nicht für den Durchfluss der aufgrund der höheren Auflösung enorm gestiegenen Datenmenge gerüstet. In Teilbereichen kann man sich hier mit Workarounds behelfen, mittel- bis langfristig müssen diese jedoch durch entsprechende neue Standards abgelöst werden. Und auch das letzte Stück der Kette, die Übertragung vom Inhalteanbieter zum Konsumenten, benötigt noch Zeit. Zwar wurde mit HEVC die Grundlage geschaffen, die sehr viel größeren Datenmengen von Ultra HD effizient und wirtschaftlich sinnvoll zu encodieren und zu versenden, allerdings ist die Implementierung dieses neuen Standards noch in Arbeit, sowohl auf der Decoder-Seite (also im Receiver) als vielmehr noch im Encoder, der sich derzeit noch ein gutes Stück von einem Echtzeit-Betrieb entfernt sieht.

Eine von SES in Auftrag gegebene Studie von IHS zum Thema Ultra High Definition vom April 2013 kommt zu dem Schluss, dass ein komplettes technisches Ökosystem erst im Jahr 2017 existiert, welches dann einen kommerziellen Massenmarkt mit Ultra HD ab 2023 ermöglichen würde. Die Studie zieht dabei ebenfalls Parallelen mit der Einführung von HDTV und wirft außer auf die oben bereits erwähnten Produktions- und Distributionsbereiche auch einen Blick auf die Marktdurchdringung mit Ultra HD-Displays. Also nötige Eintrittsschwelle definiert das Unternehmen diesbezüglich eine 3-prozentige Durchdringung des Marktes mit Ultra HD-Bildschirmen. Erst bei Erreichen dieser kritischen Masse, die IHS eben für das Jahr 2017 prognostiziert, lohnt für Inhalteanbieter der Start entsprechender Ultra HD-Angebote. Wie schon bei HDTV dürften auch beim Start von Ultra HD die Pay-TV-Anbieter dann diesen ersten Schritt machen. Bis dahin werden sportliche Großereignisse wie die Fußball-Weltmeisterschaft in Brasilien im Sommer 2014 sowie die Olympischen Sommerspiele in Rio de Janeiro als auch die Fußball-Europameisterschaft in Frankreich im Jahr 2016 die Treiber für weitere Entwicklungen sein und gleichzeitig Möglichkeiten für Testausstrahlungen und Ultra HD-Demokanäle bieten. Dabei muss der Markt Schritt für Schritt eine Balance finden zwischen dem, was sich der Kunde von Ultra HD wünscht bzw. erwartet und dem, was zum jeweiligen Zeitpunkt technisch machbar ist.

Mit der technischen Realisierung von Ultra HD in all seinen Aspekten beschäftigen sich heute bereits zahlreiche nationale und internationale Gremien. Die Projektgruppe „Weiterentwicklung von HD und 3D“ (PG HD3D) der Deutschen TV-Plattform beobachtet die meisten dieser Aktivitäten sehr genau und steht mit zahlreichen anderen internationalen Arbeitsgruppen in engem Kontakt, um eine Markteinführung von Ultra HD in Deutschland gewährleisten zu können, die möglichst gut mit den entsprechenden Entwicklungen in Europa harmonisiert ist.

Eine wesentliche Rolle spielen hier die Aktivitäten von DVB und die Ergebnisse, die Ende Mai 2013 in einem gemeinsamen UHDTV Fact Finding Meeting mit Vertretern von DVB und der EBU gefunden wurden. Bei dieser zweitägigen Veranstaltung wurde festgestellt, dass für UHD-1 ein zweistufiges Einführungsszenario Sinn macht. Die auch als „Conventional Profile“ bezeichnete Phase 1 würde dabei auf der Basis des herkömmlichen Farbraums (Rec. 709) und des heute gebräuchlichen 5.1-Audio-Surround-Systems den Einstieg in die hochauflösendere Welt von Ultra HD mit einer Bittiefe von 10 bit (verbindliche Abtastverhältnis-Unterstützung 4:2:0 und 4:2:2) und dementsprechend dem HEVC Main 10-Profil ermöglichen. Unterstützte Formate wären hier neben 2160p50/60 auch 1080p100/120. Es wird erwartet, dass so bereits in 2014/2015 ein sanfter Einstieg in UHDTV erfolgen kann. Als zweiten Schritt sieht das Konsortium ein Profil vor, das neben höheren Frameraten von 2160p100/120 (und mehr?) auch den erweiterten Farbraum von ITU-R Rec.2020 und High Dynamic Range vorsieht. Abgerundet werden soll das Profil durch ein noch genau zu spezifizierendes (vermutlich Objekt-basiertes) Audio-Surround-System. Die Vertreter von DVB und EBU erwarten, dass der Übergang in diese Phase 2 voraussichtlich 2017/2018 erfolgen kann, was sich in etwa mit den oben erwähnten Vorhersagen von IHS deckt. Erst auf Basis dieses zweiten Profils wären dann Live-Übertragungen von z.B. Sportereignissen sinnvoll und realistisch, da bei diesen erst auf Basis der höheren Framerate störende Bewegungsartefakte in Ultra HD ausgeschlossen werden können.



Derzeit diskutierter Vorschlag von DVB und EBU zur Einführung von UHD-1 und UHD-2
 (Quelle: DVB/EBU)

Die wesentlichen Ergebnisse des Treffens von DVB und EBU Ende Mai 2013 sind in der folgenden Abbildung zusammengefasst. Dort ist neben dem zweistufigen Einstieg in UHD-1 (3.840x2.160) auch UHD-2 (7.680x4.320) als Phase 3 dargestellt. Wichtig ist dabei die Feststellung, dass es sich hierbei noch nicht um einen DVB-Standard handelt, sondern lediglich um einen Vorschlag, der nun weiter diskutiert wird. Ende November 2013 wollen sich die Vertreter der beiden Organisationen erneut treffen.

Die bisherigen Überlegungen beziehen sich schwerpunktmäßig auf die Einführung von UHDTV-Programmangeboten, also der linearen Verbreitung von Ultra HD-Inhalten über Satellit, Kabel, Terrestrik, IPTV und OTT zum Empfang mittels Receiver oder PC. Fallende Gerätepreise vorausgesetzt können die nun in den Markt drängenden Ultra HD-Displays für den Konsumenten jedoch auch schon vorher interessant werden, denn zum einen bieten die meisten Geräte hervorragende Upscaling-Algorithmen und damit schon einen verbesserten Fernsehgenuss bei hochskalierten HD-Inhalten, zum anderen eignen sich die 3.840x2.160-Pixel-Displays für die Betrachtung von Kunden-generierten Inhalten wie z.B. Fotos, wobei die Übertragung zum Bildschirm mittels USB-Stick, Speicherkarte oder über HDMI erfolgen kann.

Auch IP-basiertes Video On Demand (VOD) ist mit Ultra HD-Inhalten heute bereits möglich und verfügbar. Auf der Videoplattform YouTube z.B. stehen schon zahlreiche Inhalte in Ultra HD bereit, die mit Hilfe eines PCs mit 4K-Grafikkarte über HDMI an einem Ultra HD-Display betrachtet werden können. Mit Smart TVs in Ultra HD-Auflösung ist dies dann auch ohne den zusätzlichen PC möglich. Sony bietet für seine Ultra HD-Displays in Form des Sony 4K Ultra HD Media Players (derzeit nur in den USA) ein technisch ähnliches Produkt bereits kommerziell an, das zehn Hollywood-Filme in hoher Auflösung beinhaltet, die in Kürze auch über Download ergänzt werden sollen. Andere Hersteller und Anbieter planen ähnliche Dienste.

Für den technikinteressierten Medienfan ermöglicht Ultra HD daher bereits zum Ende des Jahres 2013 den Einstieg in eine neue Bilderwelt mit größeren Bildschirmen, höheren Auflösungen und verbesserter Bildqualität. Dabei wird die neue Technologie erst mit der Verfügbarkeit von Elementen wie erweitertem Farbraum, höherem Kontrastbereich, höheren Frameraten und einem dem verbesserten Bildeindruck entsprechenden erweiterten Audio-Surround-System seine Vorteile gänzlich ausspielen können und erhöhte Realität und Immersivität bieten. Damit ist mittelfristig nicht vor 2017 zu rechnen, wobei erste UHDTV-(Test-)Ausstrahlungen bereits 2014/2015 beginnen dürften.

4. Glossar

100-Hz-Technik (100-Hertz-Technik)	Verfahren der Bildübertragung über Flachbildschirme, um Großflächenflimmern zu vermeiden. Dazu werden die fünfzig vom Sender pro Sekunde übertragenen Bilder im Empfänger zwischengespeichert und dann mit doppelter Geschwindigkeit, also zweimal in einer fünfzigstel Sekunde ausgegeben und dargestellt. Inzwischen werden auch TV-Geräte mit 200-Hertz-Technik, 400-Hertz-Technik und 600-Hertz-Technik angeboten.
3D-Fernsehen	siehe: Dreidimensionales Fernsehen
3D Full HD	3D-Wiedergabe, bei der die beiden Teilbilder für das linke und rechte Auge eine Bildauflösung von 1.920x1.080 aufweisen.
3DTV	Siehe: Dreidimensionales Fernsehen
4K	Siehe: UHD-1
8K	siehe: UHD-2
Autostereoskopischer Bildschirm	Bildschirm, bei dem 3D-Bilder ohne spezielle Brillen betrachtet werden können. Dabei kommt Linsenraster-Technologie oder Barriere-Technologie zum Einsatz.
BD	siehe: Blu-ray Disc
Bildauflösung	Angabe der in Zeilen und Spalten angeordneten Bildpunkte eines Vollbildes. Es wird dafür folgende Schreibweise verwendet: Zahl der Bildpunkte pro Zeile x Zahl der Zeilen pro Vollbild. Häufig wird zusätzlich auch die Bildwiederholfrequenz in Hz oder fps [frames per second] angegeben.
Bildformat	Verhältnis der Bildbreite zur Bildhöhe
Bildpunkt	Wird auch als Pixel bezeichnet, abgeleitet vom englischen Begriff Picture Element für Bildelement. Kleinste Einheit digitaler Bilder, die hinsichtlich Helligkeit und Farbe ansteuerbar ist. Bei Flachbildschirmen und Videoprojektoren besteht er typischerweise aus einer Mischung der Grundfarben Rot (R), Grün (G) und Blau (B). Die tatsächliche Größe eines Bildpunktes hängt von der Größe des Bildschirms ab. Die Qualität der Bildwahrnehmung durch den Zuschauer steigt mit der Zahl der Bildpunkte pro Vollbild.

Blu-ray Disc (BD)	Die Blu-ray Disc ist ein optischer Speicher für digitale Medien und stellt eine Weiterentwicklung der DVD dar. Sie dient primär zur Speicherung von Inhalten in hochauflösender Qualität (HD-Qualität).
Breitbildformat	Bildformat beim Fernsehen, bei dem die Bildbreite zur Bildhöhe ein Verhältnis von 16:9 aufweist. Das bisher beim Fernsehen gebräuchliche Bildformat war 4:3 (was 12:9 entspricht). Inzwischen gibt es auch Flachbildschirme mit dem Bildformat 21:9.
Chrominanz	Farbinformation der Bildpunkte (Pixel) eines Fernsehbildes.
Dekoder	Technische Funktionseinheit, die codiert übertragene Signale wieder in die ursprüngliche Form wandelt.
De-Interlacing	Verarbeitungsschritt beim digitalen Fernsehen, bei dem im Fernsehgerät aus den empfangenen Halbbildern wieder Vollbilder generiert werden. Dadurch können störende Artefakte im Bild auftreten.
Descrambling	siehe: Verschlüsselung
Dreidimensionales Fernsehen	Es gelten auch die Bezeichnungen 3DTV und 3D-Fernsehen . Übertragungsverfahren für Fernsehen, mit dem neben der Bildbreite und Bildhöhe auch die Bildtiefe als dritte Dimension dargestellt werden kann.
Entschlüsselung	siehe: Verschlüsselung
Farbraum	Gesamtheit aller Farben, die durch Mischung der Grundfarben Rot (R), Grün (G) und Blau (B) theoretisch erzeugt werden können. Dabei weist jede Grundfarbe einen Bereich für den Farbton und einen Bereich für die Farbsättigung auf.
Halbbilder	Ergebnis der Trennung eines Vollbildes in zwei Anteile, wobei der eine den Bildinhalt der ungeraden Bildzeilen und der andere den Bildinhalt der geraden Bildzeilen aufweist.
H.265	Bezeichnung der ITU (Internationale Fernmeldeunion) für das Videocodierungsverfahren HEVC.

HD	High Definition Videosignale mit einer Bildauflösung von 1280 x 720 bis 1.920 x 1080, bezogen auf das Bildformat 16:9
HDCP	High Bandwidth Digital Content Protection Verfahren zum Schutz digitaler Inhalte mit hoher Auflösung, das unerlaubtes Kopieren von HD-Videos und HDTV-Fernsehsendungen verhindern soll.
HDMI	High Definition Multimedia Interface Diese Schnittstelle für multimediale Signale mit hoher Auflösung ermöglicht die Verbindung zwischen digitalen Geräten der Unterhaltungselektronik, wobei nicht nur die Video- und Audiodaten, sondern auch Kontrolldaten übertragen werden.
HDready	Von der Organisation der europäischen Unterhaltungselektronik-Hersteller DIGITALEUROPE (früher: EICTA) für hochauflösende digitale Wiedergabegeräte, wie Flachbildschirme und Videoprojektoren (Beamer), entwickeltes Logo. Geräte mit dem HDready-Logo gewährleisten, dass sie bestimmte technische Anforderungen erfüllen (z.B. Bildauflösung, Bildformat).
HDready 1080p	Endgeräte mit dem „HDready 1080p“-Logo weisen das Bildformat 16:9 und eine Bildauflösung von 1.920x1.080 auf.
HDTV	High Definition Television Digitales Fernsehen mit hoher Bildauflösung, üblicherweise als hochauflösendes Fernsehen bezeichnet. Die Bildauflösung beträgt mindestens 1280x720, angestrebt wird jedoch 1.920x1080. Bei normal auflösendem Fernsehen SDTV beträgt die Bildauflösung dagegen nur 720x576. Um HDTV empfangen zu können, muss die gesamte Empfangseinrichtung HDTV-tauglich sein und die Verbindungen mit HDMI-Kabeln erfolgen.
HEVC	High Efficiency Video Coding Videocodierungsverfahren mit hoher Effizienz, das gegenüber dem bisher genutzten Verfahren MPEG-4 AVC / H.264 nur noch etwa 50 Prozent der Datenrate aufweist.
iDTV	Integrated Digital Television Digitaler TV-Flachbildschirm mit integriertem(/n) Empfangstuner(n) für DVB-S, DVB-C und/oder DVB-T
Interlaced	Aufnahme und Übertragung von Halbbildern nach dem Zeilensprungverfahren. Beim digitalen Fernsehen werden solche Übertragungsformate mit „i“ gekennzeichnet.

Interleaving

Verfahren zum Schutz digitaler Videosignale gegen Übertragungsfehler. Auf der Sendeseite wird dabei die Reihenfolge der Bits in einem Datenpaket gezielt verändert. Treten bei der Übertragung Störeffekte auf, die mehrere nebeneinander angeordnete Bits betreffen (sog. Burstfehler), dann hat das wegen des Interleavings nur bedingten Einfluss auf die ursprüngliche Bitfolge. Es ergeben sich nämlich für diese dann in der Regel nur Einzelbitfehler, die durch geeignete Fehlerkorrekturverfahren meist problemlos beheben lassen. Dafür muss auf der Empfangsseite zuerst einmal die durch De-Interleaving die ursprüngliche Reihenfolge der Bits wieder gewonnen werden. Dies wird durch Pufferspeicher realisiert, was stets eine gewisse zeitliche Verzögerung beim Empfang bewirkt.

Luminanz

Helligkeitsinformation der Bildpunkte (Pixel) eines Fernsehbildes.

MPEG**Moving Picture Experts Group**

Weltweite Standardisierungsgruppe, die Standards zur Audio- und Videocodierung durch Datenreduktion definiert. Die Standards werden international auch mit dem Kürzel MPEGxx bezeichnet. MPEG-2 findet heute weltweit in nahezu allen digitalen Fernsehsystemen Anwendung. Die Weiterentwicklung MPEG-4 bietet eine noch höhere Datenreduktion und wird vorrangig bei HDTV verwendet.

OLED**Organic Light Emitting Diode**

Diese Variante der Leuchtdiode wird besonders für Bildschirme in Fernsehern, Computern und mobilen Telekommunikationsgeräten verwendet. Gegenüber herkömmlichen Flüssigkristallbildschirmen (LCD) verfügen OLED-Bildschirme über viel höheren Kontrast, benötigen wesentlich weniger Energie und haben eine geringere Reaktionszeit.

Parallaxe

Phänomen der angeblichen Änderung der Position eines Objekts, wenn es einmal mit dem linken Auge betrachtet wird und danach mit dem rechten Augen. Kann bei bewegten Bildern die Abstände zwischen Vordergrund und Hintergrund verändern.

Pixel

siehe: Bildpunkt

Plasma-Flachbildschirm

Bei Plasma-Flachbildschirmen wird verschiedenfarbiges Licht mit Leuchtstoffen erzeugt, die durch von Gasentladungen erzeugtes Plasma angeregt werden. Diese Bildschirme kommen vor allem bei großen Geräten ab 37 Zoll Bildschirmdiagonale zum Einsatz.

Polarisationsbrille	<p>Wird auch als Polfilterbrille bezeichnet.</p> <p>Dient zur Wahrnehmung von 3D-Bildern, bei denen beide Teilbilder mit unterschiedlich polarisiertem Licht wieder gegeben werden.</p> <p>Die Polarisation der Brillengläser stellt sicher, dass jedes Auge nur das ihm zugeordnete Teilbild sieht.</p>
Polfilterbrille	<p>siehe: Polarisationsbrille</p>
Progressiv	<p>Aufnahme und Übertragung von Vollbildern in fortlaufender Folge.</p> <p>Beim digitalen Fernsehen werden solche Übertragungsformate mit „p“ gekennzeichnet.</p>
Scrambling	<p>siehe: Verschlüsselung</p>
SDTV	<p>Standard Definition Television</p> <p>Digitales Fernsehen in normaler Bildauflösung. Der Wert beträgt 720 x 576 und ist auf das Bildformat 4:3 bezogen. Gesendet werden 25 Vollbilder oder 50 Halbbilder pro Sekunde. SDTV ist mit der Bildqualität des bisherigen analogen Fernsehens vergleichbar.</p>
Shutterbrille	<p>Dient zur Wahrnehmung zeitlich gestaffelt übertragener Teilbilder.</p> <p>Durch elektronische Steuerung wird sichergestellt, dass jedes Auge nur das ihm zugeordnete Teilbild sieht.</p>
Stereobild	<p>Bildpaar, bestehend aus zwei Teilbildern, die jeweils für das linke und rechte Auge bestimmt sind. Diese können gleichzeitig nebeneinander oder übereinander angeordnet werden, aber auch zeitlich gestaffelt.</p>
Stereoskopie	<p>Grundlage für räumliche Aufnahme und Wiedergabe von Bildern mittels zweier Teilbilder, welche die Perspektive repräsentieren.</p>
Sweet Spot	<p>Bezeichnet bei einem autostereoskopischen Display den Bereich, in dem man das dreidimensionale Bild optimal sehen kann.</p>
Teilbilder	<p>Ergebnis der Trennung eines Vollbildes in zwei Anteile, wobei der eine für das rechte Auge und der andere für das linke Auge bestimmt ist.</p>
Tiefenschärfe	<p>Kennzeichnet bei 3D-Bildern bis zu welcher Bildtiefe die Darstellung vom Betrachter noch als scharf wahrgenommen wird.</p>

UHD	siehe: Ultra HD
UHD-1	Von der ITU gewählte Bezeichnung für Ultra HD-Signale mit einer Bildauflösung von 3.840x2.160. Es wird auch die Bezeichnung 4K verwendet.
UHD-2	Von der ITU gewählte Bezeichnung für Ultra HD-Signale mit einer Bildauflösung von 7.680x4.320. Es wird auch die Bezeichnung 8K verwendet.
UHDTV	siehe: Ultra HD
Ultra HD	Ultra High Definition Es werden auch die Bezeichnungen UHD und UHDTV verwendet. Videosignale mit einer gegenüber HDTV vervielfachten Bildauflösung. Im ersten Schritt handelt es sich um 3.840x2.160, später sind 7.680x4.320 vorgesehen. Es handelt sich somit um den vierfachen bzw. achtfachen Wert der HDTV-Bildauflösung (1.920x1080). Weitere Änderungen technischer Parameter, wie zum Beispiel eine höhere Bildwiederholfrequenz, tragen zusätzlich zu einem deutlich realistischeren und brillanteren Bilderlebnis bei.
Verschlüsselung	Scrambling Beim digitalen Fernsehen bei der Übertragung verwendete Form des Signalschutzes, realisiert durch Veränderung der Bitfolge im Datenstrom nach einem vorgegebenen Algorithmus. Um das so übertragene Signal wiedergeben zu können, muss die Verschlüsselung auf der Empfangsseite durch Entschlüsselung [Descrambling] rückgängig gemacht werden.
Vollbilder	siehe Zeilensprungverfahren
Zeilensprungverfahren	Verfahren der Fernsehtechnik, um bei Aufzeichnung und Übertragung von TV-Bildern das Bildflimmern zu verringern. Dabei werden die Vollbilder in zwei Halbbilder aufgeteilt übertragen und im TV-Gerät durch Verschachtelung wieder zum Vollbild zusammengesetzt.

5. Anhänge

Anhang 1: Ergänzungen zu Kapitel 2.2 3DTV

Wichtige Kriterien für jedes Fernsehbild sind sein Format und seine Auflösung. Das Bildformat beschreibt das Verhältnis der Bildbreite zur Bildhöhe und beträgt beim digitalen Fernsehen 16:9, was auch als Breitbild [wide screen] bezeichnet wird. Übliche Fernsehbilder weisen somit nur zwei Dimensionen auf. Das entspricht allerdings nicht dem natürlichen Sehen, das bekanntlich auch durch die Bildtiefe als dritte Dimension bestimmt ist. Um diesen natürlichen Bildeindruck auch beim digitalen Fernsehen zu erreichen, ist es jedoch nicht möglich, für die Bildtiefe lediglich eine zusätzliche Information zu übertragen. Das ist durch das Konzept des menschlichen Sehens erklärbar. Durch den Abstand der Augen voneinander, der etwa 65 mm beträgt, ergeben sich beim natürlichen Sehen für beide Augen leicht unterschiedliche Bildinformationen auf der jeweiligen Netzhaut. Dies lässt sich einfach nachvollziehen, wenn man wechselweise ein Auge abdeckt. Auf der Netzhaut handelt es sich allerdings auch nur um zweidimensionale Bildinformationen. Diese werden über die Sehnerven dem Gehirn zugeführt und dort verarbeitet. Wegen des leichten Versatzes der beiden von den Augen wahrgenommenen Bildeindrücke ergibt sich erst das dreidimensionale Bild.

Physikalisch stellt das dreidimensionale Sehen einen Fall von Stereoskopie dar, also der Bildbetrachtung über zwei räumlich versetzte Kanäle, was zu einem linken und einem rechten Teilbild führt. Als Vergleich sei die Stereofonie im Audibereich angeführt, bei der vom Schallereignis die rechte und linke Seite als separate Kanäle übertragen werden. Die Wiedergabe erfolgt dann über zwei Lautsprecher, die einen bestimmten Abstand zueinander aufweisen. Für jedes Ohr bewirkt das einen anderen Schalleindruck und führt dadurch über das Gehirn zu dem gewünschten räumlichen Klangerlebnis. Sollen nun Fernsehbilder für den Zuschauer dreidimensional erscheinen, dann müssen also den beiden Augen entsprechende gegeneinander versetzte zweidimensionale Bilder angeboten werden. Es gibt unterschiedliche Konzepte für die Darstellung und Betrachtung dieser linken und rechten Teilbilder, die im Ergebnis zum dreidimensionalen Fernsehen (3DTV) führen.

Beim Anaglyphen-Verfahren werden die beiden stereoskopischen Teilbilder unterschiedlich eingefärbt (z. B. rot und grün) und übereinander angeordnet dargestellt. Zur Trennung der Einzelbilder werden 3D-Brillen mit Farbfiltern benötigt. Typisch sind Rot-Filter vor dem rechten und Grün-Filter vor dem linken Auge. Das Rot-Filter unterdrückt dabei das rot eingefärbte Teilbild und das grün eingefärbte Teilbild wird vom rechten Auge in schwarz wahrgenommen. Das Grün-Filter unterdrückt dagegen das grün eingefärbte Teilbild, wobei das rot eingefärbte Teilbild nun in schwarz vom linken Auge wahrgenommen wird. Damit sehen beide Augen unterschiedliche Bilder, so dass im Gehirn das räumliche Bild entstehen kann. Das Anaglyphen-Verfahren erfordert wenig Aufwand und wurde schon vor Jahren bei gedruckten Vorlagen mit guten Ergebnissen eingesetzt. Für die beim Fernsehen vorliegenden Bewegtbilder in Farbe ist es dagegen nur begrenzt geeignet. Deshalb spielt es für 3DTV keine Rolle.

Die Darstellung der stereoskopischen Teilbilder kann auch mit polarisiertem Licht erfolgen. Bei der typischen linearen Polarisation erfolgen die Lichtschwingungen in horizontaler (waagerechter) Richtung für das eine Teilbild und in vertikaler (senkrechter) Richtung für das andere Teilbild, bilden also ein orthogonales System. Diese unter-

schiedlich polarisierten Teilbilder werden übereinanderliegend dargestellt. Für die Betrachtung ist nun eine 3D-Brille mit Polarisationsfiltern erforderlich, wobei das eine horizontal und das andere vertikal polarisiert sein muss. Dadurch nimmt jedes Auge nur das für es bestimmte Teilbild wahr und ermöglicht dem Gehirn das dreidimensionale Bild aufzubauen.

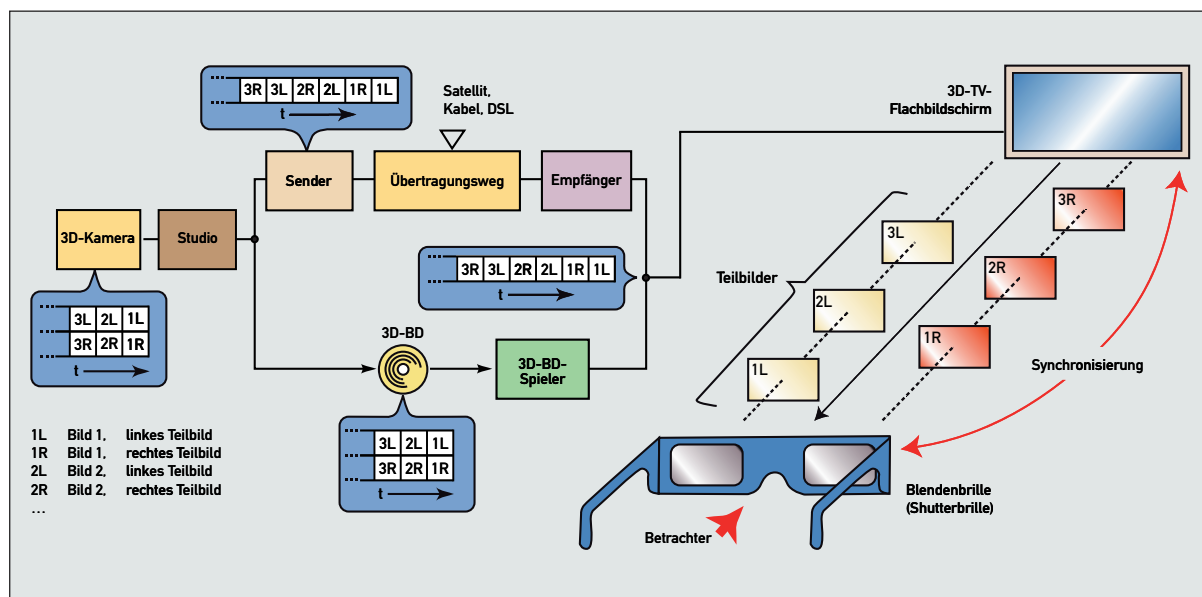
Bei dem Verfahren mit Polarisationsfilter-Brillen besteht stets das Problem der gleichmäßigen Polarisation über die gesamte Bildfläche und der Verzerrungen bei unterschiedlichen Betrachtungswinkeln. Bei 3DTV wird deshalb für die meisten Anwendungen das Konzept mit sogenannten Shutter-Brillen verwendet. Die Übertragung der beiden Teilbilder erfolgt dabei nacheinander im Wechsel. Es gilt:

$$1IA \ 1rA \ 2IA \ 2rA \ 3IA \ 3rA \ \dots \dots \ (n-1)IA \ (n-1)rA \ nIA \ nrA$$

IA = linkes Auge / rA = rechtes Auge / 1 ... n = Bildnummern

Die auch als Blenden-Brille bezeichnete Shutter-Brille sorgt nun dafür, dass jedes Auge nur das für ihn bestimmte Teilbild sehen kann. Dieses geschieht durch Dunkelsteuerung des rechten bzw. linken Brillenglases im Rhythmus der Bildfolgefrequenz. Die Synchronisation der Shutter-Brille mit dem Empfangsgerät bzw. Wiedergabegerät erfolgt entweder über Kabelverbindung, drahtlos über Infrarotsignale oder Funk.

Im Gegensatz zu Farbfilter-Brillen und den Polarisationsfilter-Brillen handelt es sich bei den Shutter-Brillen um ein aktives System. Die Realisierung erfolgt in der Regel mit Flüssigkristall-Flächen, die in ihrer Funktion LCD [liquid crystal display]-Flachbildschirmen vergleichbar sind.



Schematische Darstellung der Übermittlung von 3D-Bildern zum Konsumenten im Vergleich zwischen TV-Übertragung und Blu-ray Disc

Die Übertragung von 3DTV über Satellit, Kabel und DSL (IPTV) erfolgt in der Weise, dass die vorhandenen HDTV-Empfangseinrichtungen ohne Änderungen verwendbar sind, es ist allerdings eine für 3D geeignete Wiedergabeeinrichtung erforderlich. Da bei 3DTV bekanntlich zwei stereoskopische Teilbilder zu übertragen sind, diese aber in den verfügbaren Übertragungsrahmen von HDTV passen müssen, ergibt sich eine Reduzierung der horizontalen oder vertikalen Bildauflösung um 50 Prozent. Dies führt zwar zu einer guten 3D-Darstellung, jedoch mit verringerter Bildqualität. Anders sieht die Situation bei den auf der BD [blu-ray disc], dem Nachfolger der bewährten DVD, gespeicherten HD-Inhalten aus. Hier bleibt die volle Auflösung für jedes 3D-TV-Teilbild erhalten.

Die Wiedergabe von 3D-TV kann über für 3D-geeignete Flachbildschirme [flat screen] in LCD- oder Plasmatechnologie erfolgen, aber auch über entsprechende Videoprojektoren [beamer]. Während beim zweidimensionalen (2D) digitalen Fernsehen 50 Vollbilder pro Sekunde übertragen werden, sind bei 3DTV zu übertragende Teilbilder von Bedeutung. Die Wiedergabeeinheit muss deshalb mindestens 100 Teilbilder pro Sekunde mit voller Auflösung wiedergeben können. Sonst ist eine ruckelfreie Wiedergabe von Filmen nicht möglich. Als optimale Lösung wird eine Teilbildfrequenz von 120 Hz angestrebt, also 120 Teilbilder pro Sekunde, was jeweils 60 Vollbilder pro Sekunde bedeutet. Dies wird von den Geräteherstellern auch unter dem Begriff „Full HD 3D“ vermarktet, weil dabei die Leistungsmerkmale von 1080p zur Verfügung stehen. Dies lässt sich zwar nicht bei 3DTV-Übertragungen nutzen, aber bei der BD als Signalquelle, weil diese über ausreichende Speicherkapazität verfügt.

Bei der BD wird nach folgendem Konzept gearbeitet:

- Aufnahme der stereoskopischen Teilbilder
- Parallele Abspeicherung dieser Teilbilder auf der BD
- Ausgabe der Teilbilder an das Wiedergabegerät (Flachbildschirm oder Videoprojektor) nacheinander im Wechsel zwischen den Bildern für das linke und das rechte Auge.

Damit ist die derzeit bestmögliche Qualität der 3D-Darstellung erreichbar. Dies wäre grundsätzlich auch für 3DTV-Übertragungen realisierbar, würde allerdings neue Empfänger erforderlich machen.

Für die Darstellung des dreidimensionalen Fernsehens muss in jedem Fall ein 3DTV-fähiger Flachbildschirm oder Videoprojektor (inkl. geeigneter Projektionsleinwand) zur Verfügung stehen, der mindestens 100 Teilbilder pro Sekunde darstellen kann. Werden bei Geräten größere Werte angegeben, dann handelt es sich bei den zusätzlichen Bildern um solche, die durch Interpolation rechnergestützt ermittelt werden, also keine originären Bilder von der Quelle sind.

Für die Betrachtung von 3D-Bildern ist eine Shutter-Brille erforderlich und zwar bei jedem Zuschauer. Die im Markt erhältlichen Typen sind dabei in der Regel nur für bestimmte Typen von Flachbildschirmen bzw. Videoprojektoren verwendbar. Kompatibilität besteht also (noch) nicht. Wie beim „normalen Fernsehen“ können auch bei 3D-TV mehrere Zuschauer gleichzeitig das Bild betrachten.

Abschließend sei noch auf die Entwicklung autostereoskopischer Bildschirme hingewiesen. Bei diesen sind für die 3D-Betrachtung keine speziellen Brillen erforderlich, weil nun die erforderlichen Filter in die Bildschirmoberfläche integriert sind. Bei diesem Lösungsansatz müssen bisher allerdings bestimmte Positionen vor dem Bildschirm eingehalten werden, außerdem kann nur eine begrenzte Zahl von Zuschauern das Bild gleichzeitig betrachten. Mit autostereoskopischer Bilddarstellung wird das dreidimensionale Fernsehen mehr Akzeptanz bei den Nutzern hervorrufen.

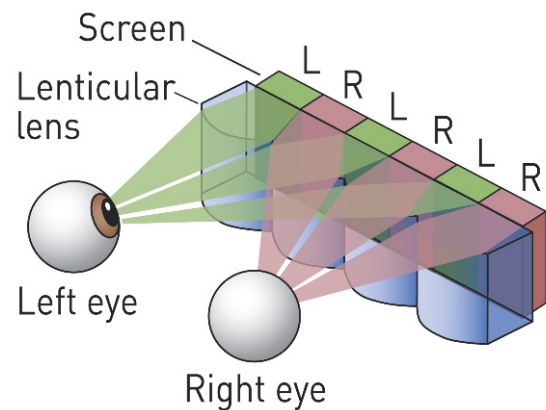
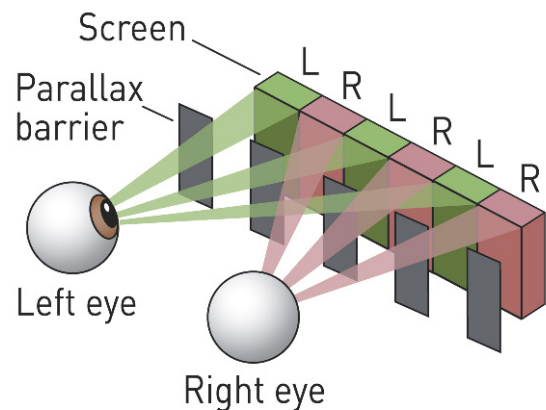
Anhang 2: Ergänzungen zu Kapitel 2.2.3 Autostereoskopische Displays

Beim Barrier-Type Display werden mechanische oder elektronische LCD Streifenraster vor das Display montiert, die jeweils den Blick auf die Pixel des Displays so verdecken, dass beide Augen unterschiedliche Pixel des Displays sehen und damit unterschiedliche Informationen für beide Augen sichtbar sind.

Beim Lentikularlinsen Display wird ein Linsensystem vor das Panel des Displays montiert, mit dem das Licht pro Bildelement abhängig vom der Pixelposition in unterschiedlichen Winkeln abgestrahlt wird.

Beide Augen sehen also unterschiedliche Pixelbereiche des Displays, die für die Informationen für das linke und rechte Auge genutzt werden können.

Funktionsweisen von Barrier-Type und Lentikularlinsen Display



Die folgende Tabelle (Stand April 2013) zeigt die wichtigsten autostereoskopischen 3D-Display-Hersteller weltweit.

3ality	Israel / USA	Manufacturer of auto-stereoscopic 3D Display Technology
3D Fusion Corp.	USA	3D-Display and system manufacturer
3D International	Malaysia / Germany	Glasses-free 3D Hardware, software and content provisioning solutions.
3DVIZION	Philippines	3D Display Systems
3M	USA	Manufacturer of 3D foils for auto-stereoscopic displays
ACX	USA	Auto-stereoscopic displays for consumer
Alioscopy	France	Auto-stereoscopic 3D technology provider (displays, services, software)
DataDisplayGroup	Germany	Manufacturer/distributor of AS3D displays
Dimenco Displays	Niederlande	End-to-end 3D auto-stereoscopic solutions, including displays, components, software, content conversion and consultancy
emotion3D	Austria	Displays, 3D-MV software and services for Professionals and Endcustomers
exceptional 3D	USA	Premium 3D digital signage, no-glasses 3D solutions and auto-stereoscopic 3D creative services

iPont	Hungaria	3D digital signage and entertainment
Magnetic 3D	USA	Auto-stereoscopic 3D technology provider (global-leader in auto-stereoscopic 3D displays and 3D digital signage solutions)
Philips	Netherland	Manufacturer of diplays
SeeCubic	Netherland	R&D on auto-stereoscopic systems and software
SeeFront GmbH	Germany	Auto-stereoscopic display solutions, unique technology
Simtech 3D	Australia	Auto-stereoscopic 3D visualisation technology
Sony	Japan	46", 24" auto-stereoscopic 3D-display (46" 4K based)
Toshiba	Japan	Auto-stereoscopic 3D display for consumer
TRIDELITY AG	Germany	Display manufacturer
Zero Creative	Netherland	3D visualisation

Anhang 3: Ergänzungen zu Kapitel 2.4 Ultra HD

In der **Rec. ITU-R BT.1201-1** werden höhere Auflösungen jenseits der HD-Auflösung 1.920x1.080 Pixel als zukünftiges Bildsystem für die unterschiedlichsten Bereiche wie Computer-Grafik, Industrie, Gesundheitswesen, des Bildungswesen und des Fernsehens erwähnt und als EHRI (Extremely high resolution imagery) bezeichnet. Dabei werden noch keine expliziten Auflösungen spezifiziert. Es ist jedoch festgelegt, dass die Pixel bei der Bilderfassung und der Wiedergabe Geräte quadratisch sein sollen, also das Seitenverhältnis 1:1 aufweisen. Außerdem soll die spatiale Auflösung einen vielfachen Wert der horizontalen Auflösung von 1.920 Pixeln sowie der vertikalen Auflösung von 1.080 Pixeln (basierend auf der Rec. ITU-R BT.709) annehmen.

In der **Rec. ITU-R BT.1769** werden zwei Bildsysteme als Nachfolger der HD-Auflösung 1.920x1.080 Pixel festgelegt. Diese sind der Familie der LSDI-Systeme (large screen digital imagery) zugehörig. Der Begriff LSDI wird hierbei folgendermaßen definiert:

„LSDI is a family of digital imagery systems applicable to programmes such as dramas, plays, sporting events, concerts, cultural events, etc., from capture to large screen presentation in high-resolution quality in appropriately equipped theatres, halls, and other venues.“

Die Working Party 6C definiert folgende LSDI-Systeme:

- 3.840x2.160- LSDI-System
- 7.680x4.340- LSDI-System

Die Pixel sind quadratisch, weisen also das Seitenverhältnis 1:1 auf. Als mögliche Abtastverhältnisse werden 4:2:0, 4:2:2 und 4:4:4 angegeben. Die Bildwiederholfrequenz (Frame Rate) kann die Werte 24, 24/1.001, 25, 30, 30/1.001, 50, 60 und 60/1.001 (in Hz) annehmen. Des Weiteren sind ausschließlich eine progressive Abtastung des gesamten Bildes sowie eine Bittiefe von 10 bzw. 12 bit/Pixel vorgesehen. Bei der Farbmatrik wird

auf die Rec. ITU-R BT. 1361 („Worldwide unified colorimetry and related characteristics of future television and imaging systems“) verwiesen.

Zur Betrachtung der Auflösung 3.840x2.160 Pixel ist ein Betrachtungsabstand von der 1,5fachen Höhe des Bildwiedergabegerätes sowie ein Betrachtungswinkel von 58° angegeben. Bei einer Auflösung von 7.680x4.320 Pixel soll der Betrachtungsabstand der 0,75fachen Höhe des Bildwiedergabegerätes und der Betrachtungswinkel von 96° gelten.

Die **Rec. ITU-R BT.2020** verwendet erstmalig den Begriff Ultra-High Definition Television für die beiden LSDI-Systeme 3.840x2.160 Pixel und 7.680x4.320 Pixel. Dabei werden nochmals die zuvor beschriebenen Parameter dargelegt. Ein Wert von 120 Hz ergänzt nun noch die Bildwiederholfrequenzen. Des Weiteren werden erstmalig Parameter für die Farbmatrik definiert.

„Ultra-high definition television (UHDTV) will provide viewers with an enhanced visual experience primarily by having a wide field of view both horizontally and vertically with appropriate screen sizes relevant to usage at home and in public places. UHDTV applications require system parameters that go beyond the levels of HDTV. This Recommendation specifies UHDTV image system parameters for production and international programm exchange.“

**Parameter der Farbmatrik
Ultra High Definition**

In nebenstehender Tabelle sind die Koordinaten der Primärvalenzen Rot (R), Grün (G) und Blau (B) sowie das Referenz-Weiß (D65) im Farbraum nach CIE 1931 angegeben.

System colorimetry			
Parameter	Values		
Opto-electronic transfer characteristics before non-linear pre-correction	Assumed linear ⁽¹⁾		
Primary colours and reference white ⁽²⁾	Chromaticity coordinates (CIE, 1931)	x	y
	Red primary (R)	0,708	0,292
	Green primary (G)	0,170	0,797
	Blue primary (B)	0,131	0,046
	Reference white [D65]	0,3127	0,3290
⁽¹⁾ Picture information can be linearly indicated by the tristimulus values of RGB in the range of 0-1. ⁽²⁾ The colorimetric values of the picture information can be determined based on the reference RGB primaries and the reference white.			

Das Dokument SMPTE 2036-2-2008 (vom „Technology Committee A29“) beschreibt die Eigenschaften des verwendeten Tons für UHDTV in der Produktion und Distribution.

Hier wird AES3-2003 als digitaler Audiostandard und ein 22.2 (Multichannel) Audiosystem mit drei vertikalen Lautsprecherebenen (Top layer, Middle layer, Bottom layer) definiert. Dieses System besitzt dementsprechend 22 Kanäle (full-bandwidth) sowie zwei LFE-Kanäle. Des Weiteren soll der Ton folgende Parameter unterstützen:

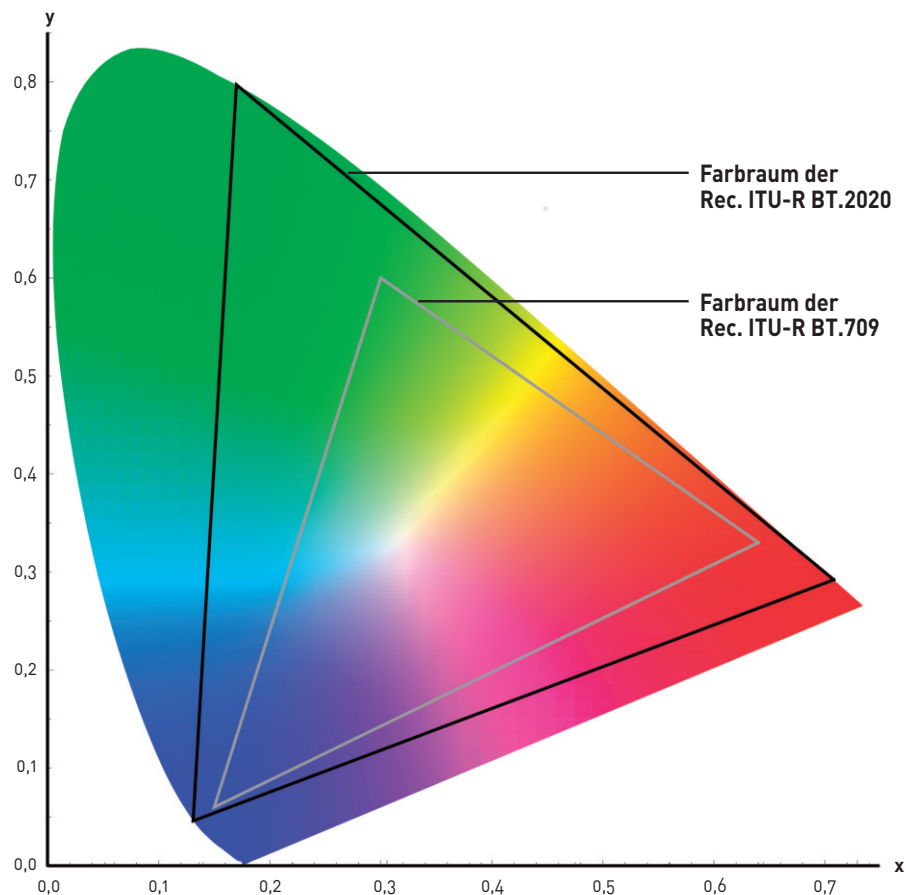
- Abtastfrequenz [kHz]: 48 , 96 (synchron zum Video)
- Bittiefe [Bits/Abtastwert]: 16, 20, 24
- Anzahl der Kanäle: 24 (full-bandwidth)

xy Chromaticity Chart for Rec. 2020 and Rec. 709

UHDTV vs HDTV
Color Gamuts

Farbräume im Vergleich

Die nebenstehende Abbildung zeigt den Farbraum nach CIE 1931 sowie die Farbräume der Rec. ITU-R BT.709 (inneres Farbdreieck) für HDTV im Vergleich mit der Rec. ITU-R BT.2020 für UHDTV (äußeres Farbdreieck).



Der dritte Teil der SMPTE ST 2036 Familie (SMPTE ST 2036-3:2012 vom „Technology Committee 32NF“) definiert das Mapping der UHDTV 1/2 Video Payload in ein Single-link, Dual-link, Quad-link oder Octa-link 10G-SDI Mode-D-Signal (definiert in SMPTE ST 435-2). Des Weiteren werden das Mapping von ANC-Daten, Audio-Daten, Payload-ID sowie anderen zusätzlichen Daten (definiert in SMPTE ST 291) beschrieben. Als Multiplexverfahren in einer Single-Mode Faser (fiber) stehen WDM (Wavelength Division Multiplexing) oder DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) zur Verfügung.

Zu Beginn werden nochmals die Begriffe UHDTV1 sowie UHDTV2, welche eine Auflösung von 3.840x2.160 Pixel respektive 7.680x4.320 Pixel besitzen, definiert. Zusätzlich wird der Begriff „Basic Stream“ erläutert. Dieser ist ein paralleler 10-bit-Strom und besitzt die gleiche Struktur wie der Quelldatenstrom (definiert in SMPTE ST 292-1). Er enthält die Bildstruktur, welche in den Daten des Quellformats definiert ist, und wird mit einem 1.5 Gb/s SDI-Signal übertragen. Dabei werden die Bilder der beiden Systeme UHDTV 1/2 in vier bzw. 16 Teilbilder durch eine „two sample interleave division“ abgebildet. Jedes Teilbild hat eine Auflösung von 1.920x1.080 Pixel. Nun werden die einzelnen Teilbilder in die 1.5 Gb/s-„Basic Streams“ verpackt, um diese dann mittels eines Single-link, Dual-Link, Quad-link oder Octa-link 10G-SDI-Mode D- Signals zu übertragen (siehe Abbildung Seite 51).

Im Folgenden wird ausschließlich auf das Mapping von UHDTV 1 in ein 10G-SDI-Mode D- Signal eingegangen. UHDTV 1-Bilder mit einer Bildwiederholfrequenz von 24, 24/1.001, 25, 30 oder 30/1.001 Hz werden in vier

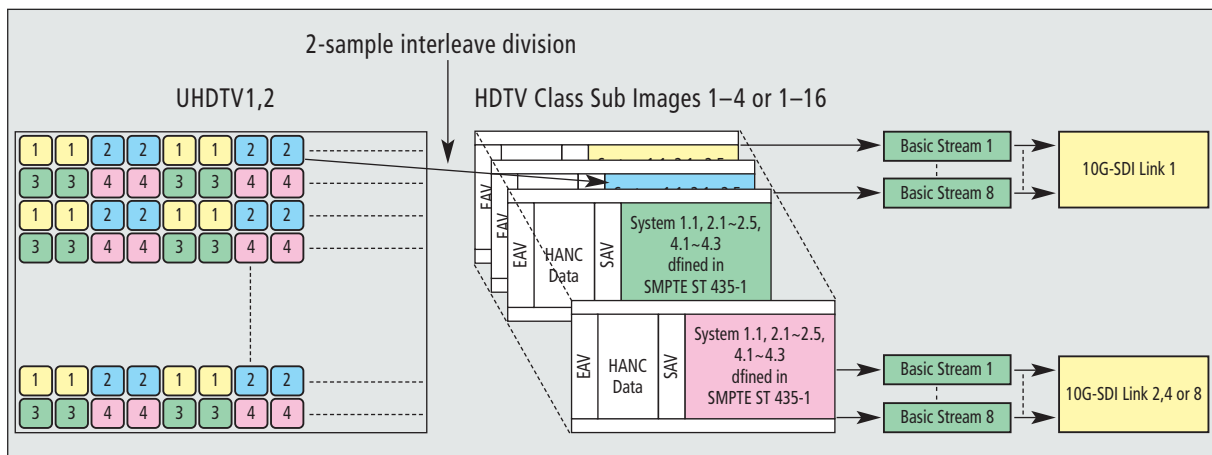


Abbildung: Übersicht UHDTV 1/2 Mapping

Teilbilder geteilt. Danach stehen diese für vier single- oder dual-link -„Basic Streams“ bereit, um letztlich in einem Single-link 10G- SDI- Mode D- Signal übertragen zu werden. Die vier Teilbilder bei UHDTV 1 mit einer Bildwiederholffrequenz von 50, 60 oder 60/1.001 Hz werden dagegen in dual- oder quad-link- „Basic Streams“ abgebildet. Danach können diese in einem Dual-link 10G- SDI -Mode D- Signal übertragen werden.

ANC-Daten („Ancillary data“) sollen ausschließlich in dem „Basic Stream Channel 1“ gespeichert werden. Dies gilt sowohl für Single-link als auch für Dual-link 10G- SDI- Signal-übertragungen. Audio Daten sollen in der horizontalen Austastlücke des „Basic Streams Channel 1“ gespeichert werden. Die maximale Kanalanzahl bei einem Dual-link 10G- SDI -Mode D- Signal liegt bei 32 Kanälen mit einer Abtastfrequenz von 48 kHz oder 16 Kanälen mit 96 kHz. Die Payload-ID soll in den Austastlücken eines jeden „Basic Streams“ gespeichert werden.

Anhang 4: Ergänzungen zu Kapitel 3.1.2 Film-Produktion für Ultra HD

Die Kameras, die in der 4K-Produktion für Digital Cinema verwendet werden und potenziell bei UHD-1-TV-Produktionen zum Einsatz kommen könnten, sind in der nachfolgenden Tabelle „4K-Filmkameras“ zusammengefasst.

Die Gemeinsamkeiten der in der Tabelle aufgeführten verfügbaren 4K-Kameras sind:

- Verwendung eines großformatigen „Bayer Pattern“ CMOS-Sensors, echte 4K-Auflösung wird nur für den grünen Farbauszug erreicht. Blau und Rot haben eine in beiden örtlichen Dimensionen halbierte Auflösung. Das Ausgabesignal wird dabei nach einem „De-bayering“-Prozess auf 4K-Auflösung für alle drei Farbauszüge hochinterpoliert.
- Aus dem großformatigen Sensor resultiert eine typischerweise geringe Tiefenschärfe, diese resultiert in hohen Anforderungen an die Präzision der Fokussierung während der Aufnahme, auch vor dem Hintergrund, dass typischerweise nur relativ kleine Aufnahmemonitore zur Verfügung stehen.
- Für alle Kameras (außer der Sony F55 und der JVC GY-HMQ10) ist kein unkomprimierter UHD-1-Ausgang verfügbar. Alle Kameras zeichnen entweder komprimiert (z.B. in ProRes) oder in einem proprietären RAW-Format auf. Lediglich für die Sony F55 ist neuerdings ein 4 x 3G-SDI Echtzeit-Interface verfügbar.

Hinweis: Folgende Tabelle (Stand April 2013) erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit:

Hrst.	Modell	Veröff.	Sensor	max. Aufl.	max. FPS [Hz] bei 4K	Komprimierung	Aufnahme Medium
Canon	EOS C500 / C500 PL	Okt. 2012	Super 35mm (CMOS/8.85 Mpix.)	4.096x2.160	60	bis zu CBR 422P@HL HD (50 Mbit/s)	Dual CF Cards 4K RAW (nur mit externem Recorder)
For-A	FT-One	Sept. 2012	Super 35mm (CMOS/8.8 Mpix.)	4.096x2.160	900 (Super-SlowMotion)	-	SSD Cartridges
GoPro	Hero3 Black Edition (Protune firmware)	Dez. 2012	CMOS/12 Mpix.	4.096x2.160	12	H.264/MP4 (max. 45 Mbit/s)	MicroSD card (class 10+)
JVC	GY-HMQ10	Apr. 2012	1/2.3 Zoll (CMOS/8.3 Mpix.)	3.840x2.160	60	VBR H.264/MP4 four stream recording (144 Mbit/s 36 Mbit/s pro Stream/Card)	SDHC/SDXC card Die Quad-HDMI-Ausgänge können als Live-Ausgänge genutzt werden.
Red	Scarlet	Nov. 2011	Super 35 mm (CMOS/13.8 Mpix.)	5.120x2.700	30	Redcode RAW (compression ratio zw. 18:1 und 3:1)	Redmag 1.8 Zoll SSD
Red	Epic	Sept. 2011	Super 35mm (CMOS/13.8 Mpix.)	5.120x2.700	150	Redcode RAW (compression ratio zw. 18:1 und 3:1)	Redmag 1.8 Zoll SSD
Sony	PMW-F5	Feb. 2013	Super 35mm (CMOS/11.6 Mpix.)	4.096x2.160	60/1.001	XDCAM 4:2:2 (50 Mbit/s); SR 4:2:2 (220 Mbit/s); bis zu 4K XAVC 4:2:2 (600 Mbit/s)	SxS Pro+ (intern); AXSM card
Sony	PMW-F55	Feb. 2013	Super 35mm (CMOS/11.6 Mpix.)	4.096x2.160	60	XDCAM 4:2:2 (50 Mbit/s); SR 4:2:2 (220 Mbit/s); bis zu 4K XAVC 4:2:2 (600 Mbit/s)	SxS Pro+ (intern); AXSM card Live-Output-Option verfügbar!
Sony	PMW-F65	Jan. 2012	Super 35mm (CMOS/20 Mpix.)	4.096x2.160	60	12 bit SR Codec (220 Mbit/s bis 880 Mbit/s)	SRMemory Card
Vision Research	Phantom 65 Gold	Apr. 2006	65mm (CMOS/ 10Mpix.)	4.096x2.440	150	-	RAM oder CineMag (intern)
Black-magic	Production Camera 4K	Angek. April 2013	21.12 mm x 11.88 mm (Super 35)	3.840x2.160	30	880 Mbps Apple ProRes 422	Removable 2.5" SSD

Anhang 5: Ergänzungen zu Kapitel 3.1.3 Live-Produktion für Ultra HD

Im Folgenden werden sowohl der Ablauf der ersten Ultra HD-Testproduktionen von Sky Deutschland (mit Postproduktion) am 1. Dezember 2012 als auch die Präsentation („Auspielung“) der entsprechenden Trailer technisch beschrieben. Des Weiteren sind die gesammelten Erkenntnisse der Tests aufgeführt.

Die Testproduktion

Die erste Testproduktion fand in der Allianz Arena (München) während des Topspiels in der Bundesliga zwischen dem FC Bayern München und Borussia Dortmund am 1. Dezember 2012 statt. Sky und die Kropac Media GmbH stellten dabei das folgende Team, welches die Aufnahmen sowie die Postproduktion durchführte, zusammen:

- Regisseur/Kameramann (Kropac Media GmbH)
- Focus Puller (Kropac Media GmbH)
- Materialassistent/Tonassistent (Kropac Media GmbH)
- professioneller Fußball Kamera-Schwenker (Sky)
- Materialassistent für das Wechseln der Speicherkarten und Sicherung der Aufnahmen (Kropac Media GmbH)
- Postproduktionsteam bestehend aus zwei Mitarbeitern (Sky/Kropac Media GmbH)

Die Testaufnahmen wurden mit der Sony F65 Cinealta 4K Kamera durchgeführt. Diese zeichnete mit einer Auflösung von 4.096x2.160 (4K) Pixel im Sony F65 RAW Lite Format auf. Die verwendete Framerate lag bei 50 Bildern/Sekunde (testweise auch 25 Bilder/Sekunde). Zudem wurden einige Aufnahmen mit 100 Bildern/Sekunde (zum Einsatz von Slow-Motion) gedreht. Zur Speicherung des gesamten Materials dienten zehn SRMemory Cards (jeweils 512 GB), welche ein Assistent während der Aufzeichnung des Spiels regelmäßig wechselte. Die Speicherkarten wurden zudem mittels eines SR-D1 Kartenlesegerätes eingelesen und die Aufnahmen anschließend über einen Apple MacBook Pro auf einem externen Thunderbolt RAID (8TB) gesichert.

Neben diversen Objektiven kam teilweise ein Easy Focus Schärfesystem zum Einsatz. Dies diente der Abstandsmessung zwischen der Kamera und dem gewünschten Objekt zur automatischen Einstellung der entsprechenden Schärfe. In einigen Fällen stellte ein Focus Puller die Schärfe jedoch manuell ein.

Während des Fußballspiels wurden relativ kleine Blendenzahlen (1.3 bis 4) verwendet, da dunkle Lichtverhältnisse aufgrund des Anstoßes um 17.30 Uhr herrschten. Eine Blendenzahl von 1.3 kam hierbei nur bei den Aufnahmen mit 100 Bildern/Sekunde zum Einsatz.

Für die Aufnahmen wurden folgende Standorte verwendet:

- Sky Hauptgebäude (Eingang außen)
- Allianz Arena (außen)
- Allianz Arena (innen/bei drei verschiedenen Positionen)

In der Allianz Arena wurden vor dem Spiel zunächst Aufnahmen am Spielfeldrand durchgeführt. Hier stand die Aufnahme des Sky-Moderators Sebastian Hellmann im Mittelpunkt, der die Anmoderation für den Trailer durch-

führte. Des Weiteren wurden die Fanblöcke sowie einzelne Spieler bei der Vorbereitung auf das Spiel aufgenommen. Hierbei kamen diverse Arri Master Prime Objektive sowie das Fujinon Premier 75-400 mm Objektiv zum Einsatz.

Während des Spiels wurden nacheinander drei unterschiedliche Positionen für die Kameras eingenommen.

Kamera-Positionen



Die Position 1 stellte zugleich die erste Kamera-Position dar. Diese wurde beim Einlauf der Mannschaften, dem Anstoß sowie in den ersten zehn Minuten der ersten Halbzeit eingenommen. Hierbei konnte eine Totale vom gesamten Spielfeld mit den anliegenden Zuschauerblöcken eingefangen werden. Dies wurde mit dem Arri Ultra Prime 8mm Objektiv realisiert.

Anschließend wurde die Position 2 eingenommen und von der ca. 15. Minute bis zum Ende der ersten Halbzeit beibehalten. Hier bediente hauptsächlich ein professioneller Schwenker die Kamera. Er führte die Aufzeichnung mit sehr schnellen Schwenks (wie bei der heutigen Fußball-Produktion in HD) durch. Des Weiteren wurde teilweise das Fujinon Premier 75-400 mm Objektiv eingesetzt. Da sich zudem auf der gleichen Ebene die für die HD-Produktion verwendeten Kameras befanden, sollten somit später die entstandenen Aufnahmen einfacher hinsichtlich der Bildqualität verglichen werden können.

Im Anschluss wurde auf die Position 3 gewechselt. Hier konnte das Team die komplette zweite Halbzeit drehen. Der Kamera-Schwenker sorgte für die schnellen Schwenks, um das Spielgeschehen mit zu verfolgen. Mit dem Fujinon Premier 75-400 mm Objektiv waren Aufnahmen aus der Nähe sowie der Ferne (z.B. Spielereignisse vor dem gegenüberliegenden Tor) möglich.

Anhang 6: Ergänzungen zu Kapitel 3.5 Displays für Ultra HD

In der Tabelle werden bereits verfügbare TV-Geräte aufgelistet. Professionelle Displays aus dem Studiobereich bzw. Projektoren aus dem Digital Cinema Bereich werden hier nicht aufgeführt.

Hinweis: Folgende Tabelle (Stand Juli 2013) erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit:

Tabelle: Ultra HD TV-Geräte (Consumer Bereich)

Hersteller	Modell	Veröffentlichung	Diagonale [Zoll]	Native Auflösung	Eingang (zur Darstellung von Ultra HD Inhalten)
LG	84LM960V	Dez. 2012	84	3.840x2.160	HDMI 1.4
	65LA9709	Aug. 2013	65	3.840x2.160	HDMI 1.4
	55LA9709	Aug. 2013	55	3.840x2.160	HDMI 1.4
	65LA9658	Aug. 2013	65	3.840x2.160	HDMI 1.4
	55LA9658	Aug. 2013	55	3.840x2.160	HDMI 1.4
Philips	65PFL9708	Sep. 2013	65	3.840x2.160	HDMI 1.4 mit UHD
	84PFL9708	Sep. 2013	84	3.840x2.160	HDMI 1.4 mit UHD
Samsung	55F9090	Aug. 2013	55	3.840x2.160	HDMI 1.4 / USB
	65F9090	Aug. 2013	65	3.840x2.160	HDMI 1.4 / USB
	85S9	Juni 2013	85	3.840x2.160	HDMI 1.4 / USB
Sharp	PN-K321H	Feb. 2013 (Japan)	32 ¹	3.840x2.160	DisplayPort 1.2 (MST support until 3.840x2.160 60Hz)
	PN-K322BH	Sep. 2013 (Europa)	32 ¹	3.840x2.160	DisplayPort 1.2 (MST support until 3.840x2.160 60Hz)
Sony	KD-84X9005	Dez. 2012	84	3.840x2.160	HDMI 1.4
	KD-65X9005	Juni 2013	65	3.840x2.160	HDMI 1.4
	KD-55X9005	Juni 2013	55	3.840x2.160	HDMI 1.4
Toshiba	55ZL2G	Aug. 2012	55	3.840x2.160	Nur über Spezialanschluss für UHD Video geeignet
	58M9365DG	Sep. 2013	58	3.840x2.160	HDMI 1.4
	65M9363DG	Sep. 2013	65	3.840x2.160	HDMI 1.4
	84M9363DG	Sep. 2013	84	3.840x2.160	HDMI 1.4

¹ 32 Zoll Klasse, ist aber physikalisch ein 31,5 Panel

IMPRESSUM

Herausgeber/Publisher:

Deutsche TV-Plattform e.V.

www.tv-plattform.de

Kontakt/Contact:

Deutsche TV-Plattform

Lyoner Str. 9, c/o ZVEI

60528 Frankfurt am Main

mail@tv-plattform.de

Tel.: 0049-69-6302-311

Fax: 0049-69-6302-361

Redaktion/Content:

Projektgruppe HD3D der Arbeitsgruppe Geräte und Vernetzung
der Deutschen TV-Plattform

Project Group HD3D of the Working Group Devices and
Connectivity of the German TV-Plattform

Autorenteam/Authors:

Ulrich Freyer (Agentur für Medientechnik),

Stephan Heimbecher (Sky Deutschland),

Holger Wenk (Pressesprecher Deutsche TV-Plattform/konzeptW),

Dr. Dietrich Westerkamp (Technicolor).

Sebastian Artymiak (VPRT),

Jürgen Burghardt (FKTG),

Carine Chardon (Deutsche TV-Plattform/ZVEI),

Dagmar Driesnack (IRT),

Frank Hofmeyer (TU Ilmenau),

Eckard Matzel (ZDF),

Arnd Paulsen (Dolby),

Prof. Dr. Wolfgang Ruppel (Hochschule RheinMain),

Prof. Dr. Hans-Peter Schade (TU Ilmenau)

Dr. Ralf Schäfer (Fraunhofer/HHI),

Konstantin Schinas (Deutsche Telekom),

Nico Schultz (Hochschule RheinMain),

Dr. Helmut Stein (ISDM).



www.tv-plattform.de/dokumente

Haftung/Liability:

The information in this report were accurately and thoroughly researched and consolidated to the best of the knowledge and under neutral approach of our Working Group. Any information reflect the current status at the time of the editorial deadline for each chapter. However, the members of the Working Group and the German TV Plattform do not warrant for actuality, correctness, completeness and /or quality of the compiled informations. Any liability claim against the German TV Plattform based on damages incurred on material or immatierial grounds, caused through use or omission of the presented informations or through use of false or incompleated informations, are excluded in advance by principle.

Über uns – Deutsche TV-Plattform

Die Deutsche TV-Plattform ist ein Zusammenschluss von privaten und öffentlich-rechtlichen Sendern, Geräteherstellern, Infrastrukturbetreibern, Service- und Technik-Providern, Forschungsinstituten und Universitäten, Bundes- und Landesbehörden sowie anderen, mit den digitalen Medien befassten Unternehmen, Verbänden und Institutionen. Ziel des gemeinnützigen Vereins ist seit über 20 Jahren die Einführung von digitalen Technologien auf Grundlage offener Standards. In den Arbeits- und Projektgruppen der Deutschen TV-Plattform engagieren sich Vertreter aus nahezu allen Bereichen der Medienbranche und der Unterhaltungselektronik für wichtige Weichenstellungen bei Schwerpunktthemen des digitalen Rundfunks.