

DYNAMISCHE KONVERTIERUNG BEI DER HDR/SDR- PARALLELPRODUKTION

LUCIEN LENZEN, MIKE CHRISTMANN

Derzeitige synergetische HDR/SDR-Parallelproduktionen verfolgen immer noch einen Workflow, wie wir ihn von klassischen SDR-Produktionen kennen. Das Potenzial, welches eigentlich mit HDR einhergeht, wird dadurch längst nicht ausgeschöpft. Mit den heute verwendeten Workflows ist es nicht möglich, ein „echtes HDR-Shading“ durchzuführen, um dynamische und brillante HDR-Inhalte zu erzeugen. Auch das SDR profitiert kaum von der gesteigerten Aufnahmequalität. In diesem Artikel soll deshalb gezeigt werden, wie dynamische Konvertierung hier Abhilfe schaffen kann und welche neuen Workflows sich hieraus ergeben.

► Current synergetic HDR/SDR parallel productions still follow a workflow as we know it from classic SDR productions. The potential which actually comes with HDR is not getting used. With the currently used workflows it is not possible to perform "real HDR shading" to generate dynamic and brilliant HDR content. The SDR also hardly benefits from the improved recording quality. The article on hand will show how dynamic conversion can significantly improve the situation and which new workflows will result from it.

Einleitung

Das Thema HDR (High Dynamic Range) begleitet die Broadcast-Welt bereits seit einigen Jahren. Die Zahl der HDR-Produktionen steigt langsam an und die Verbreitungswege sind über OTT und inzwischen auch mit ersten klassischen Broadcast-Kanälen gegeben. Trotzdem ist die Branche von einer flächendeckenden Einführung noch sehr weit entfernt. Das hängt auch mit den bis heute bestehenden Schwierigkeiten zusammen, welche mit HDR-Produktionen einhergehen. Besonders der Aspekt des parallelen Erstellens einer gleichwertig professionellen HDR- und SDR-Version (SDR = Standard Dynamic Range) ist unzureichend gelöst. Dieser Artikel soll aufzeigen, wie durch den Einsatz dynamischer HDR/SDR-Konverter das Problem adressiert werden kann. Eine weitere Herausforderung bei der HDR/SDR-Konvertierung ist die Anpassung des Farbgamuts. Eine standardkonforme HDR-Produktion nach ITU-R BT.2100 [5] setzt gleichzeitig einen erweiterten Farbgamut, in der Regel als Wide Color Gamut (WCG) bezeichnet, voraus. Bei der Konvertierung in ein SDR-Signal nach ITU-R BT.709 [6] muss zwangsläufig eine

Anpassung auf einen kleineren Farbgamut durchgeführt werden. Die Herausforderungen und Lösungsmöglichkeiten hierbei werden in [7] und [8] detailliert behandelt.

HDR-Testproduktion in Valencia

Um das Problem und generell diese Art von Produktionen besser zu verstehen, lohnt sich ein Blick in die „Geschichte“ der HDR-Produktion. Die erste wegweisende Testproduktion wurde in Europa 2014 beim MotoGP in Valencia durchgeführt. Dabei ging es darum zu untersuchen, welchen Mehrwert HDR gegenüber SDR bietet. Dazu wurden zwei parallele Produktionen, mit entsprechender Dopplung des technischen Equipments (Kameras, Mischer etc.) und Personals (Bildingenieure etc.), durchgeführt. Besonders bekannt ist diese Produktion für ein Foto ([1]), welches im Rahmen des Events entstand. Es zeigt den HDR-Shader und den SDR-Shader im Ü-Wagen vor den Kontrollmonitoren sitzend. Während der SDR-Shader sehr konzentriert die Bilder betrachtet und fleißig an der Blende dreht, sitzt der HDR-Shader entspannt zurückgelehnt mit verschränkten Armen und lässt sich mehr von der Handlung unterhalten. Es zeigte sich also, dass eine so immense Blendensteuerung – wie wir sie heute im SDR kennen – bei HDR nicht nötig ist (Vorteil 1). Natürlich muss auch dort ab und an nachgeregelt werden. Aber erst deutlich später und bei größeren Helligkeitsschwankungen. Das bedeutet auch, dass dem Zuschauer kleinere bis mittlere Helligkeitsschwankungen nach Hause transportiert werden können und nicht „unterdrückt“ werden müssen, was letztendlich zur Verbesserung der Immersion beiträgt (Vorteil 2). Grund hierfür ist, dass viel mehr Kontrastumfang innerhalb einer HDR-Belichtung eingefangen werden kann und es entsprechend viel später und weniger zum Clipping kommt (Vorteil 3).

Heutige HDR/SDR-Produktionen und ITU-R BT.2408

Natürlich zeigte diese Testproduktion nicht nur Vorteile, sondern auch Nachteile auf. Im vorliegenden Fall handelte es sich um zwei parallele Produktionen ohne jegliche Synergie. Es ist naheliegend, dass dies auf Dauer aufgrund der Komplexität, jedoch noch mehr aufgrund der hieraus resultierenden Kosten, nicht tragbar ist. Für die Praxis musste es also darum gehen, das SDR-Programm ohne größeren Aufwand aus dem HDR-Programm abzuleiten. Dazu wird derzeit eine statische HDR/SDR-Konvertierung (Downkonvertierung) genutzt. Diese „schneidet“ einen definierten Helligkeitsbereich aus dem HDR-Signal aus und belegt diesen mit der klassischen Gamma-Kurve. In Bezug auf die Blendenaussteuerung bedeutet das aber, dass nicht so verfahren werden kann, wie es der HDR-Shader idealerweise tun würde. Die Varianz der Belichtung wäre zu groß. Gegebenenfalls würden die wichtigen Bildbereiche in den festen Korridor fallen, den der statische

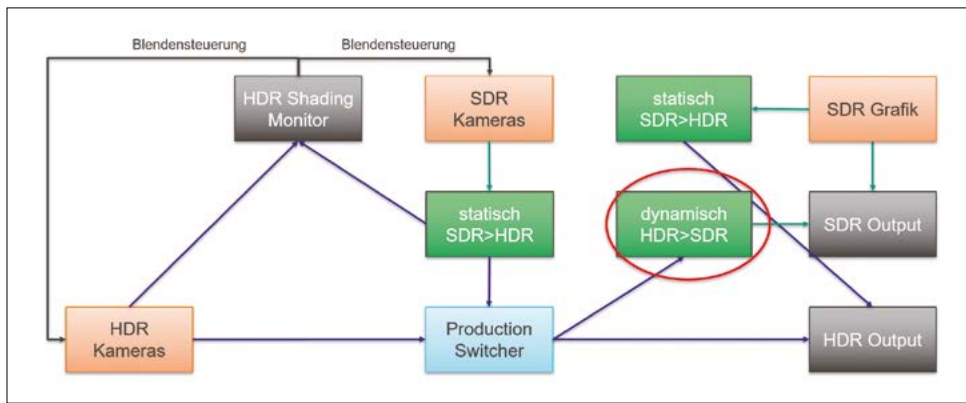


Abbildung 1.
HDR/SDR-Produktion mit
dynamischer Konvertierung
am Ausgang

Konverter für SDR vorgibt, unter Umständen allerdings auch nicht. Es käme schnell zu Unter- oder Überbelichtungen mit Informationen, welche ausbrennen oder im Dunklen versinken würden. In der ITU-R BT.2408 ("Guidance for operational practices in HDR television production") [2] heißt es dazu:

"If the SDR production must not be compromised, both HDR and SDR cameras should be shaded using an SDR monitor fed via a down-converter. Whilst the HDR signals may not always exploit the full potential of the HDR production formats, the HDR pictures can still show significant improvement over SDR."

Spricht, zum Aussteuern der Blende wird das Bild nach dem statischen Konverter auf einem SDR-Display betrachtet. Was bedeutet aber dieses Vorgehen für die oben erläuterten drei Vorteile der „Valencia-Produktion“? Zum einen bleibt bei der Blendenaussteuerung alles wie gehabt. Der Shader muss weiterhin ständig die Blende den sich ändernden Lichtverhältnissen anpassen. Das bedeutet gleichzeitig aber auch, dass das HDR-Bild in seiner maximalen Leuchtdichte sowie Varianz beschnitten wird. Zwar ist im genannten Zitat aus der BT.2408 immer noch die Rede von einer signifikanten Verbesserung, trotzdem bleibt das HDR-Bild weit hinter seinen Möglichkeiten zurück und lässt wenig kreatives Arbeiten mit der Helligkeit zu. Das SDR-Bild wiederum profitiert kaum von der gesteigerten Aufnahmequalität, da für die Konvertierung eine Funktion ähnlich der heutigen Knee- oder Gain-Funktion zum Einsatz kommt. Informationen außerhalb des definierten engen Helligkeits-Korridors fallen weiterhin dem Clipping zum Opfer. Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass fast alle Vorteile der ursprünglichen HDR-Produktion aufgegeben wurden, um weiterhin so zu produzieren, wie man es von SDR gewohnt ist. Andererseits ist dies auch der Tatsache geschuldet, dass es bis vor kurzem keine Alternativen zu den angesprochenen statischen Konvertern gab.

Damit die Blendeneinstellung in HDR vorgenommen werden kann, wird ein System benötigt, welches für SDR quasi die Blende nachzieht bzw. deutlich mehr Kontrastumfang innerhalb eines SDR-Bildes vereinigt, so dass die Blende an Relevanz verliert. Im Vergleich zu derzeitigen Lösungen muss das System entsprechend dynamisch, also basierend auf dem Bildinhalt, arbeiten. In der ITU-R BT.2408 heißt es dazu:

„As the exposure latitude of HDR images is far greater than SDR, a dynamic HDR to SDR converter may be required to deliver a satisfactory SDR output. A dynamic converter is designed to optimise the HDR to SDR tone mapping curve for any scene, thereby accommodating a wider range of exposures than might be possible with a fixed (or static) tone mapping curve.“

Dynamische Konvertierung

Bei der dynamischen Konvertierung kann zwischen zwei Leveln unterschieden werden. Level 1 bedeutet, dass das ge-

samte Bild analysiert und die Transferkurve basierend auf dem Analyseergebnis angepasst wird (globales Vorgehen). Dabei muss immer eine Abwägungsentscheidung zwischen einem steilen Bildeindruck mit hohem subjektiven Kontrastgefühl (viele dunkle und helle Bildelemente) und dem Erhalt von möglichst vielen Informationen getroffen werden. Denn je flacher das Bild wird, desto weniger Zeichnung geht in den Lichtern und Schatten verloren. Allerdings wird solch ein flacher Bildeindruck meist nicht präferiert. Deshalb muss der Algorithmus im Konverter abwägen, ab wann eine Information als so wichtig zu erachten ist, dass dafür eine flachere Gradation in Kauf genommen werden sollte. Im Hinblick auf einen HDR-Workflow kann so eine echte HDR-Blendenaussteuerung genutzt werden (Vorteil 1) mit entsprechend großer Varianz in der Belichtung (Vorteil 2).

Level 2 bedeutet in diesem Zusammenhang, die beschriebene Abwägungsentscheidung auch separat auf verschiedenen Bildbereichen durchzuführen (sektionales Vorgehen), um so Lichter und Schatten unterschiedlich zu behandeln und somit aneinander anpassen zu können. Lichter können abgesenkt und Schatten können aufgehellt werden, ohne sich dabei zu beeinflussen. Sprich, bei gleichem Kontrastumfang der Szene kann so ein steilerer Bildeindruck erreicht werden. [3,4] Der gesteigerte Kontrastumfang kommt auf diese Weise nicht nur dem HDR-Bild zugute, auch das SDR-Bild profitiert enorm (Vorteil 3). Es ist möglich, nahezu die gesamten Informationen auch in SDR darzustellen. Einzig die Brillanz sowie sehr stark gesättigte Farben bleiben das Alleinstellungsmerkmal von HDR. Gut vergleichbar ist dieses Konzept mit einer fensterbasierten Farbkorrektur.

Bei beiden genannten Levels ist es zusätzlich auch immer notwendig, eine geeignete Farbraumtransformation – wie in [8] beschrieben – durchzuführen.

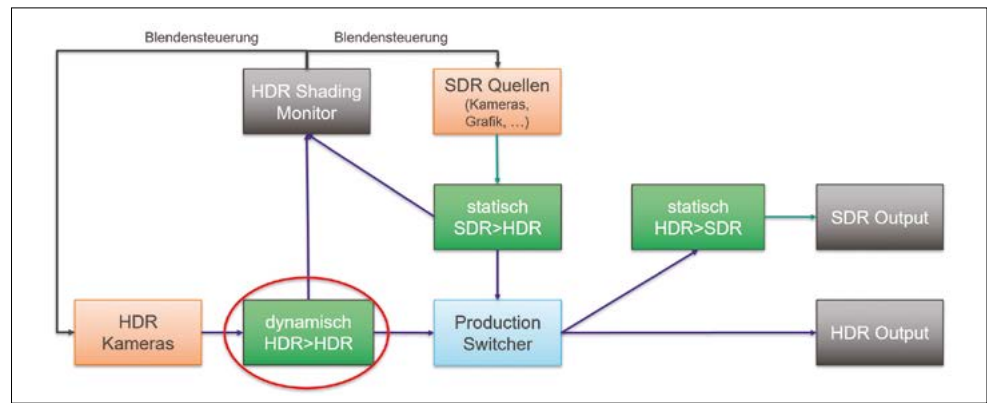
Workflows mit dynamischer Konvertierung

Durch die Verwendung von dynamischer Konvertierung ergibt sich die Möglichkeit mehrerer neuer Workflows, welche nachfolgend erläutert werden sollen:

Option 1 (für den Einsatz in einer HDR/SDR-Produktion)

Die erste Option (s. Abbildung 1) stellt die Verwendung einer dynamischen HDR/SDR-Konvertierung im Anschluss an eine HDR-Produktion dar, um automatisch eine SDR-Version zu erzeugen, ohne diese bei der Produktion näher zu berücksichtigen. So kann das Bild erstmals anhand eines HDR-Monitors angesteuert werden. Dieser Workflow setzt voraus, dass entsprechendes ITU-R BT.2100 [5] fähiges Equipment vorhanden ist, da sonst mit hohen Investitionskosten gerechnet werden muss. Auch sollte berücksichtigt werden, dass die dynamische Konvertierung auf dem Clean Feed vor-

Abbildung 2.
HDR/SDR-Produktion mit
dynamischer Konvertierung
hinter der Kamera



genommen werden sollte, da die Konvertierungskurve bildinhaltsbezogen arbeitet und dadurch die Grafiken geringfügig verfälschen könnte. Da die Grafiken in der Regel in SDR vorliegen, können diese, nach der dynamischen Konvertierung, dem Clean-Feed-Signal zugesetzt werden. Für den HDR-Kanal kann eine statische SDR/HDR-Konvertierung (Upkonvertierung) der Grafiken verwendet werden. Zusätzlich zur dynamischen HDR/SDR-Konvertierung wird auch eine automatische Farbraumtransformation von BT.2100 (WCG) nach BT.709 (Standard Color Gamut, SCG) durchgeführt.

Option 2 (für den Einsatz in einer HDR/SDR-Produktion)

Alternativ kann als zweite Option die dynamische Konvertierung auch direkt hinter jeder Kamera als HDR/HDR-Konvertierung erfolgen (s. Abbildung 2), um den Bildeindruck zu homogenisieren und eine statische Konvertierung am Ausgang zu ermöglichen. Natürlich stellt sich die Frage, warum bei HDR nach HDR eine dynamische Konvertierung durchgeführt werden sollte und was mit Homogenisierung gemeint ist?

Dies lässt sich am einfachsten anhand eines Beispiels beantworten. Im linken Bild von Abbildung 3 ist eine Moderatorin vor einem sehr hellen Hintergrund dargestellt. Das vorliegende Bild zeigt die Szene in klassischem SDR, wodurch der Hintergrund bei 100 cd/m² begrenzt. Durch die Darstellung in HDR würde sich vermutlich das Clipping verhindern lassen. Aber wie würde sich dadurch der Eindruck der Szene verändern? Die ohnehin bereits relativ dunkel dargestellte Moderatorin würde durch HDR nicht wesentlich aufgehellt werden, der Hintergrund allerdings würde, da er nicht (so früh) begrenzt wird, wesentlich höhere Helligkeitswerte erreichen und sie regelrecht überstrahlen. Somit wäre es zwar vermutlich möglich, die Szene komplett auf einem HDR-Monitor darzustellen, optisch ansprechender würde sie dadurch aber nicht werden. Es müsste weiterhin Aufhelllicht

eingesetzt werden, wie beim mittleren Bild in Abbildung 3 anhand von SDR gezeigt wird. Es wird deutlich, dass HDR allein nicht das Problem von schlecht ausgeleuchteten Szenen löst. Um den Einsatz von Aufhelllicht zu reduzieren und einen natürlicheren Bildeindruck zu erhalten, wäre es alternativ möglich, die sektorenweise Bearbeitung der dynamischen Konvertierung auch für HDR zu nutzen. Das rechte Bild in Abbildung 3 zeigt dieselbe Szene ohne Einsatz von Aufhelllicht, aber mit dynamischer Konvertierung. Diese gleicht die inhomogene Beleuchtungssituation der Szene aus, was beim HDR-Bild zum gewünschten Effekt führt. Außerdem fallen deutlich mehr Helligkeitswerte in den SDR-Korridor (siehe Zeichnungen im Himmel). Auf diese Weise kann am Ausgang sowohl ein optimiertes HDR-Signal als auch – mit Hilfe einer einfachen statischen Konvertierung – ein optimales SDR-Bild mit einem Farbgamut nach BT.709 erzeugt werden.

Option 3 (für den Einsatz in einer SDR-Produktion)

Bei der dritten Option (s. Abbildung 4) geht es primär nicht darum, HDR zu produzieren, sondern das SDR-Bild zu verbessern und den Produktionsprozess höher zu automatisieren. Diese Option bietet für viele Broadcaster, welche wenig Erfahrung mit HDR haben beziehungsweise wenig HDR-fähiges Equipment besitzen, die Möglichkeit einfach in die Thematik einzusteigen. Dabei muss, im Vergleich zu den ersten beiden Optionen, lediglich die Kamera gegen ein HDR-fähiges Äquivalent ausgetauscht, oder die vorhandene Kamera entsprechend nachgerüstet werden. Hinter der Kamera wird die HDR/SDR-Konvertierung inklusive der notwendigen Farbraumtransformation für die Farbgamut-Anpassung durchgeführt, so dass in der folgenden Verarbeitungskette (Mischer, Monitore, etc.) weiterhin mit Equipment, welches lediglich ITU-R BT.709 [6] korrekt interpretiert, gearbeitet werden kann.

Dieser Workflow stellt im Vergleich zu einer kompletten

Abbildung 3.
Bei einem Outdoor-Sportevent
steht die Moderatorin unter
einem Zelt. Im klassischen SDR
(links) wird sie deshalb sehr
dunkel dargestellt. Mithilfe
von 12 kW-Aufhelllicht (mitte)
wird versucht die Beleuchtung
der Szene auszubalancieren.
Alternativ kann dynamische
Konvertierung verwendet
werden (rechts).



Quelle: WDR/HSRM-Testproduktion; mit freundlicher Genehmigung des Westdeutschen Rundfunks

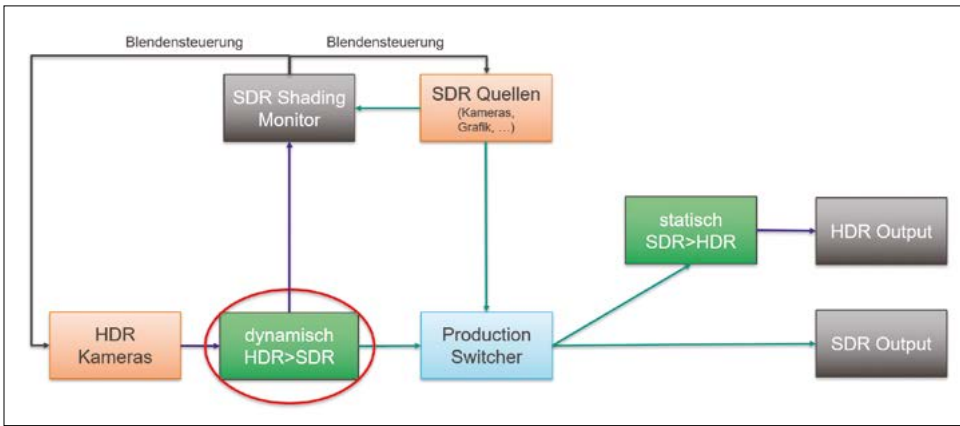


Abbildung 4.
SDR-Produktion mit HDR-Kameras
und dynamischer Konvertierung

Umrüstung aller Komponenten eine finanziell sehr geringe Einstiegshürde dar. Trotzdem ermöglicht er eine hohe Partizipation an den Vorteilen von HDR. Zum einen wird es sofort möglich, jedem Zuschauer einen höheren Kontrastumfang und somit ein besseres Bild zu senden. Zum anderen, und dies ist für viele Fernsehanstalten mindestens von gleichwertiger Relevanz, kann der Produktionsaufwand gegenüber dem Status Quo mutmaßlich gesenkt werden. Dies ist aus zweierlei Gründen möglich. Zum einen führt der gesteigerte Blendenumfang der Aufnahme zu einem größeren Arbeitsbereich. Dies bedeutet, dass die Blende weniger nachgeregelt werden muss. Die eigentliche Ausbelichtung wird stärker automatisiert. Zum anderen kann der Einsatz von Aufhelllicht reduziert werden, wie bereits bei Option 2 gezeigt. Durch den gesteigerten Kontrastumfang der HDR-fähigen Kameras wäre es in diesem Workflow nun möglich, die Ausleuchtung bis zu einem gewissen Grad auch im Signalprocessing durchzuführen.

Im Hinblick auf zukünftige HDR-Produktionen kann mit einem solchen dynamisch konvertierten SDR, unter Zuhilfenahme einer statischen SDR/HDR-Upkonvertierung, der originale HDR-Eindruck wieder deutlich stärker angenähert werden, als es mit dem durch Clipping beeinträchtigten SDR-Bild denkbar wäre. Somit ermöglicht diese Option bereits näherungsweise HDR-Inhalte in einem SDR-Archiv abzulegen beziehungsweise parallel zur SDR-Ausspielung auch eine HDR-Ausspielung, zum Beispiel für eine simultane HDR Live Streaming-Anwendung, zu realisieren.

Fazit

Die aktuellen Workflows für eine parallele HDR/SDR-Produktion beruhen auf einer statischen HDR/SDR-Konvertierung. Es wurde gezeigt, dass der Qualitätsgewinn einer solchen Produktion eher begrenzt ist – gerade in Bezug auf den Aufwand und die Investitionen, welche damit verbunden sind. Sowohl das HDR- als auch das SDR-Bild bleiben deutlich hinter ihren Möglichkeiten zurück. In diesem Zusammenhang bietet die dynamische Konvertierung eine bisher noch

nicht dagewesene Chance, da zum einen die Zeichnung in den Lichtern und Schatten auch im SDR erhalten bleibt und zum anderen eine echte dynamische Aussteuerung anhand des HDR-Bildes erfolgen kann.

Des Weiteren wurde gezeigt, dass ein dynamischer HDR/SDR-Konverter nicht nur ein neues Gerät im Workflow ist, sondern, wenn man dessen volles Potenzial ausschöpfen möchte, auch die Art zu produzieren und somit der Workflow beeinflusst wird. Hier gilt es, alle beteiligten Personen für die Problematik zu sensibilisieren und in den Veränderungsprozess einzubinden.

Weiterhin fällt auf, dass alle gezeigten Workflows neben den dynamischen Konvertern auch immer noch statische Konverter verwenden. So sollten Grafiken beispielsweise immer über einen statischen Pfad geführt werden. ➔

Literatur

- [1] Centen, P., "4K HDR Imagers", HPA Tech Retreat 2015
- [2] ITU, "Recommendation ITU-R BT.2048-3 - Guidance for operational practices in HDR television production"
- [3] Lenzen, L.: "HDR for legacy displays using Sectional Tone Mapping", Proceedings of the IBC conference 2016, Amsterdam, September 2016
- [4] Lenzen, L., Hedtke, R., Christmann, M.: "HDR für alle Displays", Fernseh- und Kinotechnik (FKT), 72. Jahrgang, Ausgabe 5/2018, Seite 37–40
- [5] ITU, "Recommendation ITU-R BT.2100-2 - Image Parameter Values for High Dynamic Range Television for Use in Production and International Programme Exchange"
- [6] ITU, "Recommendation ITU-R BT.709-1 – Basic Parameter Values for the HDTV Standard for the Studio and for International Programme Exchange," 1993.
- [7] Kutschbach, P.: "HDR – Farbraumtransformationen – Grundlagen", Fernseh- und Kinotechnik (FKT), 73. Jahrgang, Ausgabe 10/2019, Seite 40–44
- [8] Kutschbach, P.: "HDR – Farbraumtransformationen – Transformationsalgorithmus", Fernseh- und Kinotechnik (FKT), 73. Jahrgang, Ausgabe 11/2019, Seite 36–41

Bild: Lucien Lenzen



LUCIEN LENZEN Master of Engineering (FKTG) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter / Doktorand im Forschungsbereich UHDTV an der Hochschule RheinMain in Wiesbaden
➔ www.hs-rm.de

Bild: Mike Christmann



MIKE CHRISTMANN (FKTG) Lehrt Film- und Broadcasttechnik an der Hochschule RheinMain, Studiengang Medientechnik. Schwerpunkte seiner wissenschaftlichen Arbeit beinhalten unter anderem die Bereicheameratechnik sowie die Broadcast-IT
➔ www.hs-rm.de