

Rec. 2020 Farbraum

Englisch: Recommendation 2020 / ITU-R BT.2020

KAMERA/TECHNIK

Internationaler Standard für Ultra HD und HDR-Fernsehen mit deutlich größerem Farbraum als Rec.709 und Unterstützung für erweiterten Dynamikbereich mit 10-bit oder 12-bit Farbtiefe.

Definition Rec. 2020 (ITU-R BT.2020, auch als "BT.2020" oder "Ultra HD Color") ist der internationale Standard für hochauflösendes Fernsehen, insbesondere Ultra HD (4K/8K), und ist eng mit HDR (High Dynamic Range) verknüpft. Der Standard definiert: RGB-Primärfarben : Stark gesättigte Farben für erweiterten Gamut Weißpunkt : D65 (wie Rec.709) Farbtiefe : 10-bit oder 12-bit (vs. 8-bit in Rec.709) Dynamischer Bereich : Mit HDR-Modi bis zu 16+ Stops Gamutvolumen : ~76% des menschlichen Farbraums (vs. 44% in Rec.709) Der Standard wurde 2014 verabschiedet und wird zunehmend Standard für Streaming und Kino. Technische Spezifikationen RGB-Primärfarben und Gamut-Vergrößerung Die Rec.2020-Primärfarben im CIE 1931 xy-Farbraum: Farbe x y Unterschied zu Rec.709 Rot (R) 0.708 0.292 +0.068 / -0.038 Grün (G) 0.170 0.797 -0.120 / +0.197 Blau (B) 0.131 0.046 -0.019 / -0.014 Weißpunkt (D65) 0.3127 0.3290 (identisch) Visuelle Implikationen: Rot :

Geräte rot (primärrot) Grün : Viel gesättigter, fast neon-grün Blau : Rein, weniger violett

Gamut-Vergleich (Volumen): Standard Gamutvolumen Anwendung Farb-Reichheit sRGB 43% Web, Consumer

Begrenzt Rec.709 44% HDTV, Broadcast Begrenzt Adobe RGB 52% Photography Erweitert DCI-P3 56% Kino,

Digital Cinema Sehr Erweitert Rec.2020 76% Ultra HD, HDR Maximum (praktisch) Lab Color Space 100%

Theoretisches Maximum Alle menschlich wahrnehmbaren Farben Rec.2020 deckt 76% des gesamten menschlich wahrnehmbaren Farbraums ab. Farbtiefe und Bit-Quantisierung Rec.2020 benötigt höhere

Bit-Tiefen für Gamut-Auflösung ohne Posterisierung: Rec.709 (Standard 8-bit): $256^3 = 16.777.216$

Farben Gamut-Auflösung: $16.777.216 / 0.44 \approx 38$ Millionen pro % Gamut Rec.2020 (10-bit): $1024^3 =$

$1.073.741.824$ Farben Gamut-Auflösung: $1.073.741.824 / 0.76 \approx 1,4$ Milliarden pro % Gamut

Ausreichend für alle Farbtöne ohne Banding Rec.2020 (12-bit, selten): $4096^3 = 68.719.476.736$

Farben Praktisch unbegrenzte Farb-Auflösung Archival und Premium Post-Produktion HDR-Modi mit

Rec.2020 PQ (Perceptual Quantizer) - Dolby Vision, HDR10 Charakteristiken: Dynamikbereich :

0-10.000 nits (vs. 100 nits in SDR) Gamma-Kurve : Spezielle perceptual Quantizer Kurve (nicht

einfach 2.4) Black Level : Absolute 0 nits (keine Foot/Headroom wie in Rec.709) Unterstützte

Formate : HDR10, Dolby Vision, HDR10+ Praktische Konsequenzen: Sehr dunkle Szenen können absolut schwarz sein Extrem helle Highlights (Licht, Feuer, Sonne) Längere Grading-Zeit für optimale

Ergebnisse HLG (Hybrid Log-Gamma) - Broadcast HDR Charakteristiken: Backward-compatible : Kann auf SDR-Monitoren angesehen werden Viewing Condition : Assumes standard room lighting (nicht

vollständig dunkel) Gamma : Kombination von Log und Gamma für Broadcast Unterstützte Formate :

BBC, EBU, OBS-Standard Praktische Anwendung: Terrestrial Broadcasting (über Luftwellen) Weniger

verbreitet im Streaming Gutes Fallback für SDR-Geräte Workflow in DaVinci Resolve für Rec.2020

Projekt-Setup Projekt Settings > Color Management - Input Color Space: Kamera-Format (Red, Arri,

Sony) oder Rec.2020 (für bereits konvertiertes Material) - Timeline Color Space: DaVinci Wide

Gamut RGB (intern 32-bit Float) - Output Color Space: Rec.2020 (für HDR) - Monitoring Lut: PQ

(Dolby Vision) oder HLG (Broadcast) Timeline-Konfiguration für HDR Project Settings: Resolution:

3840x2160 (4K) oder 7680x4320 (8K) Color Depth: 32-bit Float (essentiell für HDR) Rec.2020 als Output-Space Color Management: Decoder Color Space: Kamera-spezifisch Dolby Vision oder HDR10 Metadaten erstellen Monitoring: HDR-Monitor erforderlich (z.B. Dolby PRM4200) Im Preview auf HDR-Farbraum einstellen Alternative: Rec.709 Monitoring mit HDR-to-SDR-Kurve Grading für Rec.2020/HDR Phase 1: HDR-Grundlagen Log-zu-PQ/HLG Konvertierung automatisch Exposure-Range prüfen (0-10.000 nits für PQ) Histogramm im HDR-Modus verwenden Phase 2: Highlight-Management Brighter-than-white Highlights ermöglicht (~3-10 nits) Vorsicht: Sehr helle Werte können auf SDR nicht dargestellt werden Separate Kurven für Highlights in HDR möglich Phase 3: Farb-Sättigung Rec.2020 erlaubt höhere Sättigung Farben wirken kräftiger, lebendiger Vorsicht: Nicht zu extreme Sättigung (kann künstlich wirken) Phase 4: Shadow-Details Absolute Schwarz möglich (0 nits) Details unter Standard-Black erhalten Black-Crushing nicht automatisch möglich HDR-Monitoring-Setup Ideale Hardware: Display : Dolby Vision Zertifikat Monitor (z.B. Dolby PRM4200, Eizo CG3200) Colorimeter : Für korrekte Kalibrierung Room : Kontrollierte Beleuchtung (50 Lux Standard, dunkel für Dolby Vision) Software-Setup in DaVinci: Window > Workspace > HDR Inspector aktivieren Dolby Vision Metadaten aktualisieren HDR-Modus für Monitoring im Preferences setzen Streaming-Plattformen und Rec.2020-Anforderungen Plattform Spezifikation Anforderungen Netflix Rec.2020 HDR10, Optional Dolby Vision Compliance Test erforderlich Apple TV 4K Rec.2020 HDR10 oder Dolby Vision Optimierte für Dolby Vision Amazon Prime Rec.2020 HDR10, HLG für Live Dolby Vision optional YouTube 4K Rec.2020 HDR10 mit VP9 Codec Native 4K HDR Support Kino DCI-P3 (kompatibel mit Rec.2020) HDR in Kinos selten Gamut Mapping und Rec.2020 zu Rec.709 Konvertierung Downgrading zu Rec.709 für Backward-Compatibility Viele Produktionen müssen Rec.2020 und Rec.709 liefern: Szenario: Master in Rec.2020 HDR erstellen Rec.709 SDR-Version für Broadcast erzeugen Beide Versionen müssen visuell kompatibel sein Prozess: Rec.2020 HDR Master graden Separat Rec.709 SDR Grade erstellen: Farben in Rec.709-Gamut komprimieren Helligkeit und Kontrast für SDR anpassen Dynamic Range auf 12 Stops reduzieren Vergleich-Monitoring: Auf SDR-Monitor Rec.709-Version überprüfen Auf HDR-Monitor Rec.2020-Version überprüfen Konsistenz sicherstellen Automatisierte Gamut Mapping in DaVinci Curve Node Gamut Mapping: Node > Gamut Mapping Mode - Soft Clip: Sanfte Reduktion über/außerhalb Gamut - Hard Clip: Scharfes Clipping - Preserve Hue: Versucht Farbtöne zu erhalten Sekundäre Korrektur für Farb-Verschiebungen: Color Range Isolation auf saturierte Farben Saturation und Hue Fine-Tuning Luminance-basierte Selective Grading 10-bit vs. 8-bit und Posterisierung Banding-Fehler in 8-bit vs. 10-bit Szenario: Blauer Himmel Gradient 8-bit (Rec.709): Nur 256 Blau-Variationen verfügbar In großen Bereichen sichtbare Streifen (Banding) 10-bit (Rec.2020): 1024 Blau-Variationen verfügbar Saubere, kontinuierliche Gradienten Praktische Implikation: 10-bit ist Minimum für Rec.2020 Posterisierung ist großes Problem bei falscher Konfiguration Always export 10-bit für Archivierung Häufige Fehler und Lösungen Fehler Ursache Lösung Farben zu dunkel auf SDR Rec.2020 auf Rec.709 Monitor Monitoring-LUT verwenden oder SDR-Version graden Banding in Gradienten 8-bit Farbtiefe Projekt auf 10-bit konfigurieren Zu saturierte Farben Übertreibung im HDR-Raum Saturation reduzieren, Rec.709 Referenz überprüfen Clipping beim Export Falsche Output-Spezifikation HDR10 Profile in Export korrekt setzen HDR-Monitor zeigt keine Unterschiede Monitor nicht kalibriert Monitor mit Dolby Vision Kalibrierung nutzen Praktische Szenarien Szenario 1: Netflix 4K HDR-Delivery Produktion für Netflix mit 4K und HDR: Projekt in Rec.2020 HDR10 in DaVinci Grading mit HDR-Monitor Rec.2020 HDR10 mit Dolby Vision optional Compliance Test auf Netflix-Servern Export mit Netflix-Specs Szenario 2: Kino + Streaming Hybrid-Distribution Gleichzeitig für Kino (DCI) und Streaming

(Rec.2020 HDR): Master in DCI-P3 graden (Kino-Standard) DCI zu Rec.2020 HDR konvertieren
Grading-Anpassungen für HDR durchführen Kino: DCI-P3 Ansicht erzeugen Streaming: Rec.2020 HDR
bereitstellen Szenario 3: Dokumentation mit begrenztem HDR-Equipment Produktion ohne Zugang zu
HDR-Monitoren: In Rec.709 graden (SDR) Mit grading Notes für HDR-Anpassungen Später mit
professionellem Colorist: SDR zu HDR Grade hochskalieren Oder: Separat Rec.2020 HDR-Grade mit
Rec.709 Monitor durchführen Kalibrierung und Monitoring für Rec.2020/HDR Monitor-Anforderungen
Notwendig für professionelle HDR-Grading: Resolution : Mindestens 4K für 4K-Content Brightness :
1000+ nits für PQ HDR Color Gamut : DCI-P3 oder größer Zertifikation : Dolby Vision oder HDR10
Beispiele: Dolby PRM4200 (4K HDR) Sony BVM-HX310 (HDR, sehr teuer) Eizo CG3200 (begrenzt, aber
kalibrierbar) Kalibrierungs-Prozess Raum-Dunkelheit : Idealerweise < 5 Lux für PQ Grading
Monitor-Aufwärmphase : 30 Minuten minimum Colorimeter Kalibrierung : Nach Herstellervorgaben Dolby
Vision Profil : Auf dem Monitor laden Test Pattern : Überprüfen von Gradation und Farb-Akuranz
Zusammenfassung Rec.2020 ist der Standard für zukünftige Produktionen und Premium-Distribution.
Die erweiterte Farb-Gamut, höhere Bit-Tiefe und HDR-Unterstützung bieten kreative Möglichkeiten,
erfordern aber auch sorgfältige Kalibrierung und professionelle Grading-Techniken. Investment in
richtige Hardware und Workflow ist essentiell für professionelle Ergebnisse. Aktuelles Rec. 2020
ist heute Standard für HDR-Workflows, wobei die Kombination mit ST.2084 (PQ) Transfer-Funktion zum
De-facto-Standard geworden ist. In DaVinci Resolve und anderen Grading-Tools ist die Konvertierung
zwischen Rec. 2020 HDR und Rec. 709 SDR mittlerweile Standardpraxis. Viele Filmer arbeiten bereits
nativ in Rec. 2020, selbst wenn das finale Delivery in SDR erfolgt.