

HANSER



Leseprobe

zu

Digitale Film- und Videotechnik

von Johannes Schmidt und Ulrich Schmidt

Print-ISBN: 978-3-446-45463-7

E-Book-ISBN: 978-3-446-46069-0

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446454637>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Vorwort

Digitale Film- und Videotechnik ist heute allgegenwärtig – sowohl im Produktionsumfeld als auch im Alltag. Ob Sportübertragung im Fernsehen, Streaming von Filmen und Serien, Webvideos oder der klassische Besuch im Kino, alle Rezeptionsformen basieren inzwischen auf den gleichen Formen des digitalen Videosignals, der Bildaufnahme oder Datenreduktion, die in diesem Buch vorgestellt werden. Dabei haben sich die Bereiche Film und Video, die in der Geschichte technisch auf sehr unterschiedlichen Ansätzen basierten, in den letzten zwanzig Jahren immer weiter angenähert.

Dieses Buch stellt die grundlegenden Aspekte der digitalen Film- und Videotechnik beginnend bei den analogen Signalformen vor. Die Technologien zur digitalen Bildaufnahme, Speicherung, Bearbeitung und Wiedergabe bewegter Bilder werden im Detail und anwendungsnah erklärt.

Das Buch greift außerdem Aspekte der konventionellen Film- und Kinotechnik auf, beginnend bei den Grundlagen der Filmschwärzung über die analoge Kinokamera und den Kinoprojektor bis hin zum Filmtransfer in die digitale Ebene und wieder zurück.

Damit bildet dieses Buch nicht nur für all diejenigen, die mit modernsten Technologien produzieren, eine umfangreiche Einführung in die technische Welt der bewegten Bilder, sondern auch für alle, die sich nach wie vor zur konventionellen Produktionsweise des Kinos hingezogen fühlen. Für diejenigen, die mit professioneller Videotechnik in den Bereichen TV, Film, Veranstaltungstechnik oder Streaming arbeiten, soll das Buch als fundierter Werkzeugkasten sowie umfangreiches Nachschlagewerk dienen und ist somit vor allem für Studierende von Studiengängen im Bereich Medientechnik, Studierende an Filmhochschulen, Mediengestalterinnen und -gestalter oder Quereinsteiger:innen in den oben genannten Berufsfeldern gedacht.

Nachdem ich den überaus schnellen Wandel der Medientechnologie mit diesem Buch seit mehr als 20 Jahren begleitet habe, wandelt sich nun auch die Autorenschaft. Ich bin überaus erfreut, mit Johannes Schmidt eine Person gefunden zu haben, die dieses Buch kompetent und engagiert weiterführen wird. Johannes Schmidt hat einen Masterabschluss in Medientechnik und ist bestens qualifiziert. Trotz seines jungen Alters hat er neben fundierten Kenntnissen der Grundlagen und der modernsten Entwicklungen hin zu IP-basierten Produktionen auch weitreichende Erfahrungen im praktischen Produktionsumfeld. Hinzu kommt ein gutes Gefühl für die ästhetischen Dimensionen hochqualitativer Produktionen. Bezüglich seiner Eigenschaften als Buchautor bin ich sehr angetan von seiner Fähigkeit, auch komplexe Zusammenhänge in klarer Sprache auszudrücken und klare Bezüge herzustellen. Es fällt ihm leicht, inhaltliche Bereiche zu strukturieren und die Balance zu finden,

um trotz Verknappung des umfangreichen Stoffes an den richtigen Stellen praxisnah in die Tiefe zu gehen. Ich bin ihm sehr dankbar, dass er diese große Aufgabe übernommen hat.

Hamburg im August 2023

Dr. Ulrich Schmidt

Vorwort zur vierten Auflage

Die vierte Auflage dieses Buches wurde gegenüber der letzten Ausgabe grundlegend neu strukturiert, überarbeitet und erweitert. So ist beispielsweise ein neues Kapitel zum Thema Wahrnehmung hinzugekommen. Es bildet die Verständnisgrundlage für die neuen Abschnitte zu den Themen UHD, HDR und HFR, die sich wesentlich an den Eigenschaften und Grenzen der menschlichen visuellen Wahrnehmung orientieren.

Zahlreiche weitere Themen dieses Buches wurden an den aktuellen Entwicklungsstand im Bereich der professionellen Videotechnik angepasst und erweitert. Dazu gehören unter anderem die IP-basierte Übertragung unkomprimierter und komprimierter Videosignale in Produktionsnetzwerken, neue Displaytechnologien oder aktuelle Entwicklungen im Bereich der Digital Cinematography.

Auch die Struktur des Buches wurde grundsätzlich überarbeitet. Das zentrale Thema des digitalen Videosignals bildet direkt im Anschluss an die geschichtliche Einordnung und die Ausführungen zur Wahrnehmung das erste technische Kapitel. Die konventionelle Filmtechnik wurde hingegen in einigen Themenbereichen gekürzt, aktualisiert und im hinteren Teil des Buches platziert. Auf die Grundlagen folgen nun direkt im Anschluss die entscheidenden Themenbereiche zur digitalen Kamera, Videodatenstorage sowie zu Display- und Projektionstechnologien, die erweitert und neu strukturiert wurden und nun jeweils eigenständige Kapitel bilden. Das Kapitel zum Digital Cinema wurde mit einem stärkeren Fokus auf die DCI-Spezifikationen erweitert und um immersive, objektbasierte Audioformate ergänzt. Es bildet gemeinsam mit dem Kapitel zu aktuellen Abläufen der Postproduktion den Schlussteil des Buches.

Mein herzlicher Dank gilt Prof. Dr. Ulrich Schmidt für die langjährige Unterstützung und Förderung sowie das Vertrauen, dieses Buch in seinem Sinne weiterzuführen. Zudem möchte ich mich in besonderem Maße bei Nathalie Mai bedanken, die große Teile dieser Neuauflage vorab gelesen, fachlich geprüft und durch zahlreiche Anregungen bereichert hat. Weiterhin gilt mein Dank Niklas Jansen und Bernhard Schmidt für die vielen Anregungen zu ausgewählten Abschnitten und Abbildungen. Auch bei Frau Kubiak und Herrn Katzenmayer vom Hanser Verlag möchte ich mich herzlich für die vertrauensvolle Zusammenarbeit bedanken.

Viele Elemente und Abschnitte dieser Neuauflage (zum Beispiel das Thema Wahrnehmung) stammen weiterhin von Dr. Ulrich Schmidt. Andere Themenbereiche habe ich erweitert, ergänzt und neu strukturiert. Nun wünsche ich Ihnen viel Freude beim Lesen, Nachschlagen und Anwenden dieser spannenden Themenbereiche der Medientechnologie.

Hamburg im August 2023

Dipl.-Ing. Johannes C. Schmidt

Inhalt

Vorwort	V
1 Geschichte	1
2 Wahrnehmung	20
2.1 Lichttechnische Kenngrößen	21
2.2 Das Auge	23
2.3 Helligkeit und Kontrast	28
2.4 Grauwertunterschiede	30
2.5 Farbe	33
2.6 Die Zeitauflösung	37
2.7 Räumlichkeit und Stereoskopie	40
2.8 Die auditive Wahrnehmung	44
3 Das Videosignal und seine Schnittstellen	46
3.1 Analoge Videosignalformen	47
3.1.1 Der Bildaufbau	49
3.1.2 BAS-Signal und Gammakurve	50
3.1.3 Das Farbvideosignal	54
3.1.4 Analoge SD-Signale	57
3.1.5 Analoge HD-Signale	61
3.2 Digitale SD-Signale	62
3.2.1 Der Digitalisierungsprozess	63
3.2.2 Das digitale SD-Komponentensignal	65
3.2.3 Serial Digital Interface	70
3.2.4 Signalkontrolle	70

3.3	Digitale HD-Signale	72
3.3.1	Digitale HD-Schnittstellen	76
3.3.2	HD und 2K	78
3.4	Digitale UHD-Signale	79
3.4.1	UHD-Schnittstellen	84
3.4.2	UHD und HFR	87
3.5	High Dynamic Range (HDR)	90
3.5.1	Übertragungsfunktion und Codewortzuordnung	94
3.5.2	Hybrid Log Gamma	97
3.5.3	Perceptual Quantization (PQ)	100
3.5.4	HDR für Liveproduktionen	104
3.5.5	HDR im Kino	110
3.6	Schnittstellen	111
3.6.1	High Definition Multimedia Interface (HDMI)	112
3.6.2	DisplayPort	115
3.7	IP-basierte Videosignalübertragung	116
3.7.1	Systemarchitektur und Multicast-Routing	117
3.7.2	SDI over IP	122
3.7.3	Pfadredundanz	124
3.7.4	SMPTE ST 2110	125
3.7.5	Network Device Interface	132
3.7.6	Secure Reliable Transport (SRT)	133
4	Videodatenreduktion	137
4.1	Codec und Container	139
4.2	Grundlagen der Datenreduktion	140
4.2.1	Entropiecodierung (Redundanzreduktion)	140
4.2.2	Intraframe-Datenreduktion	142
4.2.3	Interframe-Datenreduktion	146
4.3	Standards zur Videodatenreduktion	148
4.3.1	JPEG und JPEG2000	149
4.3.2	JPEG XS	151
4.3.3	DV (Digital Video)	152
4.3.4	MPEG	153

4.3.5	H.264 (Advanced Video Coding – AVC)	156
4.3.6	H.265 (High Efficiency Video Coding – HEVC)	158
4.3.7	H.266 (Versatile Video Coding – VVC)	160
4.3.8	Google VPx	161
4.3.9	AV1	163
4.3.10	Intermediate-Codecs	164
4.3.11	RAW-Codecs	167
4.4	Containerformate	169
4.4.1	Material eXchange Format (MXF)	170
4.4.2	QuickTime (QT)	171
4.4.3	AAF & OMF	172
4.4.4	Einzelbildformate für das digitale Kino	172
5	Die digitale Film- und Videokamera	175
5.1	Die optische Abbildung	176
5.1.1	Objektivbefestigung und Auflagemaß	178
5.1.2	Die Blende	180
5.1.3	Fokus und Schärfentiefe	181
5.1.4	Brennweite und Abbildungsmaßstab	183
5.1.5	Bild- und Sensorgrößen	186
5.1.6	Crop-Faktor	190
5.1.7	Filter und Defokussierung	191
5.2	Bildwandler	193
5.2.1	CCD-Bildsensoren	194
5.2.2	CMOS-Bildsensoren	195
5.2.3	Dynamikumfang und Dual-ISO	200
5.2.4	HDR-Sensoren	204
5.3	Shutter und Belichtung	204
5.4	Farbbilderzeugung	207
5.4.1	Strahlteiler	207
5.4.2	Mosaikfilter	208
5.5	Signalverarbeitung	210
5.6	Bauformen	214
5.6.1	Kinokameras	215

5.6.2	Dokumentation und Reportage	223
5.6.3	EB-Kameras	226
5.6.4	Studiokameras	228
5.6.5	DSLR und DSLM	233
5.6.6	Sonderformen	237
6	Videodatenspeicherung	240
6.1	Magnetbandaufzeichnung (MAZ)	241
6.2	Optische Datenträger	245
6.3	Festwertspeicher	250
6.3.1	SD-Karten	251
6.3.2	P2, SxS, SR und Codex	253
6.3.3	CFast, XQD und CFexpress	255
6.3.4	Solid State Drives	258
6.4	RAID-Konfigurationen	260
7	Bildwiedergabe	263
7.1	Definition aktiver und passiver Bildwiedergabe	263
7.2	Großbildprojektion	264
7.2.1	LC-Projektoren	266
7.2.2	Reflektive LC-Projektion	268
7.2.3	Spiegelprojektion & Kinoprojektoren	270
7.2.4	Laserprojektion ohne DMD	273
7.3	Flachdisplays	274
7.3.1	LC-Displays	274
7.3.2	OLED-Displays	278
7.3.3	Micro-LED-Displays	281
8	Konventionelle Filmtechnik	283
8.1	Film als Speichermedium	283
8.1.1	Filmschwärzung	284
8.1.2	Farbfilm	286
8.2	Filmformate	288
8.2.1	Filmbreiten	289

8.2.2	Perforation	290
8.2.3	Randkennzeichnung	291
8.3	Filmeigenschaften	293
8.3.1	Belichtung und Schwärzung	293
8.3.2	Kennlinie und Kontrastumfang	294
8.3.3	Farbfilmeigenschaften	298
8.3.4	Lichtempfindlichkeit	299
8.3.5	Filmkorn	300
8.3.6	Auflösungsvermögen	302
8.4	Filmkamera und -projektor	304
8.4.1	Die Filmkamera	304
8.4.2	Filmprojektion	308
8.5	Filmproduktion	313
8.5.1	Filmaufnahme	313
8.5.2	Kopierwerksaufgaben	315
8.5.3	Der Filmschnitt	320
8.6	Transfer in die digitale Ebene	322
8.6.1	Die Bildauflösung	323
8.6.2	Die Grauwertauflösung	324
8.6.3	Filmabtaster	327
8.6.3.1	Filmabtastung bildpunktweise	329
8.6.3.2	Filmabtastung zeilenweise	330
8.6.3.3	Filmabtastung bildweise	332
8.7	Filmbelichtung	334
8.7.1	CRT-Belichter	335
8.7.2	Laserbelichter	335
8.8	Konventioneller Filmtton	336
8.8.1	Magnettonverfahren	339
8.8.2	Lichttonverfahren	339
8.9	Mehrkanaltonverfahren	341
8.9.1	Dolby Stereo	342
8.9.2	Dolby Digital	343
8.9.3	DTS und SDDS	345

9	Digital Cinema	347
9.1	Systemspezifikation der DCI	348
9.1.1	Bildtechnische Vorgaben	349
9.1.2	Audiotechnische Vorgaben	353
9.1.3	Aufbau des Digital Cinema Packages (DCP)	354
9.1.4	Digitale Wiedergabesysteme	356
9.2	3D-Kino	359
9.2.1	Polarisationsverfahren	362
9.2.2	Shutter-Verfahren	364
9.2.3	Dolby 3D	365
9.2.4	3D-Produktion	366
9.2.5	3D-Postproduktion	368
9.3	Immersive Audioformate	369
10	Postproduktion	373
10.1	Digitale Schnittsysteme	376
10.1.1	Zentrale Elemente des Schnittsystems	380
10.1.2	Optionen zum Einfügen neuer Clips	383
10.1.3	Feinschnitt und Trimming	384
10.1.4	Keyframes und Effekte	386
10.1.5	Audio und Zusatzfunktionen	387
10.1.6	Rendering und Export	389
10.2	Farbkorrektur und Color-Grading	391
10.2.1	Nodebasierter Prozess	393
10.2.2	Kontrollwerkzeuge und Color-Checker	396
10.3	Compositing-Systeme	399
10.4	Computeranimation	407
10.5	Schlusswort	410
	Literaturverzeichnis	411
	Index	415

Die Geschichte der Bewegtbildmedien, das heißt, die Verwendung von Bildsequenzen, die die Illusion einer Bewegung hervorrufen, begann mit der Filmtechnik und damit mit der Aneinanderreihung fotografischer Bilder. Die Fotografie wurde zu Beginn des 19. Jahrhunderts entwickelt, nachdem bestimmte Fortschritte in den Bereichen Chemie, Optik und Mechanik gemacht worden waren. Die Lichtempfindlichkeit von Silbersalzen wurde bereits 1727 entdeckt, doch erst 1826 gelang es J.N. Niépce, ein Bild auf einer Zinnplatte festzuhalten, was mit einer Belichtungszeit von acht Stunden verbunden war. Nach dem Tode von Niépce wurde die Entwicklung von Daguerre weitergetrieben und führte zu den sogenannten Daguerreotypen, Unikaten, die noch nicht vervielfältigt werden konnten.

Um 1838 experimentierte der Engländer Talbot mit Papier als Trägermaterial, das er durch Chlorsilber lichtempfindlich machte. Das nasse Papier musste mehr als zwei Stunden belichtet werden, bevor die Umrisse der Abbildung als Negativ erschienen, das heißt, dass helle Stellen im Gegenstand dunkel wiedergegeben wurden und umgekehrt. Das Negativpapier konnte anschließend durch Wachs transparent gemacht werden, sodass nach Durchleuchtung und Schwärzung eines zweiten Chlorsilberpapiers das Positiv erschien. Die Erfindung wurde Photo Drawing oder auch Photo Graphics genannt, woraus der Name Fotografie entstand, der das wesentliche Merkmal, nämlich die nicht flüchtige Speicherung des Bildes, bezeichnet. Zu diesem Zeitpunkt waren bereits zwei wesentliche Bestandteile der modernen Fotografie entwickelt, nämlich das Negativ-Positiv-Verfahren und die Verwendung lichtempfindlicher chemischer Schichten auf Silberbasis.

Durch die Entwicklung lichtstarker Objektive und die Verbesserung der lichtempfindlichen Substanzen konnte im Laufe der Zeit die Belichtungsdauer auf ca. 30 Sekunden gesenkt werden. Eine weitere wesentliche Unterschreitung dieses Wertes wurde möglich, als um 1860 nach einem Verfahren von Gray, Bingham und Archer ein feuchtes Bindemittel auf Glasplatten aufgetragen und mit lichtempfindlichen Silbersalzen überzogen wurde. Die Platte wurde nach der Belichtung sofort einer Entwicklung unterzogen, das heißt, die belichteten Stellen wurden chemisch gewandelt, wodurch sich das unsichtbare, latente Bild erheblich verstärkte. Anschließend entfernte man die nicht gewandelten Substanzen in einem Fixierprozess. Mit der Entwicklung und Fixierung lagen zwei weitere wesentliche Bestandteile des fotografischen Prozesses vor, die es nun ermöglichten, Belichtungszeiten im Sekundenbereich zu erreichen.

Durch die Verwendung von Gelatine als Bindemittel wurde das Verfahren weiter vereinfacht, da trocken gearbeitet werden konnte und auch die Entwicklung vor Ort nicht mehr erforderlich war /83/. Eine weitere entscheidende Vereinfachung ergab sich schließlich um

1888 durch die Verfügbarkeit von Nitrozellulose als flexiblem Schichtträger. Damit war die Basis der Filmtechnik geschaffen und die Fotografie wurde massentauglich. Die Popularisierung der Fotografie begann mit der Kodak-Box von G. Eastman, die mit aufrollbarem Film geladen wurde, sodass die Handhabung sehr vereinfacht war.

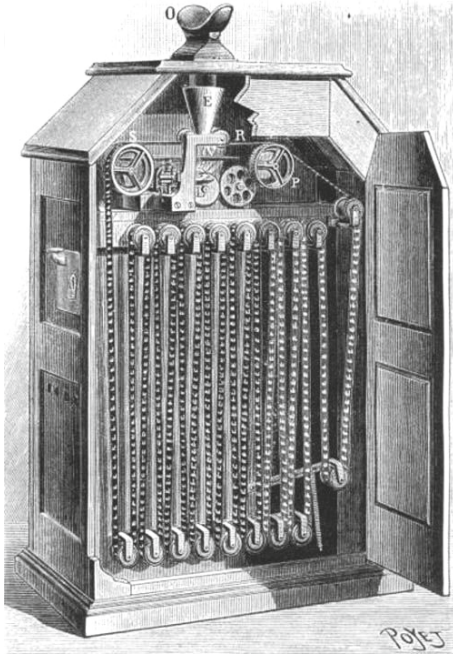


Bild 1.1
Kinematoskop

Der ab 1889 verfügbare Rollfilm und die verkürzten Belichtungszeiten ermöglichten es zu dieser Zeit, bereits einzelne Phasen von Bewegungen durch Reihenphotografie zu studieren bzw. bei Wiedergabe von mehr als 15 Bildern pro Sekunde einen fließenden Bewegungseindruck hervorzurufen. Mit dieser Bewegungsaufzeichnung, der Kinematographie, war ein neues Medium geboren. Neben dem flexiblen Rollfilm war dafür ein Apparat erforderlich, der den Film schnell genug transportierte und in den Transportpausen automatisch belichtete. Die Entwicklung eines solchen Apparates geschah in den Laboratorien von Thomas Alva Edison, der im Jahre 1891 den Kinetographen und das Kinematoskop als Geräte für die Aufnahme und Wiedergabe von Bewegtbildsequenzen zum Patent anmeldete (Bild 1.1). Der Filmtransport wurde dabei mithilfe einer Perforation im Film ermöglicht, die mit vier Löchern pro Bild definiert war. Das Kinematoskop war kein Projektionsgerät und damit nur für die Einzelbetrachtung geeignet. Eine Vorrichtung zur Projektion wurde in Europa entwickelt.

Im Jahre 1895 war der Cinematograph der Gebrüder Lumière (Bild 1.2) einsatzbereit, bei dem die Funktionen von Kamera und Projektor in einem Apparat vereinigt waren. Mittels eines Greifers wurden die Filmbilder vor das Bildfenster gezogen und nach kurzem Stillstand automatisch weitertransportiert. Obwohl die Brüder Skladanowski in Berlin bereits am 1. November eine Filmvorführung vor Publikum gaben, gilt die erste öffentliche Filmvorführung mit dem Gerät der Brüder Lumière am 28.12.1895 heute als Geburtsstunde des Mediums Film.



Bild 1.2
Gebrüder Lumière



Bild 1.3 Filmbilder aus „L'arrivée d'un train à La Ciotat“ (1895)

Zum ersten Mal war die Massentauglichkeit des Bewegtbildverfahrens als wesentliches Bestimmungsmerkmal erreicht, sodass sich die Gruppenrezeption als besonderes Spezifikum dieses Mediums etablieren konnte. Abgesehen von der Trennung von Kamera und Projektionsgerät hat sich das Grundprinzip der analogen Kinematographie seither nicht verändert: Der perforierte Filmstreifen wird bei der Aufnahme und Wiedergabe schrittweise transportiert und steht bei Belichtung bzw. Projektion still. Während des Transports wird der Lichtweg abgedunkelt. Die technische Entwicklung wurde dabei auch von Oskar Meßter vorangetrieben, der mit dem Malteserkreuz ein hochwertiges Schaltwerk für den intermittierenden Filmtransport einsetzte. Meßter gilt als Begründer der deutschen Filmindustrie und arbeitete als Techniker, Regisseur und Produzent.

Bereits ab 1897 begann durch die Brüder Pathé die Filmproduktion in großem Stil, durch die Brüder Lumière wurden die ersten Wochenschauen produziert. Ein Jahr später war mit der Doppelbelichtung bereits der erste Filmtrick entdeckt und 1902 wurde von Georges Méliès ein 16-Minuten-Film voller Spezialeffekte produziert (Bild 1.4). Der erste Animationsfilm, bei dem einzelbildweise belichtet und Objekte bewegt werden, entstand 1907.

Vor dem Ersten Weltkrieg dominierten die Handkurbelkameras, die in den 1920er-Jahren mit Federwerken ausgestattet wurden und mit denen man den Film im wahrsten Sinne des Wortes drehte. Schon damals waren die Kameras mechanische Präzisionsinstrumente. Ab 1908 wurden die Geräte mit Suchern ausgestattet, die es ermöglichten, das aufgenommene

Geschehen zu beurteilen und Bildkompositionen zu erzeugen. Stative mit Schwenkköpfen wurden entwickelt, die es gestatteten, den Schwenk des menschlichen Kopfes nachzuahmen und Fahrstative ermöglichten die Illusion von Raumtiefe durch Verschiebung der Verhältnisse von Vorder- und Hintergrund.

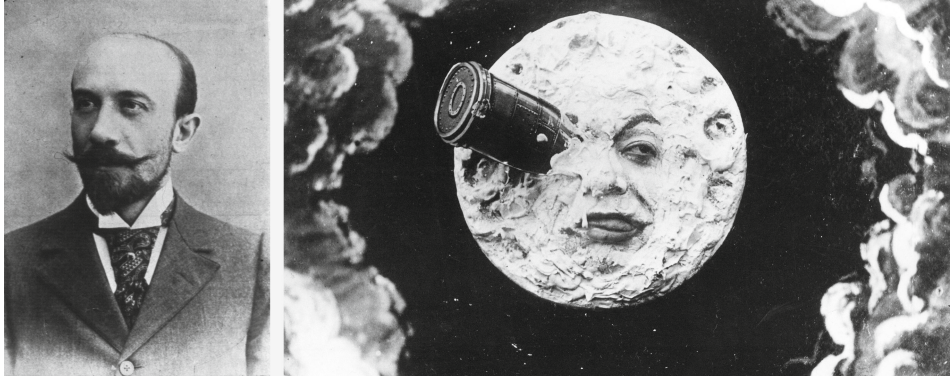


Bild 1.4 Georges Méliès und Filmbild aus „Die Reise zum Mond“

Parallel zur Technik wurde auch die Filmästhetik weiterentwickelt. Nachdem zunächst oft einfach reale kurze Szenen eingefangen wurden, ermöglichte es die Steigerung der Film-längen später ganze Geschichten zu erzählen. Diesbezüglich unterschied sich die Herangehensweise erheblich zwischen Ost und West. Während vor allem in den USA die Filminszenierung und die ökonomische Seite der Produktion im Vordergrund standen, wurden diese Aspekte in der UdSSR, insbesondere von den bekanntesten Vertretern Vertov und Eisenstein abgelehnt (Bild 1.5). Sie hatten einen eher auf künstlerische und gesellschaftliche Aspekte bezogenen Ansatz mit einem starken Fokus auf der assoziativen Montage der Bilder und waren die ersten Filmtheoretiker, die das Wesen der sogenannten 7. Kunstform ergründen wollten.

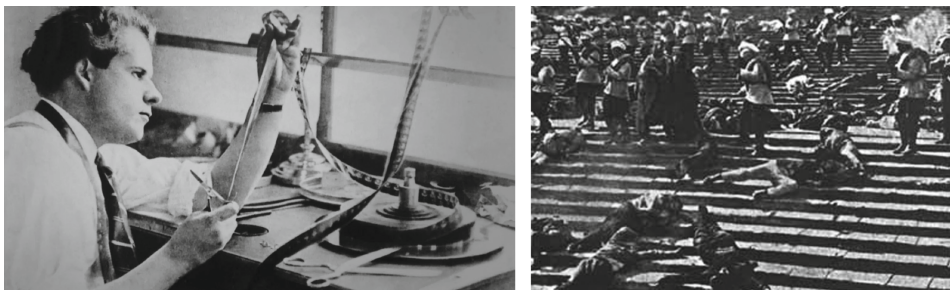


Bild 1.5 Sergei M. Eisenstein und Filmbild aus „Panzerkreuzer Potemkin“ 1925

Eisenstein wehrt sich gegen die Formatierung des Films, die in den USA sehr früh begann. Im Jahre 1909 wurde nach einer internationalen Vereinbarung der 35-mm-Film als Standardformat festgelegt. Um 1910 begann die Konzentration im Filmgeschäft und für die regelmäßigen Produktionen wurden große Tageslichtstudios gebaut, da die künstlichen Beleuchtungseinrichtungen noch nicht weit entwickelt waren. Und so wurde 1911 auch in Hollywood, einem Vorort von Los Angeles in den USA, ein Filmstudio eröffnet, dem innerhalb eines Jahres viele weitere Studios folgten, sodass sich dieser Ort innerhalb kürzester Zeit zum Zentrum der US-Filmindustrie entwickelte. Die Studios erreichten eine monopolartige Stellung und bestimmten die Rechte über Kameras und Vorführsysteme ebenso wie das Filmverleihgeschäft. Erst 1919 gelang es Regisseuren und Schauspielern, darunter Griffith und Chaplin, mit der Gründung der United Artists die enge Verflechtung aufzubrechen (Bild 1.6). Insgesamt etablierte sich in Hollywood die industrielle Herstellung weitgehend standardisierter Filme. In großen, technisch gut ausgestatteten Anlagen wurde in sehr arbeitsteiliger Form produziert. Zusammen mit dem Starkult entstand so die „Traumfabrik“, die bis heute ihre Funktion hat und den Weltfilmmarkt dominiert.



Bild 1.6
United Artists

Auch in Deutschland entwickelte sich in den 1920er-Jahren mit der UFA in Babelsberg ein Filmkonzern, der ähnliche Produktionsweisen verwendete. Hier wurde viel experimentiert, unter anderem mit der „Entfesselten Kamera“, die in atemberaubende Bewegungen versetzt wurde, um extrem eindrücklichen Szenen zu erzielen. Dies geschah in einem recht kurzen, aber sehr bedeutenden Zeitraum, bevor die Kamera durch die Einführung des Tonfilms wieder „gefesselt“ wurde, was unter anderem durch die schweren Schallschutzgehäuse bedingt war. In dieser Zeit entstanden die großen deutschen Filme, wie z.B. Fritz Langs *Metropolis*, der sehr viele tricktechnische Aufnahmen enthält (Bild 1.7).

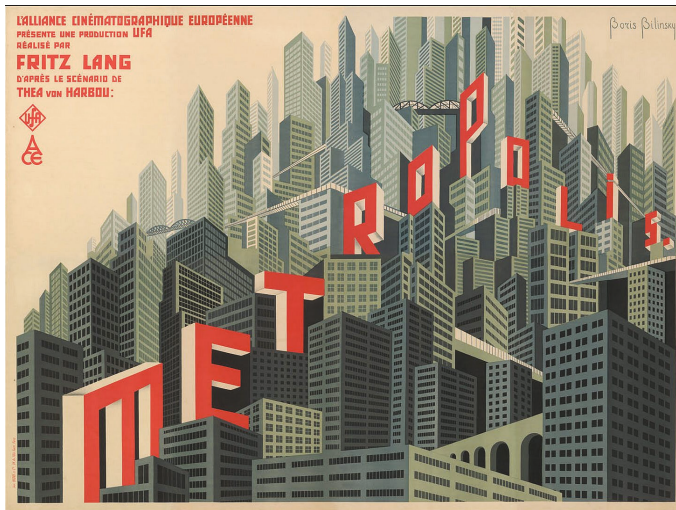


Bild 1.7 Plakat für den Film „Metropolis“ von Boris Bilinski (1900–1948)

Obwohl Edison bereits früh die Idee zur Verkopplung von Bild und Tonaufzeichnungsverfahren formulierte, dauerte es bis zu den 1930er-Jahren, bis der Tonfilm ausgereift war. Das Problem des Filmtons besteht darin, dass im Gegensatz zu Rundfunk und Fernsehen ein Verfahren zur Schallspeicherung erforderlich ist. Die Entwicklung von Schallaufzeichnungsverfahren begann parallel zur Entwicklung der Kinematographie zum Ende des 19. Jahrhunderts. Das erste Verfahren war die mechanische Speicherung von Schallschwingungen auf einer Wachsrolle, die 1877 von Edison vorgestellt und als Phonograph bezeichnet wurde. Dabei werden die Schwingungen einer vom Schall angeregten Mikrofonmembran auf eine Nadel übertragen, die eine Spur in das weiche Material schreibt. Bei der Wiedergabe wird die Spur wiederum mit einer Nadel abgetastet und eine Membran oder ein Wandler zur Erzeugung elektrischer Spannungen angetrieben.

Dieses Nadeltonverfahren wurde durch das 1888 von Emil Berliner entwickelte Grammophon abgelöst, das mit einer Platte anstelle der Walze arbeitet. Seit 1902 wurden dabei Schellackplatten verwendet. Um die Spieldauer einer Filmspule mit 300 Metern 35-mm-Film zu erreichen, wiesen diese Platten einen Durchmesser von circa 40 Zentimetern auf. So konnten Tonfilme mit einer Maximaldauer von elf Minuten am Stück gezeigt werden. Obwohl der historisch als erster Tonfilm bezeichnete Film „The Jazz Singer“ aus dem Jahre 1927 (Bild 1.8) mit diesem Nadeltonverfahren arbeitete, konnte sich das Verfahren im Filmbereich nicht durchsetzen, da eine sichere Synchronisation zwischen Bild und Ton aufgrund der separierten Geräte nicht zu gewährleisten war.

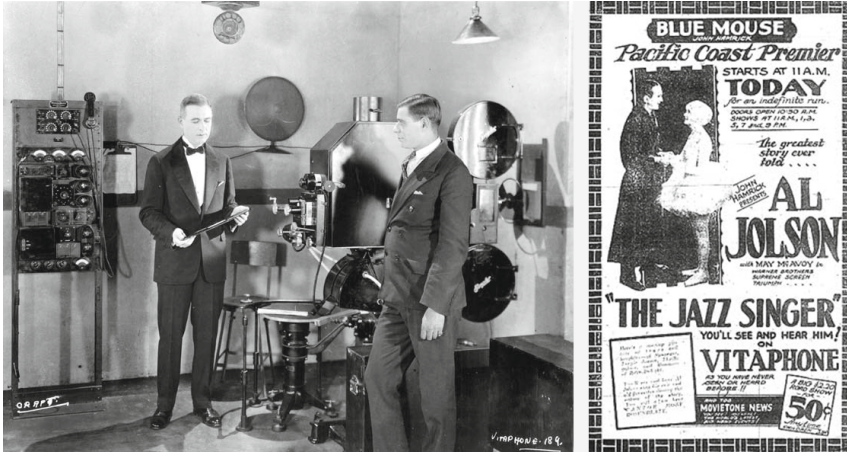


Bild 1.8 Ingenieure bei Western Electric demonstrieren das Vitaphone-Nadeltonverfahren (links), Zeitungsanzeige für den Film „The Jazz Singer“ mit dem Slogan „You’ll see and hear him!“ (rechts)

Eine unproblematische Synchronisation ergibt sich dagegen beim Lichttonverfahren, bei dem die wechselnde Schallintensität in eine veränderliche Filmschwärzung auf demselben Filmstreifen umgesetzt wird. Dieses Verfahren wird bis heute bei der analogen Filmwiedergabe verwendet, während auf der Aufnahmeseite ab den 1940er-Jahren Magnettonverfahren eingesetzt wurden. Die Entwicklung des Lichttons begann bereits zu Beginn des Jahrhunderts durch E. Ruhmer, doch erst im Jahre 1922 wurde von der deutschen Firma Trierigon ein Lichttonsystem zum ersten Mal bei einer öffentlichen Vorführung verwendet. Die Patente an dem Verfahren wurden in die USA verkauft, und von dort aus setzte sich der Tonfilm nach dem Erfolg von „The Jazz Singer“ so schnell durch, dass bereits zu Beginn der 1930er-Jahre die Ära der sogenannten Stummfilme wie „Modern Times“ von Charlie Chaplin (Bild 1.9) beendet war.

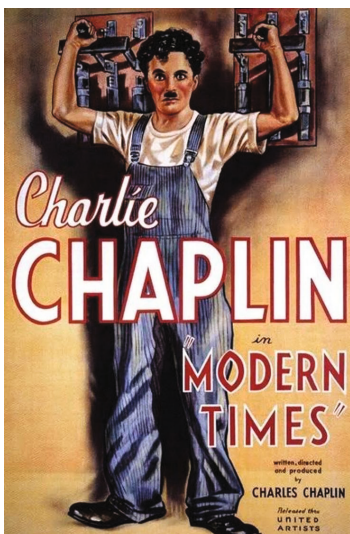


Bild 1.9 Filmplakat zu Charlie Chaplins „Modern Times“ (Stummfilm, 1936)

Diese Bezeichnung bezieht sich auf das Fehlen der direkt aufgenommenen Dialoge. Doch waren auch vor der Einführung des Tonfilms die Filmvorstellungen oft von Erzählern, Musikern und sogar Geräuschemachern begleitet, die direkt auf die dargestellten Bildsequenzen reagierten und eine besondere Form eines Live-Erlebnisses erzeugten, die auch heute noch ihre eigenen Reize hat. Die schnelle Einführung des Tonfilms hatte weitreichende Folgen. So mussten teure Tonaufzeichnungsgeräte angeschafft und bei der Produktion Rücksicht auf die Tonaufzeichnung genommen werden, was u. a. dazu führte, dass Außenaufnahmen wegen der Störgeräusche erheblich eingeschränkt wurden und deutsche Schauspieler aufgrund von Sprachproblemen ihre US-Karrieren abbrechen mussten. Ab diesem Zeitpunkt musste zudem darauf geachtet werden, dass die Kameras sehr geräuscharm gebaut oder entsprechend mit schweren Schallschutzgehäusen versehen wurden. Zudem konnten die Kameralleute die Filmgeschwindigkeit nicht mehr frei bestimmen, sondern mussten sich an einen genormten Wert halten, der auf 24 Bilder pro Sekunde festgelegt wurde.



Bild 1.10

Citizen Kane, Orson Welles (Tonfilm, 1942)

Auch der Wunsch nach farbigen Abbildungen bestand sehr früh. Die Entwicklung der Farbfilmtechnik begann um 1870, die Einführung dauerte aber erheblich länger als die des Tonfilms. Nachdem zunächst mit einer nachträglichen Kolorierung der Schwarz-Weiß-Filme von Hand begonnen worden war, gelang es später, die lichtempfindlichen Emulsionen durch den Zusatz bestimmter Farbstoffe farbsensitiv zu machen. Ab 1915 verwendete man zwei Filmstreifen für Orange und Blaugrün; die Projektion erfolgte dabei ebenfalls zweistreifig. Ab 1922 konnten mit einer aufwendigen Technik die beiden Farbauszüge auf einen Filmstreifen aufgebracht werden und es kam der erste abendfüllende Farbfilm in die Kinos. Größere Bedeutung erhielt der Farbfilm aber erst durch das Technicolor-Verfahren. Dabei wurde auf drei unterschiedlich farbsensitive Streifen aufgezeichnet und die Auszüge wurden übereinander gedruckt. Der erste abendfüllende Farbfilm nach dem Technicolor-Verfahren entstand 1935. Das Verfahren erforderte jedoch Spezialkameras und war kostspie-

lig. Einer der auch heute noch bekanntesten Filme, der das Verfahren einsetzte, war „Der Zauberer von Oz“ von 1939 (Bild 1.11).



Bild 1.11
Der Zauberer von Oz,
Victor Fleming, 1939

Preisgünstigere Farbfilm, bei denen auch aufnahmeseitig alle farbsensitiven Anteile auf einem Filmstreifen untergebracht werden konnten, standen erst ab 1948 zur Verfügung, nachdem die chromogene Entwicklung nutzbar war, die auf Erkenntnissen über die Bildung von Farbstoffen beim Entwicklungsprozess beruht und im Jahre 1912 von Fischer erstmals beschrieben wurde. Diese Erkenntnisse sind die Basis des Kodachrome-Verfahrens, das ab 1935 von Mannes und Godowsky in den USA eingeführt wurde. Ein Jahr später kam in Deutschland der Agfacolor-Film auf den Markt, der mit einem einfacheren Verfahren und mit fest in die Schicht eingebrachten Farbkupplern arbeitete. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden die Agfa-Patente durch die Siegermächte freigegeben und für die Entwicklung von Eastman-Color- und Fuji-Filmen, der zweiten bedeutenden Farbfilmmarke, verwendet.



Meilensteine der Entwicklung des Kinos

1888 Der etwa zweisekündige Film „Roundhay Garden Scene“ gilt als erster mit einer Bewegtbildkamera aufgenommene Film

1895 Erste öffentliche Filmvorführung der Gebrüder Lumière

1911 Gründung des ersten Filmstudios in Hollywood

1919 Gründung der „United Artists“

1922 Erster stereoskopischer 3D-Film: „The Power of Love“

1927 Erster Tonfilm: „The Jazz Singer“

1929 Erstmals Verleihung der Academy-Awards („Oscars“)

1932 Technicolor „Process No. 4“ verhilft dem Farbfilm zum kommerziellen Durchbruch und macht den Namen Technicolor zum Inbegriff für den Farbfilm

1952 Kommerzielle Einführung des Breitbild-Films unter dem Namen „CinemaScope“ durch 20th Century Fox

1971 Installation des ersten permanenten IMAX-Projektionssystems

1975 Einführung von Dolby Stereo ermöglicht vier Audiokanäle im Lichtton

1990 Erster ausschließlich digital generierter Spielfilm: „The Rescuers Down Under“

1992 Mit Dolby-Digital hält digitaler Ton Einzug ins Kino

1999 Erste öffentliche digitale Kinoprojektion unter Nutzung der DLP-Technologie

2009 Der 3D-Blockbuster „Avatar – Aufbruch nach Pandora“ wird zum erfolgreichsten Film aller Zeiten (Stand 2022)

2016 Erster Film, der nativ in 8K-DCI produziert wurde: „Guardians of the Galaxy Vol. 2“



Bild 1.12 Krieg der Sterne, George Lucas, 1977 (© Lucasfilm Ltd. & TM.)

Die Farbfilmtechnik wurde fortlaufend verbessert. Das Gleiche gilt für die Filmtontechnik. Der Ton ist dabei in besonderem Maße für die emotionale Wirkung des Films von Bedeutung. Entsprechend wurde bereits in den 1940er-Jahren mit Mehrkanalsystemen experimentiert, die das Räumlichkeitsgefühl der Audiowiedergabe steigern. Als erster Film mit Mehrkanalton gilt der Zeichentrickfilm „Fantasia“ von Walt Disney, der mit drei Tonkanälen für links, Mitte und rechts arbeitete. Etwas größere Verbreitung erreichten Mitte der 1950er-Jahre im Zusammenhang mit dem Breitbildverfahren Cinemascope vier- und sechskanalige Systeme, die bei der Wiedergabe das Magnettonverfahren verwendeten. Die Klangqualität ist hierbei vergleichsweise hoch, doch die Herstellung von Magnettonkopien übersteigt die Kosten von Lichttonkopien erheblich, sodass der Magnetton im Kino keine Bedeutung erlangen konnte. Seit Mitte der 1970er-Jahre fanden schließlich Mehrkanalsysteme erhebliche Verbreitung, die auf Lichtton beruhten. Diese Entwicklung ist bis heute eng mit dem Namen Dolby verknüpft. Neben der Entwicklung von Rauschunterdrückungssystemen gelang es den Dolby Laboratories, beim Dolby-Stereo-System vier Tonkanäle in zwei Lichttonspuren unterzubringen. Da das Verfahren abwärtskompatibel zu bestehenden Mono-Lichttonsystemen war, fand es im Laufe der Zeit eine erhebliche Verbreitung. 1992 wurde von Dolby schließlich das sechskanalige Dolby-Digital-Verfahren eingeführt, das wiederum abwärtskompatibel zu Dolby Stereo ist und nach wie vor große Bedeutung unter den digitalen Kinotonformaten hat.

Index

Symbole

2/3"-Sensoren 184
2,5"-SSD 258
2K-Auflösung 78
2-Sample-Interleave-Verfahren 84
3-Chip-System 208
3D-Brille 362
3D-Compositing 404
3D-Kino 359
3D-Lookup-Table (LUT) 213
3D-LUT 396
3D-Rig 366
3G-SDI 76
3G-SDI Level A und B 77
4:2:2-Abtastraster 68
4k-Auflösung 78
6G-, 12G- und 24G-SDI 84
6G-SDI 86
12G-Single-Link 84
16 mm-Film 188
50-Hz-System 73
70-mm-Film 188
360°-Kameras 237
625-Zeilen-System 49
720p 74
1080i 74
1080p 75
2160p 79
4320p 86
γ-Kurve 296

A

Aaton 304
AB-Betrieb 376
Abbildungsfehler 176
Abbildungsgleichung 176
Aberration 177
– chromatische 177
– sphärische 177
Ablenkspulen 48
Abtastfrequenz 63
Abtaststruktur 68
AC3 344
Academy-Format 187
Action-Camcorder 237
Active Format Description (AFD) 131
Active-Pixel-Sensor (APS) 197
Adaptive I-Frames 391
Additive Mischung 54
Adjustment-Clip 386
Adobe After Effects 399
Adobe Photoshop 399
Adobe Premiere Pro 378
Advanced Authoring Format (AAF) 171,
172, 389
Advanced Media Workflow Association
(AMWA) 131
Advanced Video Coding (AVC) 156
AES3 125
AES67 125
AES/EBU-Schnittstelle 345
Akkommodation 42
Aliasing (Bildsensor) 191
Alignement Layer 266

- Alpha-Kanal 400, 405
- Anaglyphen-Verfahren 362
- Anamorphotischen Kompression 187
- Ancillary Data 70
- Animationen 399
- Animationsfilm 3
- ANSI-Lumen 264
- Apertur 180
- Apple Final Cut Pro X 378
- Arbeitskopie 320
- Arbeits- und Sichtkopien 374
- ARD 14
- Arri 304
- Arriflex 306
- Arriscan 333
- Artistic Rendering Intent (ARI) 99, 102
- Assimilate Scratch 392
- Assisted Internal Focus (AIF) 185
- Audioeffekte 387
- Audiosignalverarbeitung 387
- Audiospezifikation 248
- Audiotechnik
 - Digital Cinema 353
- Audiowellenform 381, 388
- Auditive Wahrnehmung 44
- Auflagemaß 178
- Auflösungsvermögen 49, 302
- Auge 23
- Augendiagramm 72
- Ausfallsicherheit (Laufwerke) 260
- Ausgabeauflösung 390
- Austastlücke 52
- Autodesk Flame 399
- Autodesk Lustre 392
- Automatic Repeat reQuest (ARQ) 135
- AV1 163
- AVCHD 157
- AVC-I 158
- Avid DS Nitris 380
- Avid Media Composer 378

- B**

- B4-Mount 179, 230
- Back-Illuminated-Sensor (BSI) 198
- Back Surround 345
- Banding 31
- Bartenkurve, Bartengrenze 32, 96
- Barten-Modell 32
- BAS-Signal 53
- Bayer-Pattern 167, 208
- Belichtungsdreieck 206
- Belichtungskontrolle 206
 - Falschfarbendarstellung 206
 - Zebra 206
- Belichtungszeit 89, 204
- Betacam SP 241
- Betrachtungsabstand 79
- Better Portable Graphics (BPG) 159
- Bewegungsparrallaxe 361
- Bewegungsprädiktion 147
- Bewegungsunschärfe (motion blur) 88
- Bézier-Kurve 386, 404
- Bezugsblende 22
- B-Frame 148
- Bidirektionale Prädiktion 155
- Bildaufbau 49
 - progressiv 49
- Bildauflösung 323
 - Digital Cinema 349
- Bildaufnahme 175
- Bildeffekte 386
- Bildfenster 328
- Bildfrequenz 38
- Bildmanipulation 399
- Bildrauschen (CMOS) 199
- Bildschärfe 324
- Bildseitenverhältnis 49
 - Digital Cinema 350
- Bildsignal 52
- Bildstabilisierung , 235
- Bild/Tonversatz 341
- Bildwandler 193
- Bildweite 176
- Bildwiedergabe 263
 - aktive 264
 - passive 263
- Bildwiederholrate
 - Digital Cinema 350
- Bin 380

Binokulare Wahrnehmung 40
 Blackmagic Design DaVinci Resolve 378
 Blende 180
 Blendenreihe 181
 Blendenstufe 92
 Blendenzahl 180, 181
 Blimp 306
 Blow-up 315
 Blue-Box 405
 Blur 406
 Blu-Ray Disc 248
 Body 170
 Bokeh 180
 Bolex 304
 Boundary-Clock (PTP) 127
 Box-Objektive 231
 Braunsche Röhre 14
 Brechkraft 176
 Brennweite 176, 183
 – bildseitige 176
 Broadcast Wave (.WAV) 353
 BT.2020-Farbraum 82
 Bump Mapping 409
 Burst 60

C

CABAC & CAVLC 140
 Caller (SRT) 134
 Camera Control Unit (CCU) 229
 Camera obscura 175
 Candela 22
 Capstan 329
 CCD-Abtaster 330
 CCD-Sensoren 194
 Celco 335
 Centerkanal 341
 CFast-Karte 256
 CFexpress-Karte 257
 CF-Karte 255
 Chaplin 5
 Chroma-Key 405
 Chromaunterabtastung 138
 Chrominanzsignal 60
 CIExyz-Diagramm 55

Cineform 166
 Cine III 335
 Cinemascope-Verfahren 187
 Cineon 322
 Cineon-Format 173
 Cineon-System 172
 CMOS-Sensoren 195
 Codec 390
 Codex Compact Drive 255
 Codiervverzögerung (Latenz) 149
 Coding-Units (CU) 159
 Color Analyser 318
 Color-Checker 398
 Color Gamut 56
 Color-Grading 375, 392
 Colorist 392
 Color-Match-Verfahren 398
 Color Remapping Information (CRI) 102
 Color Space Transform, CST 394
 Color Spill 405
 COMMAG 338
 Commission Internationale d'Eclairage,
 CIE 54
 COMOPT 338
 Composite-Signal 60
 Compositing 399
 Composition Playlist 354
 Computeranimation 407
 Constant luminance Verfahren 82
 Consumer Electronics Control (CEC) 113
 Container 139, 169
 Containerformat 379, 390
 Continuous Contact Printer 316
 Contrast Sensitivity Function (CSF) 26
 Cordband 339
 Crop-Faktor 190
 Cropping 190
 CRT-Belichter 335
 CTL 245
 Cube-LUT 396

D

Daguerreotypen 1
 Data-Range 68

- Data-Streams (UHD SDI) 85
- Dateiaustausch 169
- Datenreduktion 137
- Datenspeicherung 240
- DaVinci Resolve Fusion 399
- Debayering 167, 209
- Deblocking-Filter 156
- DeckLink 380
- Deembedder 117
- DeVries-Gesetz 31
- Dichroitische Spiegel 267
- Dichteverhältnis 92
- Dichtewert 294
- Differential Pulse Code Modulation (DPCM) 146
- Digital Audio Workstation (DAW) 389
- Digital Betacam 241
- Digital Cinema Distribution Master (DCDM) 174, 349
- Digital Cinema Initiative (DCI) 111, 347
- Digital Cinema Package (DCP) 174, 347, 349, 354
- Digital Cinema System Specification (DCSS) 348
- Digitale Magnetbandaufzeichnung 241
- Digitale Postproduktion 373
- Digitales Negativ 327
- Digital Intermediate (DI) 322, 347, 399
- Digital Lab 322
- Digital Light Processing-Einheit 271
- Digital Micromirror Dev. 270
- Digital-serielles Komponentensignal (DSK) 70
- Digitalsignale 63
- Digital Single Lens Mirrorless (DSLM) 233
- Digital Single Lens Reflex (DSLR) 233
- Digital Source Master (DSM) 348
- Digitaltechnik 63
- Digital Theater System 345
- Digital Versatile Disc (DVD) 245
- Digital Video Broadcasting (DVB) 17
- Digital Video (DV) 152
- Digital Video Interface (DVI) 112
- D-ILA 269
- Dioptrie 176
- Direct-Mapping (HDR) 106
- Diskrete Cosinustransformation (DCT) 142
- Diskrete Sinustransformation (DST) 164
- Diskrete Wavelet-Transformation (DWT) 142
- Diskretisierung 63
- Displacement Mapping 409
- Display Data Channel (DCC) 113
- DisplayPort (DP) 115
- Display-referred Mapping 107
- Display Stream Compression (DSC) 115
- Displaytechnologie 274
 - LCD 274
 - Micro-LED 281
 - OLED 278
- DLP 271
- DMD 270
- DNxHD/DNxHR 165
- Dolby 3D 365
- Dolby A 342
- Dolby AC3 248
- Dolby B 342
- Dolby Cinema 111
- Dolby Digital 343
- Dolby Digital Surround EX 345
- Dolby E 345
- Dolby Noise Reduction 342
- Dolby SR 342
- Dolby Stereo 10, 342
- Dolby Vision 103, 104
- Domino 322
- Doppelzackenschrift 339
- DPX 173
- Drohnen 238
- DTS 345
- Dual-ISO-Sensor 202
- Dual Layer 247
- Dual-Link-SDI 76
- DVCam 153, 242
- DVCPro 153, 242
- DVD 249
- DVD-Video 248
- Dynamic Range 93

Dynamic Tracking 244
Dynamikbereich 93
Dynamikumfang , 201
Dynamische Metadaten 102

E

Eastman/Kodak 284
EB-Kamera 226
ECN-2 315
Edison 2
Edit Decision List (EDL) 172
Editing 383
E-EDID-Information 113
Effektfilter 192
EF-Mount 179
Eisenstein 4
Elektronenstrahl 48
Elektronische Berichterstattung
(EB) 226
Elektro-optische Transferfunktion
(EOTF) 52
Elementardatenströme 126
Elementary Streams 134
Embedded Audio 70, 77
Embedder 117
E-Mount 179
End of Active Video (EAV) 69
ENG-Objektive 227
Entropiecodierung 140
exFAT-Dateisystem 252
Export 389
Exposure 299
Exposure Index (EI) , 201
expressP2 253
EXR, OpenEXR 173
Extender (Zoomobjektiv) 185

F

Faksimile 328
Farbbalken 57
– Testbild 57
Farb-, Bild-, Austast-Synchronsignal
(FBAS) 59

Farbbilderzeugung 207
Farbdifferenzkomponenten 58
Farbenperspektive 360
Farbfilm 286
Farbfilmeigenschaften 298
Farbhilfsträgerfrequenz 59
Farbkorrektur 375, 391
Farbmischung 286
Farbraum 54
Farbraumtransformation 394
Farbstich 298
Farbstoffwolken 287
Farbtemperatur 34
Farbtripel 48, 54
Farbunterabtastung 68
Farbvideosignal 54
Farbwahrnehmung 33
FAZ 334
FBAS-Signal 59, 61
Feinschnitt 374, 384
Festbrennweite 178
Filmabtaster 327
– bildpunktweise 329
– bildweise 332
– zeilenweise 330
Filmantrieb 304
Filmaufnahme 313
Filmaufzeichnung 334
Filmbelichtung 334
Filmbreite 289
Filmeigenschaften 293
Filmformat 288
Filmkamera 304
Filmkennlinie 294
Filmklappe 314
Filmkorn 286, 300
Filmlight Baselight 392
Filmlook , 189
Filmproduktion 313
Filmprojektion 308
Filmscanner 327
Filmschleife 341
Filmschwärzung 284
Filmtechnik 283
Filmton 336

Filmtransport 304
Filmtrick 3
Filter 191
Finder 306
Fit to Fill 384
Fixed-Pattern-Noise (FPN) 211
Fixierbad 316
Flashing 316
Flash-Speicher 250
Flicker 307
Flimmerfrequenz 50
Flying-Spot 329
F-Mount 179
Fokus 181
Footroom 67
Formatfaktor 190
Formebene 403
Fotodiode 329
Fotoeffekt 329
Fotografie 1
Fotozelle 329
Frame 50
Frame Interline Transfer CCD 194
Frames per second (fps) 38, 327
Freistellung 405
Full Aperture 324
Full-Frame-CCD 194
Full-Frame-Format (Kleinbild) 188
Full-Swing 68

G

Gamma-Vorentzerrung 51
Gamma-Vorverzerrung 52
Gammawert 296
Gamut 54
Gate 328
Gegenstandsweite 176
Gelbfilterschicht 286
Generator (Compositing) 403
Gigabit-Ethernet (GbE) 118
Glasfaserübertragung (SDI) 77, 85
Global-Shutter-Sensor 200
Google VPx 161
Gradation 51, 296

Grain 300
Grammophon 6
Granularität 302
Graukarte 93, 106
Grauwertauflösung 324
Grauwertverhalten 51
Greiferwerk 304
Griffith 5
Grobschnitt 374
Großbildprojektion 264
Großflächenflimmern 38
Group of Pictures (GOP) 148
Grundfarben 54

H

H.264/AVC 156
H.265/HEVC 158
H.266/VVC 160
Halbbild 50, 359
Handkurbelkameras 3
Hard-Clipping (HDR) 107
Hard Disk Drives (HDD) 258
Hardwarebeschleunigung 379
Hardware-RAID-Controller 260
Harte Schnitte 386
Hauptebene 177
HD-Abtastfrequenz 72
HDCAM SR 242
HD-CIF (Common Image Format) 61
HD-DVD 248
HDR10 103
HDR-Liveproduktion 109
HDR-Metadaten 102
HDR-Produktion 105
HDR-Referenzpegel 104
HDR-Sensor 204
HD-Schnittstelle 76
HD-SDI 76
HD-Signal
– analog 61
– digital 72
HDTV-Signal 61
HDV 153, 242
Header 170

Header-Informationen 118
 Head Mounted Display (HMD) 362
 Headroom 67
 Helligkeit 28
 Helligkeitssignal (Y) 56
 Hellsektor 305
 Hellwahrnehmung 36
 Heynacher-Integral 27
 High-bandwidth Digital Content Protection (HDCP) 112
 High Definition Multimedia Interface (HDMI) 112
 High Definition Television (HDTV) 61
 High Definition Video (HD) 17
 High Dynamic Range (HDR) 18, 90
 High Efficiency Image File Format (HEIFF) 159
 High Efficiency Video Coding 158
 High Frame Rate (HFR) 80, 87
 Hinterkamerabedienung (HKB) 232
 Histogramm 72
 HIT 368
 Hollywood 5
 Hörfläche 44
 Horizontale Austastlücke 68
 Horizontal Image Translation 368
 Hörschwelle 44
 HSL-Qualifier 395
 Hue vs. Hue 394
 Huffman-Codierung 140
 Hybride DCT 154
 Hybrid-Kameras 236
 Hybrid Log Gamma (HLG) 97
 Hyperstereoskopie 367
 Hysteresekurve 243

I

I-Frame 148
 I-Frame-Intervall 391
 IGMP-Protokoll 122
 Ikonoskop 14
 ILA 269
 Image Light Amplifier 269
 IMAX-Verfahren 188

Induktionsgesetz 243
 Infrarotimpulse 364
 Infrarotsperrefilter 191
 Ingest 357, 375
 Insert-Schnitt 383
 Integer-Transformation 156
 Integrated Media Block (IMB) 358
 Intensitätsmodulator 336
 Interaxiale Separation 367
 Intercom 229
 Interframe-Codecs 138
 Interframe-Datenreduktion 146
 Intermediate-Codec 164
 Intermittierender Antrieb 341
 International Telecommunications Union (ITU) 52
 Interokularabstand 366
 Interoperabilität 131
 Interpolation 90
 Intraframe-Codecs 138
 Intraframe-Datenreduktion 142
 In- und Out-Marke 382, 383
 Inverse Tone-Mapping (ITM) 106
 IO-Karte 380
 IP-basierte Signalübertragung 116
 IPv4-Adressen 118
 IRIX 399
 Irrelevanzreduktion 137, 164
 ITU 52

J

Jitter 72
 Joined Taskforce for New Media (JT-NM) 131
 Joint Photographics Expert Group (JPEG) 148
 Joint Video Experts Team (JVET) 160
 JPEG 149
 JPEG2000 150, 350
 JPEG XS 125, 151
 Judder-Effekt 39, 88
 Just Notable Difference (JND) 30

K

Kamera 175
 – Bauformen 214
 – digital 175
 Kameraassistent 313
 Kamerafahrt 314
 Kameramann/Kamerafrau 313
 Kassette 304
 Kathodenstrahlröhre 47
 Kennlinie des Filmnegativs 110
 Keycode 292
 Keyframe 386, 403
 Keying 405
 Key-Stoning 367
 Kinematographie 2
 Kinematoskop 2
 Kinofilmproduktion 313
 Kinokamera 215
 Kinoprojektion 272
 Kinoprozessor (Audio) 358
 Kippender Farbstich 298
 Kleinbildformat 188
 Kleinbildformat-äquivalente Brennweite 190
 Knie (knee) 98
 Koaxialkabel 76, 85
 Kodachrome-Verfahren 9
 Koeffizient (DCT) 143
 Kompendium 314
 Komplementärfarben 54
 Komponentensignal 57, 61, 65
 Komposition, Digital Cinema 349
 Kontaktkopie 316
 Kontrastumfang 200
 Konversionsfilter 192
 Kopfspalt 244
 Kopftrommel 244
 Kopierwerk 315
 Körperfarben 56
 Kreuzschiene 116
 Kulisseneffekt 368
 Kunstlicht 211

L

Lambertian reflector 105
 Lampenhaus 312
 Landschaftsaufnahmen 367
 Längsspur-Aufzeichnung 339
 Längsspurverfahren 244
 Laserbelichter 335
 Laserprojektion 273
 Latenz 134
 Laterale Hemmung 25
 Layerbasiertes Compositing 399
 LCLV 266
 LCOS 269
 LC-Projektion 266
 – reflektive 268
 Leaf-Spine-Architektur 120
 Leaf-Switches 120
 LED 333
 Leuchtschicht 48
 Lichtempfindlichkeit 293, 299
 Lichtmodulator 273
 Lichtstärke 21, 180
 Lichtstrahlen (zentral/parallel) 176
 Lichtstrom 21
 Lichttonverfahren 7, 339
 Lichtventil 266
 Lineare Perspektive 360
 Lineare Schnittsysteme 376
 Linienpaar 302
 Linse (konkav/konvex) 176
 Liquid Crystal Light Valve 266
 Liquid Crystal on Silicon 269
 Listener (SRT) 134
 Lochmaske 48
 Logarithmische Übertragungsfunktionen 105
 Longitudinal Timecode (LTC) 245, 293
 Lookup-Tabelle (LUT) 395
 Lossless HEVC 160
 Low Complexity Entropy Coding (LCEC) 159
 Lumen 21
 Luminanz-Key 405
 Luminanzsignal 57

Lüschers Winkel 367

Lux 22

M

M.2-Formfaktor 258

M.2-SSD 259

Magazin 304

Magnetbandaufzeichnung (MAZ) 241

Magnetbandaufzeichnungsverfahren
(MAZ) 17

Magnetisierungskennlinie 243

Magnettonverfahren 339

Makroblock 152

Malteserkreuz 3, 310

Masken (Farbkorrektur) 395

Maskierer 45

Mastering 375

Material eXchange Format (MXF) 170

Materialorganisation (Postproduktion)
380

Materialverwaltungssystem 375

Matrixcodierung 343

Mattebox 314

MaxCLL (Maximum Content Light Level)
102

MaxFALL (Maximum Frame Average Light
Level) 102

Maximalleuchtdichte 90

Maya 410

mDNS 133

Media Block 358

Media-Browser 383

Mediatheken 83

Medical Imaging 160

Mehrkanalton (5.1/7.1) 78

Mehrkanaltonsysteme 341

Merge-Nodes 401

Mesopisches Sehen 28

Messwerkzeuge (Farbkorrektur) 396

Mezzanine-Codec 164

Microscanning 333

microSD-Karte 253

Mini- & Micro-HDMI 113

Mini Monitor 380

Mirror-Rig 367

Mischmethoden 400

Mischstudio 375

Mithörschwelle 45

Mittenortung 341

Modulationsgrad 302

Modulationstransferfunktion 302

Monochromatische Farben 55

Mosaikfilter 208

Motion Blur 39

Motion Picture Matrix 343

Mount 179

Moviemcam 304

Moving Pictures Expert Group
(MPEG) 148

MPEG 153

MPEG-TS 134, 152

Multicam-Sequenz 388

Multicast-Adressbereich 119

Multicast-Routing 117, 121

Multiplexbildung 65

Multi-Readout-Verfahren

– HDR-Sensor 204

Multiview-Ansicht 388

N

Nachbelichtung 297

Nachtaufnahme 315

Nadeltonverfahren 338

Nasskopiereinrichtung 318

Native Empfindlichkeit 201

Nebendichte 299

Negativentwicklung 315

Negativ-Positiv-Verfahren 1, 285

Negativschnitt 321

Nematische Phase 266

Network Device Interface (NDI) 132

Netzadresse 118

Netzmaske 120

Neutraldichtefilter 192

NewTek 132

NewTek SpeedHQ (SHQ0) 133

Nichtflüchtige Halbleiterspeicher 250

Nichtkopieren 313

Nichtlineare Editing-Systeme (NLE) 376
 Nipkow-Scheibe 12
 Nitrofilm 284
 NMOS-Spezifikationen 131
 Nodebasiertes Compositing 399
 Nodes (Farbkorrektur) 393
 Non-square Pixels 68
 Normalabbildung/Normalbrennweite 183
 Normalbelichtungsumfang 296
 NTSC 15, 59
 NTSC-Pulldown 327
 NVMe-Protokoll 259
 NXCAM 157
 Nyquist-Frequenz 63

O

Objektbasierte Audioformate 250, 353
 Objektivbefestigung 178
 Offline-Schnitt 374
 Öffnungsverhältnis 180
 Öffnungswinkel 205
 Offset-Korrektur 211
 Okklusion 360
 On-Chip-Lens-Technologie 195
 Online-Schnitt 374
 Open Media Framework (OMF) 172
 Operational Pattern (OP) 1a 171
 Optical Printer 319
 Optische Abbildung 176
 Optischer Tiefpassfilter 191
 Optische Speichersysteme 245
 Optische Täuschung 21
 Opto-elektrische Transferfunktion (OETF) 52
 Opto-opto-elektrische Übertragungsfunktion (OOTF) 52
 Orchestrationssystem 122, 131
 Ordinary-Clock (PTP) 127
 Orthogonales Abtastraster 65
 Ortsauflösungsvermögen 37
 Ortsfrequenz 142
 OSI/ISO-Schichtmodell 118
 Oszilloskop 70
 Overwrite-Schnitt 383

P

PAL 15, 59
 Panasonic P2-Karte 253
 Panavision 304
 Pan-Tilt-Zoom-Kameras (PTZ-Kameras) 239
 Parade (Messgerät) 212
 Parallaxe 41
 Parallel Nodes 393
 Passive-Pixel-Sensor (PPS) 197
 Pathé 3
 PCI-Express-Schnittstelle 254
 PCM-Audio 78
 Pegelsenkung 388
 Perceptual Quantization (PQ) 100
 Perfoband 339
 Perforation 290
 Pfadredundanz 124
 P-Frame 148
 Phantomschallquellen 341
 Phonograph 6
 Photodiode 195
 Photogate 194
 Photo Graphics 1
 Photopisches Sehen 28
 Pinned Photodiode 199
 Pin registered 333
 Pixel 50
 Playout 375
 PL-Mount 179
 Polarisationsebene 266
 Polarisationsverfahren 362
 Postproduktion 373
 Prädiktion (Datenreduktion) 146
 Precision Time Prokoll (PTP) 127
 Prime lens 178
 Print 316
 Prismenblock 207
 Privater Adressraum 119
 Projektion
 – Digital Cinema 358
 ProRes 165
 Proxies 374
 PTP-Profil 127

Puffer-Latenz 136
Pulfrich-Effekt 361
Punkt-zu-Punkt-Verbindung 116
Purpurgerade 55

Q

Quadkopter (Drohnen) 238
Quad-Link SDI 85
Quadraturamplitudenmodulation
(QAM) 59
Qualität der Pixel (quality of pixels) 80, 87
Qualitätsskala 89
Quantisierung (Datenreduktion) 64, 73,
144
Quantisierungsfehler 64
Quantisierungsrauschen 45, 64
Quantisierungstiefe 64
– Digital Cinema 350
QuickTime (QT) 171

R

Radiosity 410
RAID-Konfiguration 260
Randkennzeichnung 291
Random Access Memory (RAM) 250
Raumtiefe 40
Rauschquellen 213
Rauschreduktion 211
RAW-Aufzeichnung 391
RAW-Codec 167
Raytracing 410
RealID 362
Real-time Transport Protocol (RTP) 118
Redundanzreduktion 137, 140
Reel 355
Referenzleuchtdichte
– Digital Cinema 352
Referenzweiß (HDR) 105
Reflexion 22
Relevanzreduktion 137
Remote Control Panel (RCP) 230
Remote Management 357
Renderfarm 399

Rendering 389, 407
Rendezvous (SRT) 134
Replace-Schnitt 383
Reportagekamera 223
Rezeptive Felder 25
RGBA 405
RGB-Parade 397
RGB-Primärvalenzen 351
RGB-Signal 57, 61
Ripple Overwrite 384
Rivalität der Eindrücke 360
Rohschnitt 382
Rolling-Shutter-Effekt 200
Roll-Trim 385
RTP-Payload 129
Run Length Coding (RLC) 140
Run Length Encoding, RLE 173

S

S3D 359
Sample-Row-Data (SRD) Header 130
Sampling 64
SATA-Schnittstelle 258
Sättigung 54
Scene-referred Mapping 107
Schalldruck 44
Schallpegel 44
Schaltrolle 310
Schärfentiefe 181, 182
Schärfeverlagerung 314
Schärfewahrnehmung 26
Schleier 285
Schlussklappe 315
Schneidetisch 320
Schnitt 320
Schnittliste (Edit Decision List, EDL) 374
Schnittstelle 111
– HDMI 112
Schrägspurverfahren 244
Schreiberkurve, Schreibergrenze 96
Schrittkopiermaschine 317
Schulter 295
Schulterkamera 306
Schwärzung 293

- Schwärzungskurve 294
- Schwelle 295
- Screen Management System (SMS) 356
- SDDS 345
- SD Express 252
- SD-Signal
 - analog 57
 - digital 62
- SECAM 15, 59
- Secure-Digital-Karte (SD-Karte) 251
- Secure Reliable Transport (SRT) 133
- Security Manager 355, 358
- Sehwinkel 24
- Senkel 320
- Sensitivity Threshold 201
- Sensorgroße 186
 - Übersicht 189
- SEPMAG 338
- Serial Digital Interface (SDI) 70
- Serial Nodes 393
- Session-Description-Protocol-Objekt (SDP) 128
- Shading 410
- Shot Noise 201
- Show Playlist 354
- Shutter 88, 205
- Shutter-Verfahren 364
- Siberbromid 284
- Sicherheitsfilm 284
- Sichtbares Spektrum 35
- Side by Side Rig 366
- Signalkontrolle 70
- Signal-Rauschabstand (SNR) 93
- Signalverarbeitung
 - Kamera 210
- Silberleinwände 363
- Silbersalz 284
- Silicon X-tal Reflective Display 270
- Skladanowski 2
- Skotopisches Nachtsehen 28
- Sliding-Edit 385
- Slipping-Edit 385
- Smart-Bins 381
- SMPTE Epoch 127
- SMPTE-Kamerakabel (311/404M) 229
- SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) 76
- SMPTE ST 2022-6 122
- SMPTE VC-3 165
- SNG-Fahrzeug (Satellite News Gathering) 228
- SNRZI 70
- Softimage 410
- Software Defined Networking (SDN) 121
- Solid State Drive (SSD) 258
- Sony AXS-Speicher 255
- Sony Dynamic Digital Sound 346
- Sony SxS-Karte 254
- Special Effects 11
- Speckles 274
- Speed 286
- Speed-Ramps 387
- Speichermedium
 - Film 283
- Speicherröhrenabtaster 332
- Spektrale Empfindlichkeit 36
- Spektralkoeffizient 143
- Sperrgreifer 305
- Spiegelprojektion 270
- Spine-Switches 120
- Spitzlichter 98, 100, 104, 295
- Spulenturm 309
- Square-Division-Verfahren 85
- ST-2022-7-Redundanz 121
- Stäbchen 24
- STAN 368
- Standard Definition (SD) 49
- Standard Dynamic Range (SDR) 91
- Stanze 405
- Start of Active Video (SAV) 69
- Status A 299
- Status M 299
- Staub- und Kratzerreduktion 331
- Steenbeck 320
- Stereobasis 367
- Stereoscopic Analyser 368
- Stereoskop 364
- Stereoskopie 359
- Stereoskopische Systeme 42
- Stitching 238

Stoppbad 316
Strahlteiler 207
Studioinstallation 117
Studiokamera 228
Studio-Swing 68
Subbilder 349
Subclips 381
Sub Master 381
Subnetzmaske 120
Subwoofer 344
Sucher 306
Sucherlupe 307
Super-35-Format 187
Surround 344
Surroundsignal 343
SXRD 270
Synchronimpuls 52
Synchronisation 52, 381
– IP-Netzwerke 127
Synchronsignal 53
Systemarchitektur 117
Szenenkontrast 91

T

Tageslicht 211
Tagged Image File Format (TIFF) 174, 349
Taktgenerator 128
TDI-Sensor 331
Technicolor-Verfahren 8
Teilnehmeradresse 118
Telecine 327
Teleobjektiv 183
Temperaturstrahler 34
Tereoskopische Aufnahmen 366
Textur 409
TFT 267
Theater Management System (TMS) 356
Thin Film Transistor 267
Three-Point Editing 383
Thumbnail 170
THX 346
Tiefenschärfe 182
Tiefenscript 368
Tieline 117

Timecode 292
Timed Text 349
Timed Text Markup Language (TTML) 131
Timeline 381
Timeline-Monitor 382
Timing Reference Signal (TRS) 69, 80
Tint 394
Tone-Mapping (TM) 106
Tonfilm 5
Track 383
Tracking 406
Transferfunktion
– Digital Cinema 352
Transition Minimized Differential
 Signalling (TMDS) 112
Transparency Mapping 409
Transparent-Clock (PTP) 127
Transparenz 294
Travelling Matte 320
Trickkopiermaschine 319
Tricktisch 319
Triergeron-System 7
Tri-Ergon-Verfahren 337
Tri-Level-Sync (TLS) 62
Trim-Mode 384
Triple-Flash-Verfahren 363
Trocknung 316

U

Übergang 386
Übersteuerung 201
Übertragungsfunktion
– Digital Cinema 359
Übertragungssicherheit 134
Übertragungswagen (Ü-Wagen) 228
UDP-Protokoll 118, 134
UFA 5
UHD-Produktion 83
UHD-Schnittstelle 84
UHDTV 83
UHS-Geschwindigkeitsklassen 252
Ultra HD Blu-Ray Disc (UHD-BD) 249
Ultra HD Forum 103
Ultra High Definition (UHD) 79

Ultra Studio 380
 Umkehrverfahren 285
 Umlaufblende 305
 Unicast-Routing 121
 United Artists 5
 UXGA 265

V

Variable Längencodierung (VLC) 140
 Vektorskop 72
 Verdeckung 360
 Verdeckungseffekt 45
 Versatile Video Coding 160
 Verteilverstärker 116
 Vertical Interval Timecode (VITC) 293
 Vertov 4
 Videoausspiegelung 307
 Video Coding Experts Group
 (VCEG) 158
 Video Home System (VHS) 241
 Video-Range 68
 Video-Services-Forum (VSF) 125
 Videosignal 46
 – analog 47
 – IP-basierte Übertragung 112
 Videosignalübertragung
 – IP-basiert 116
 Videospur (Postproduktion) 382
 Virtual Reality 18
 Virtuelle Primärvalenzen (XYZ) 351
 Visual Cortex 20
 Visuelle Effekte 374, 399
 Visuelles Wahrnehmungsvermögen 20
 VOB 248
 Voice-Over 375
 Vollbilddauer 52
 Vorschaumonitor 382
 Vorverarbeitung 138
 VP9 (Codec) 161

W

Wandermaskenverfahren 320
 Warp-Stabilizer 386

Wässerung 285
 Waveform-Monitor 70
 Weber-Fechnersche Gesetz 31
 Weber Fraction 30
 Weißabgleich , 211
 Weißpunkt 55
 Weitverkehrsnetze 112
 Weitwinkelobjektiv 183
 Wellenlänge des Lichts 35
 Wet-Gate 328
 Wide Color Gamut (WCG) 81
 Wiedergabesystem
 – Digital 356
 Wireframe 407

X

x265-Encoder 161
 XAVC 158
 XAVC-HE 160
 XDCAM 249
 XDCAM HD 249
 XF-AVC 158
 XGA 265
 Xpand 364
 XQD-Karte 257
 XYZ-Farbmodell 350
 X'Y'Z'-Farbraum 350

Z

Zackenschrift 339
 Zapfen 24
 Zeilenfrequenz 52
 Zeilensprungverfahren 50
 Zeilenzahl 49
 Zeitliche Auflösung 37
 Zeitlupe 313, 387
 Zeitmultiplex 66, 76
 Zeitraffer 307, 387
 Zick-Zack-Scanning 150
 Zieldatenrate 391
 Zoomobjektiv 177
 Z-Screen 362
 Zusatzdaten 131