DIN

Michael Ebner

Live-Videotechnik

Projektion | Streaming | Aufzeichnungen

2., aktualisierte und
erweiterte Auflage

Beuth

Live-Videotechnik

Mehr zu diesem Titel

... finden Sie in der Beuth-Mediathek

Zu vielen neuen Publikationen bietet der Beuth Verlag nützliches Zusatzmaterial im Internet an, das Ihnen kostenlos bereitgestellt wird. Art und Umfang des Zusatzmaterials – seien es Checklisten, Excel-Hilfen, Audiodateien etc. – sind jeweils abgestimmt auf die individuellen Besonderheiten der Primär-Publikationen.

Für den erstmaligen Zugriff auf die Beuth-Mediathek müssen Sie sich einmalig kostenlos registrieren. Zum Freischalten des Zusatzmaterials für diese Publikation gehen Sie bitte ins Internet unter

www.beuth-mediathek.de

und geben Sie den folgenden Media-Code in das Feld „Media-Code eingeben und registrieren“ ein:

M291940144

Sie erhalten Ihren Nutzernamen und das Passwort per E-Mail und können damit nach dem Log-in über „Meine Inhalte“ auf alle für Sie freigeschalteten Zusatzmaterialien zugreifen.

Der Media-Code muss nur bei der ersten Freischaltung der Publikation eingegeben werden. Jeder weitere Zugriff erfolgt über das Log-In.

Wir freuen uns auf Ihren Besuch in der Beuth-Mediathek.

Ihr Beuth Verlag

Hinweis: Der Media-Code wurde individuell für Sie als Erwerber dieser Publikation erzeugt und darf nicht an Dritte weitergegeben werden. Mit Zurückziehung dieses Buches wird auch der damit verbundene Media-Code ungültig.

Live-Videotechnik

DIN

Michael Ebner

Live-Videotechnik

Projektion, Streaming, Aufzeichnungen

2., aktualisierte und erweiterte Auflage 2019

Herausgeber:
DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich

Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

© **2019 Beuth Verlag GmbH**
Berlin · Wien · Zürich
Saatwinkler Damm 42/43
13627 Berlin

Telefon: +49 30 2601-0
Telefax: +49 30 2601-1260
Internet: www.beuth.de
E-Mail: kundenservice@beuth.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronischen Systemen.

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden vom Verfasser und Verlag sorgfältig erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird gleichwohl nicht übernommen. Der Verlag haftet nur für Schäden, die auf Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens des Verlages zurückzuführen sind. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

Titelbild: © Phawat, Benutzung unter Lizenz von Shutterstock.com
Satz: Lumina Datamatics GmbH, Griesheim
Druck: Drukarnia Leyko sp. z. o. o., Kraków
Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706

ISBN 978-3-410-29194-7
ISBN (E-Book) 978-3-410-29195-4

Vorwort zur 2. Auflage

Seit dem Erscheinen der 1. Auflage vor etwa sechs Jahre ist die technische Entwicklung nicht stehen geblieben. War damals Full HD „neu“, so ist es jetzt UHD bzw. 4k. Brauchte man damals noch einen Streaming-Server oder einen darauf spezialisierten Anbieter, so wird inzwischen wie selbstverständlich über YouTube und Facebook gestreamt.

Wie schon in der ersten Auflage liegt der Schwerpunkt nicht auf der neuesten Gerätegeneration, sondern auf den Grundlagen. Neben Aktualisierungen in mehreren Kapiteln wurde insbesondere in Kapitel 5 das Thema Projektionswände und deren Abmessungen ergänzt.

Mössingen, im Februar 2019

Michael Ebner
info@tabu-datentechnik.de

Vorwort zur 1. Auflage

Live-Videotechnik ist eine Entwicklung der letzten Jahre. Die Übertragung von Live-Bewegtbildern war jahrzehntelang dem Fernsehen vorbehalten – alles andere scheiterte mangels alternativer Sendetechnologie und mangels geeigneter Projektionstechnik.

Dies hat sich in etwa den letzten zehn Jahren grundlegend geändert. Mit der weiten Verbreitung des Internets und dort dem massiven Ansteigen der möglichen Bandbreite besteht nun für jeden die Möglichkeit, Live-Videobilder zu senden (man spricht dabei von streamen), und das weltweit und nicht auf ein Sendegebiet wie beim Fernsehen beschränkt. Geeignete Projektionstechnik gibt es schon etwas länger, allerdings zunächst nur zu nahezu unerschwinglichen Preisen und mit Lichtleistungen, die abgedunkelte Räume erzwungen haben. Auch das hat sich in den letzten zehn Jahren grundlegend geändert. Beamer sind lichtstark und erschwinglich geworden, sodass die Übertragung in einen Nebenraum oder die „Vergrößerung“ des Redners[1] inzwischen übliche Verfahren sind.

Die Entwicklung – das ist bei einer solch jungen Technologie nicht anders zu erwarten – verläuft rasant. Von daher wurde dieses Buch dahingehend konzipiert, dass vor allem die Grundlagen vermittelt werden. Über die aktuelle Gerätegeneration kann sich der Leser über die Fachpresse und das Internet informieren.

1 Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wurde durchgängig jeweils die männliche Form gewählt; gleichwohl beziehen sich sämtliche Angaben auf Angehörige gleich welchen Geschlechts.

Kapitel 1 befasst sich mit den Grundlagen. Diese sind vor allem die einzelnen Signale (vom schwarz-weißen BAS-Signal bis zu den digitalen HD-Signalen), die Steckverbinder sowie die Pegelrechnung.

In den Kapiteln 2 und 3 werden die Signalquellen besprochen. In Kapitel 2 ist dabei alles über Video-Kameras zu finden, in Kapitel 3 geht es um alle anderen Signalquellen, insbesondere Band- und Disc-Laufwerke.

Die Signalverarbeitung ist Thema in Kapitel 4. Dort geht es um Bildmischer und Switcher und auch um ein wenig Messtechnik.

Zum Schluss – in Kapitel 5 – werden auch noch die Enden der Signalquellen besprochen, das sind zum einen Beamer oder LED-Wände, zum anderen das Streaming ins Internet.

An dieser Stelle sei allen gedankt, die an diesem Buch mitgewirkt haben. Ein besonderer Dank gilt dabei den Firmen, die Bildmaterial zur Verfügung gestellt haben. Viele Bilder sind in Farbe in der Beuth-Mediathek (www.beuth-mediathek.de) einsehbar.

Inhalt

Vorwort zur 2. Auflage V

Vorwort zur 1. Auflage V

1 Grundlagen **1**

1.1 Signale 1

1.1.1 Analoge Audio-Signale 1

1.1.2 BAS-Signale 4

1.1.3 Farbsignale 11

1.1.4 Das RGB-Signal 12

1.1.5 Das Komponentensignal 14

1.1.6 Das Y/C-Signal („S-Video“) und Composite 17

1.1.7 Das unkomprimierte digitale Audio-Signal 20

1.1.8 Das komprimierte digitale Audio-Signal 22

1.1.9 Das unkomprimierte digitale Videosignal 23

1.1.10 SDI 26

1.1.11 Das komprimierte digitale Videosignal 26

1.1.12 Das DV-Signal 33

1.1.13 Das MPEG-Signal 34

1.2 Die HD-Formate 37

1.2.1 HD-SDI 37

1.2.2 HDV – High Definition Video 38

1.2.3 AVCHD – Advanced Video Codec High Definition 39

1.2.4 HDCAM 40

1.2.5 XDCAM 41

1.2.6 AVC-Intra (Advanced Video Codec – Intra Frame Only) 41

1.2.7 DVCPro HD 42

1.2.8 ProRes 42

1.2.9 HEVC 42

1.2.10 XAVC 42

1.2.11 HD ready 43

1.2.12 Die Computer-Auflösungen 43

1.3 Die Steckverbinder 45

1.3.1 Steckverbinder für analoge Signale 45

1.3.2 Steckverbinder für digitale Signale 54

1.4 Das dB ... 60

2 Videokameras ... 65

2.1 Das Objektiv ... 65
2.1.1 Brennweite und Zoom ... 66
2.1.2 Der Bildausschnitt ... 69
2.1.3 Fokus ... 73
2.1.4 Blende ... 77
2.1.5 Makro ... 79
2.1.6 Auflagemaß einstellen ... 80
2.1.7 Filter ... 83
2.2 Bildwandler ... 85
2.3 Kameraelektronik ... 89
2.3.1 Shutter/Gain ... 89
2.3.2 Weißabgleich ... 90
2.3.3 Gamma und Knie ... 92
2.4 Sucher und Monitor ... 94
2.4.1 Sucher ... 94
2.4.2 Kameramonitore ... 95
2.4.3 Displays ... 96
2.4.4 Zebra und Skin Area ... 97
2.5 Kameratypen ... 98
2.5.1 Der klassische Kamerazug ... 98
2.5.2 Der Triax-Zug ... 101
2.5.3 Die große Studio-System-Kamera ... 103
2.5.4 Die EB-Kamera ... 104
2.5.5 Die Reportage-Kamera ... 107
2.5.6 Consumer-Kameras ... 108
2.5.7 Fotokameras ... 112
2.5.8 Robotic-Kameras / PTZ-Kameras ... 113
2.5.9 Die „kleine“ Studio-System-Kamera ... 114

3 Andere Signalquellen ... 117

3.1 Bandlaufwerke ... 117
3.1.1 Die analoge Bandaufzeichnung ... 117
3.1.2 Die digitale Bandaufzeichnung für SD-Signale ... 119
3.1.3 Die digitale Bandaufzeichnung für HD-Signale ... 123

3.2 Optische Laufwerke ... 124
3.2.1 CD ... 124
3.2.2 DVD ... 125
3.2.3 Blu-ray Disc ... 127
3.2.4 XDCAM ... 129
3.3 Laufwerke mit anderen Speichermedien ... 130
3.4 PCs und Medienserver ... 131

4 Signalverarbeitung ... 133
4.1 Bildmischer und Switcher ... 134
4.1.1 T-Bar ... 135
4.1.2 Überblendungen ... 137
4.1.3 Stanzen / Keying ... 140
4.1.4 PiP ... 143
4.1.5 Bildabstimmung ... 145
4.1.6 Synchronisierung der Quellen ... 146
4.2 Praktische Ausführungen von Bildmischern und Switchern ... 147
4.2.1 Datavideo SE-500 ... 147
4.2.2 Edirol V4 ... 148
4.2.3 Sony MCS-8M ... 149
4.2.4 Großer Bildregiemischer ... 151
4.2.5 Seamless Switcher ... 152
4.2.6 Blackmagic Design ATEM 1 M/E ... 153
4.2.7 Blackmagic Design ATEM Television Studio-Geräte ... 155
4.2.8 Wirecast ... 156
4.2.9 OBS Studio ... 159
4.3 Messtechnik ... 162
4.3.1 Der Waveform-Monitor ... 162
4.3.2 Das Vectorscope ... 164
4.3.3 VirtualWaveformMonitor – ViWaMo ... 165

5 Signalpräsentation ... 167
5.1 Videoprojektoren ... 167
5.1.1 Bildwandler ... 167
5.1.2 Das Objektiv ... 170
5.1.3 Der Lichtstrom ... 177
5.1.4 Projektoren in der Praxis ... 181

5.2 Video-Displays ... 184
5.2.1 LCD- und Plasma-Displays ... 184
5.2.2 LED-Wände ... 185
5.3 Projektionsgröße ... 186
5.3.1 Durch die (Raum-)Tiefe limitierte Betrachterfläche ... 188
5.3.2 Durch die (Raum-)Breite limitierte Betrachterfläche ... 193
5.3.3 Kalkulation über die Bildschirmdiagonale ... 197
5.4 Die Bildwand ... 198
5.4.1 Aufpro und Rückpro ... 199
5.4.2 Bildwandtypen ... 200
5.4.3 Auswahl der Bildwand ... 201
5.5 Live-Übertragung ... 203
5.5.1 Adobe Flash Media Live Encoder ... 204
5.5.2 Bandbreite ... 205

1 Grundlagen

In diesem Kapitel wollen wir uns die Grundlagen der Live-Videotechnik ansehen: Welche Signale gibt es, über welche Leitungen und Steckverbinder werden diese geführt, wie sehen die physikalischen Grundlagen aus.

1.1 Signale

Dieses Kapitel setzt die Kenntnisse einiger physikalischer Grundlagen voraus, die im Physik-Unterricht der Mittelstufe vermittelt werden und somit bei den meisten Lesern vorhanden sein dürften. Aus diesem Grund sollen sie hier nicht wiederholt werden.

1.1.1 Analoge Audio-Signale

Es soll mit der Betrachtung der analogen Audio-Signale begonnen werden, da diese am einfachsten zu verstehen sind.

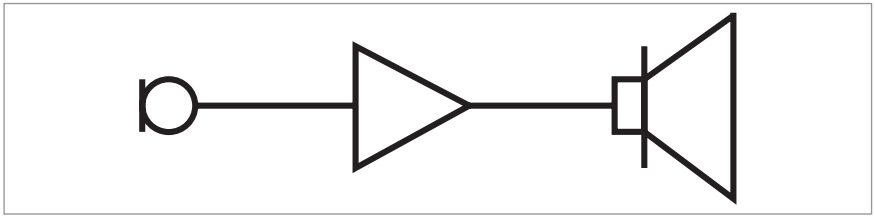

Bild 1.1: Audioübertragungsstrecke Mono

Bild 1.1 zeigt das Blockschaltbild einer Audioübertragungsstrecke in Mono. Links ist ein Mikrofon dargestellt, das Dreieck in der Mitte ist ein Verstärker, rechts findet sich das Symbol für den Lautsprecher. Das Mikrofon wandelt den anliegenden Schall in eine Wechselspannung, die man dann zum Verstärker weiterleiten kann, und die sich auch am Oszilloskop darstellen lässt.

Das Oszilloskop ist ein Messgerät, das den Verlauf elektrischer Spannungen über die Zeit darstellt. Bild 1.2 zeigt ein solches Oszillogramm, hier einen 1 kHz Sinuston. Ein solches Signal würde z. B. entstehen, wenn man am Mikrofon einen sog. Luftschallkalibrator anbringt. Solche Signale werden jedoch auch elektronisch erzeugt und als Tonsignal bei einem Testbild verwendet.

In der Praxis überträgt man jedoch nur selten 1 kHz-Messtöne, sondern Sprache und Musik. Dabei handelt es sich um ein Gemisch aus vielen Frequenzen unter-

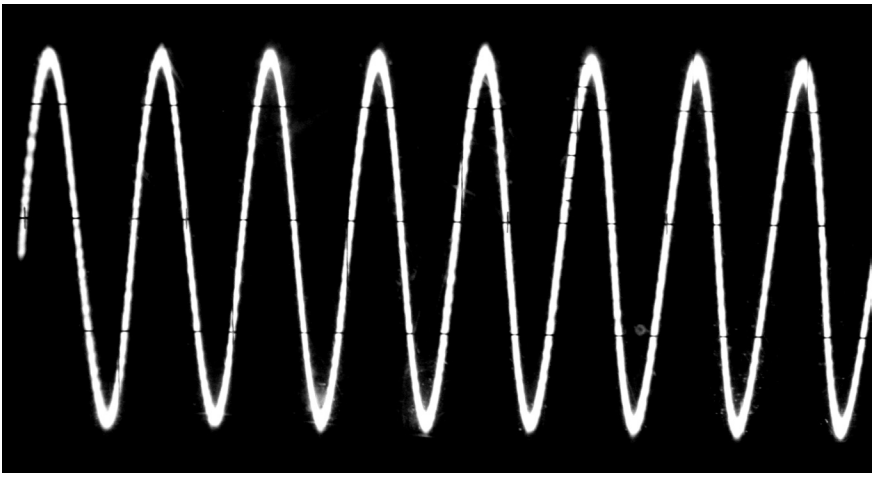

Bild 1.2: Oszillogramm 1 kHz Sinuston

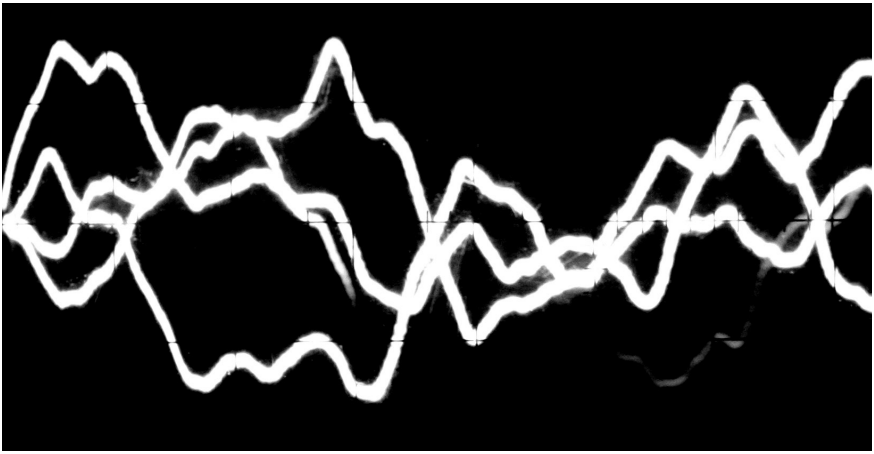

Bild 1.3: Oszillogramm Musik

schiedlicher Intensität, wobei sich die Frequenzen und deren Intensität laufend ändern. Bild 1.3 zeigt die Momentaufnahme eines Oszillogramms von Musik, wobei dieses Oszillogramm schon im nächsten Moment wieder anders aussieht.

Audioübertragungen werden derzeit mehrheitlich zweikanalig in sogenannter Stereophonie durchgeführt. Die getrennte Übertragung der Signale für die linke und die rechte Seite erlaubt einen ausreichend räumlichen Höreindruck.

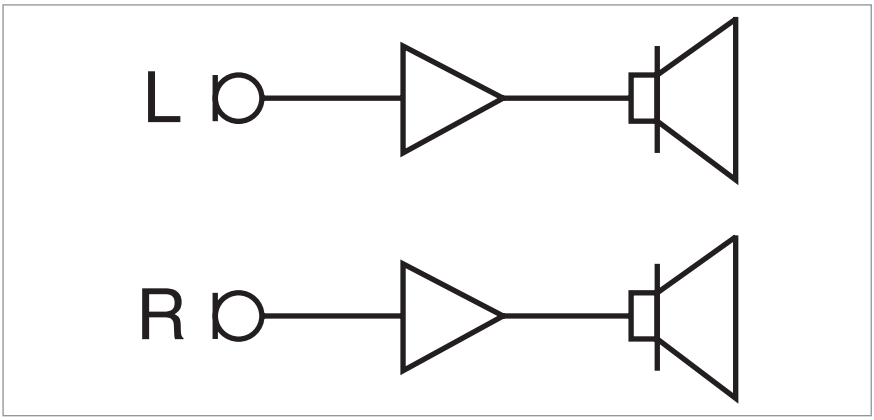

Bild 1.4: Audioübertragung Stereo

Am gebräuchlichsten ist die sogenannte LR-Stereophonie, wie sie in Bild 1.4 dargestellt ist: Hier wird auf der einen Leitung das Signal für den linken Kanal und auf der anderen Seite das Signal für den rechten Kanal übertragen.

Diese Vorgehensweise ist einfach und gebräuchlich, hat aber einen Nachteil: Sie ist nicht mono-kompatibel. Bei der Einführung der Stereophonie wurde – aus gutem Grund – auf die Abwärtskompatibilität von Stereo zu Mono bei Schallplatten und Rundfunk geachtet. Daher ist dort das MS-Verfahren gebräuchlich: Auf dem ersten Kanal wird das Mitten-Signal (M) übertragen – dies entspricht dem Mono-Signal, auf dem zweiten Kanal das Seitensignal (S), dies entspricht dem Differenzsignal von L minus R. Mit Hilfe von analogen Addier- und Subtrahierschaltungen lassen sich MS- und LR-Signale ineinander umrechnen:

$$M = L + R$$
$$S = L - R$$

$$M + S = (L + R) + (L - R) = 2L$$
$$M - S = (L + R) - (L - R) = 2R$$

Um den räumlichen Höreindruck zu verbessern, sind inzwischen auch 5.1-Systeme gebräuchlich. Dabei handelt es sich um Anordnungen mit fünf Fullrange-Lautsprechern und einem Subwoofer für die Tieftonwiedergabe. Da sich tiefe Töne akustisch nur sehr schwer orten lassen, reicht ein Subwoofer für das komplette System.

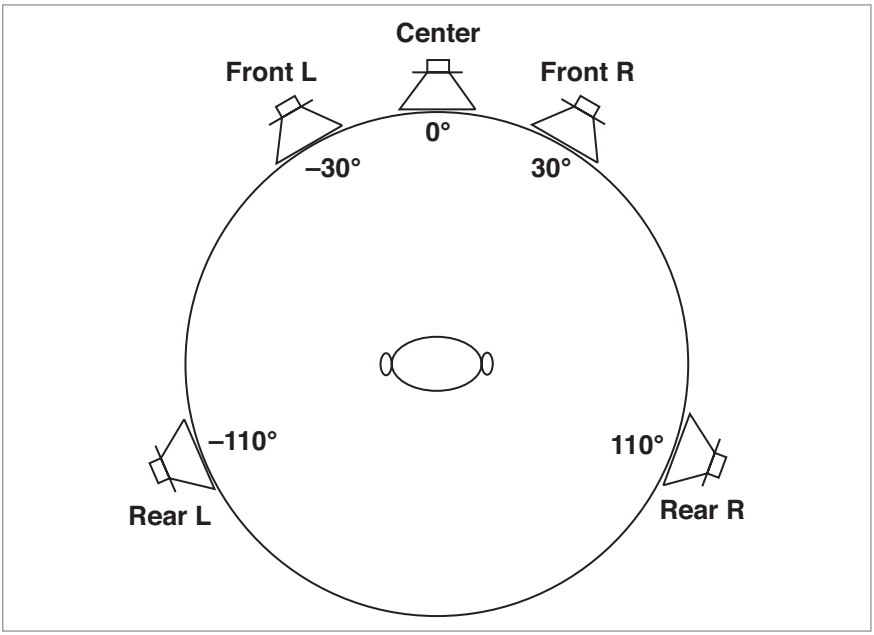

Bild 1.5: Anordnung der Lautsprecher beim 5.1-Verfahren

Die Hauptsysteme beim 5.1-Verfahren sind *Front L* und *Front R*. Die Rear-Lautsprecher werden bisweilen auch als *Surround L* und *Surround R* bezeichnet. Die Übertragung erfolgt beim 5.1-Verfahren mit sechs einzelnen Leitungen.

1.1.2 BAS-Signale

Eine einfache analoge Übertragung wie bei Audio-Signalen ist bei einem Bild-Signal nicht möglich. Selbst wenn man sich darauf beschränken würde, nur Luminanz (Helligkeitswerte) zu übertragen und auf Chrominanz (Farbinformationen) zu verzichten, könnte man auf einer einzelnen Leitung lediglich die Informationen für einen „Bildpunkt“ übertragen. Um Bilder zu übertragen, bräuchte man eine Unzahl von Leitungen – selbst geringe Auflösungen wie „halbes VGA“ (320 × 240 Bildpunkte) würden schon 76.800 Leitungen erfordern.

Von daher ist es erforderlich, die Helligkeitswerte für die einzelnen Bildpunkte nacheinander zu übertragen. An dieser Stelle ist es enorm hilfreich, dass das Auge deutlich träger ist als das Ohr. Ein gesundes, junges Gehör kann Frequenzen bis zu etwa 20 kHz wahrnehmen. Im Kino werden ab einer Frequenz von etwa 25 Bildern

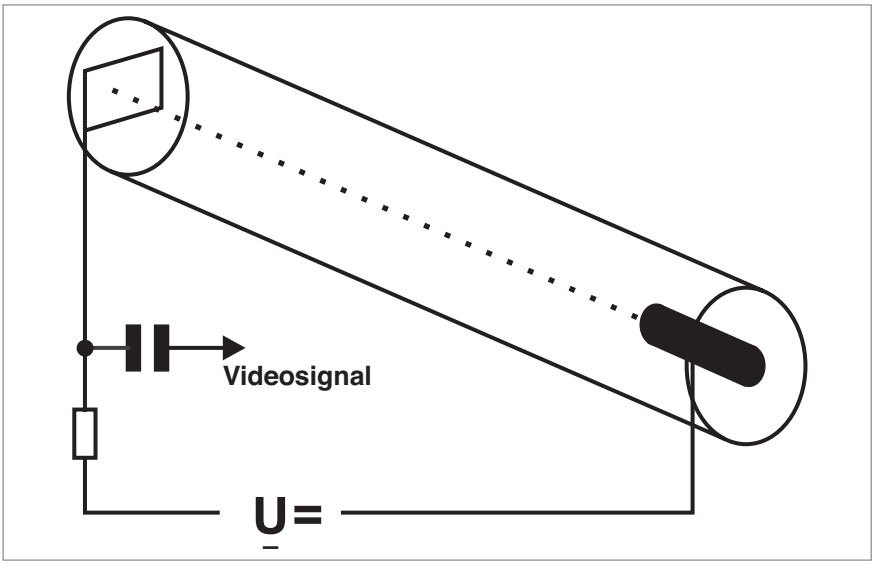

Bild 1.6: Aufnahmeröhre

pro Sekunde diese nicht mehr als Einzelbilder, sondern als bewegtes Bild wahrgenommen. Im Frequenzband, das für die Übertragung eines Audiokanals benötigt wird, können theoretisch die Helligkeitsinformationen von 800 Bildpunkten untergebracht werden. Um brauchbar Schwarz-Weiß-Bewegtbilder analog übertragen zu können, braucht man – mit ein wenig Aufschlag für Synchronisierung – eine Bandbreite von rund 2 MHz, was bei überschaubaren Strecken und abgeschirmten Leitungen keine besonders große Herausforderung darstellt.

Allerdings werden bei der analogen Videoübertragung keine Bildpunkte übertragen, sondern Bildzeilen. Dies hat historische Gründe: Zu Beginn der analogen Video- und Fernsehtechnik gab es keine TFT-Displays und CCD-Chips, sondern Bildröhren.

Bild 1.6 zeigt die schematische Skizze einer Aufnahmeröhre. Auf der rechten Seite befindet sich eine Glühkathode, auf der linken Seite eine lichtempfindliche Schicht, die als Anode dient. Zwischen Anode und Kathode wird nun eine hohe Gleichspannung angelegt, sodass ein Elektronenstrahl von Kathode zu Anode entsteht.

Dieser Elektronenstrahl (man spricht auch von einem Kathodenstrahl) wird nun zeilenweise so horizontal und vertikal abgelenkt, dass er periodisch den skizzierten

rechteckigen Bereich überstreicht. Um den Kathodenstrahl über diesen Bereich zu führen, muss dieser horizontal wie vertikal abgelenkt werden. Dies kann entweder elektrostatisch mit entsprechenden Ablenkplatten oder magnetisch mit Ablenkspulen erfolgen. (Damit die Skizze nicht zu unübersichtlich wird, ist weder das eine noch das andere dargestellt.)

Auf die lichtempfindliche Schicht wird nun mittels des Objektivs (nicht skizziert) ein Bild projiziert. Der Widerstand dieser lichtempfindlichen Schicht hängt nun von der Helligkeit, also dem projizierten Bild ab, sodass das Videosignal über einen Kondensator ausgekoppelt werden kann. Das ausgekoppelte Videosignal muss dann jedoch mit Austast- und Synchronisierungssignalen angereichert werden.

Bei der Wiedergabe läuft dieser Vorgang umgekehrt: Auch hier wird ein Elektronenstrahl horizontal und vertikal abgelenkt, allerdings über eine Leuchtschicht, die dann aufleuchtet, wenn sie vom Elektronenstrahl getroffen wird – und um praktikable Bildgrößen zu erhalten, ist diese Leuchtschicht dann auch noch um ein Vielfaches größer.

Die Leuchtschicht leuchtet umso stärker, je stärker der Elektronenstrahl ist. Um den Strahl in seiner Stärke modulieren zu können, wird er durch den sog. Wehneltzylinder geführt, an den das verstärkte Videosignal angelegt wird.

Die eigentliche „Kunst“ bei der Übertragung von Schwarz-Weiß-Videosignalen besteht nun darin, die Strahlführung bei Aufnahme- und Wiedergaberöhre so zu synchronisieren, dass dabei brauchbare Bilder herauskommen, und das auch noch über eine einzige Signalleitung zu führen. Das dafür verwendete Signal nennt sich BAS-Signal, das die Komponenten B, A und S vereinigt.

- Das B-Signal ist das Bildsignal.
- Das A-Signal ist das Austastsignal. Der Kathodenstrahl wird nicht nur zeilenweise von links nach rechts geführt, sondern muss dann auch wieder von rechts nach links zur nächsten Zeile geführt werden. Während dieses Vorgangs soll der Kathodenstrahl aus sein, damit er nicht das Bild verfälscht. In der Fachsprache sagt man dazu, dass er ausgetastet wird.
- Die S-Signale sind die Synchronsignale, hier gibt es die horizontalen und die vertikalen Synchronsignale.

Bild 1.7 zeigt das Oszillogramm des BAS-Signals eines Grauverlaufs, einer Weiß- und einer Schwarzfläche. Das Signal umfasst einen Bereich von –0,3 V bis 0,7 V, das ergibt einen Spannungshub von insgesamt 1 V. Dabei stellen positive Spannungen Helligkeitswerte dar (je höher die Spannung, desto heller), während negative Spannungen der Synchronisation dienen.

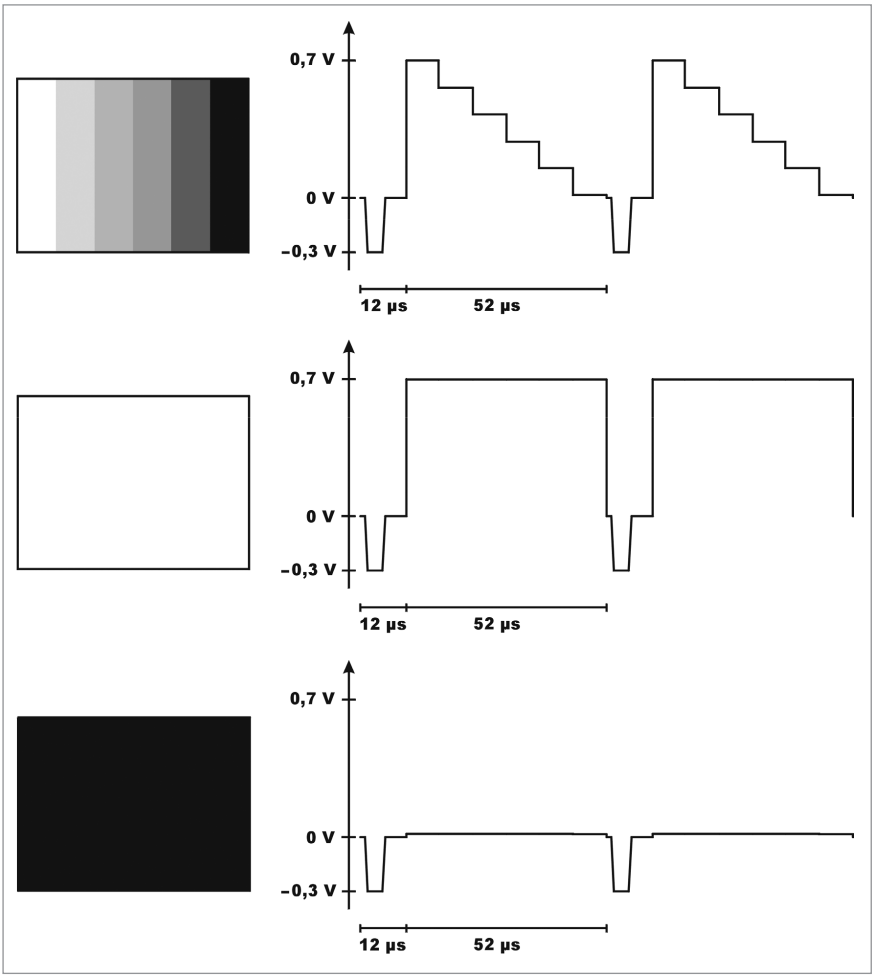

Bild 1.7: Das BAS-Signal

Eine Spannung von 0 V entspricht der Farbe Schwarz, eine Spannung von 0,7 V der Farbe Weiß. Damit das Austastsignal sicher schwarz ist, wird mit einer minimalen Schwarzanhebung gearbeitet, Spannungen unter etwa 0,02 V werden als Schwarzwert behandelt, in Bild 1.7 ist das etwas übertrieben dargestellt. Der Verlauf von schwarz nach weiß ist nicht linear, sondern die Übertragungskennlinie der Bildwiedergaberöhren wird kameraseitig kompensiert (Gamma-Vorentzerrung).

Pro Zeile ist eine Gesamtzeit von 64 µs vorgesehen, von der 12 µs auf das Austastsignal und 52 µs auf das Bildsignal entfallen. Während der Austastzeit wird der horizontale Synchronisationsimpuls übertragen – da dieser im negativen Bereich liegt, stört er auch nicht den Austastvorgang. Der Synchronisationsimpuls hat eine Zeitdauer von 4,7 µs und eine Spannung von –0,3 V. Synchronisiert wird auf den Zeitpunkt, da die absteigende Flanke eine Spannung von –0,15 V aufweist, die Bildzeile beginnt 10,5 µs später.

Aus der Übertragungsdauer einer Bildzeile t_Z und der Zahl der Bilder pro Sekunde n_B kann man nun die Zahl der Zeilen pro Bild n_Z berechnen:

$$n_Z = \frac{1}{n_B \cdot t_Z} = \frac{1}{25 \cdot 0{,}000064} = 625$$

Wir können also theoretisch 625 Zeilen pro Bild übertragen, allerdings würde eine Bildwiederholrate von 25 Hz doch für erhebliches Flimmern sorgen. Um jetzt nicht die Zahl der Zeilen zu halbieren, verwendet man das Zeilensprungverfahren: Statt 25 Vollbilder überträgt man 50 Halbbilder, bei denen nur jeweils jede zweite Zeile übertragen wird, und zwar alternierend die geraden und die ungeraden Zeilen. Auf diese Weise erhält man ein näherungsweise flimmerfreies Bild mit akzeptabel hoher Zeilenzahl. Der englische Ausdruck für das Zeilensprungverfahren ist *interlaced*, während man die Übertragung in Vollbildern *progressive* nennt.

Innerhalb der einzelnen Zeilen ist die Übertragung bei Bildröhren grundsätzlich ein linearer Vorgang: Es gibt nicht wie beim CCD irgendwelche Spalten oder Pixels. Die Horizontalauflösung ist jedoch auch nicht unendlich, sondern ergibt sich aus der Übertragungsbandbreite. Je feinere Strukturen sich im Bild befinden, desto schneller schwankt auch der Bildpegel.

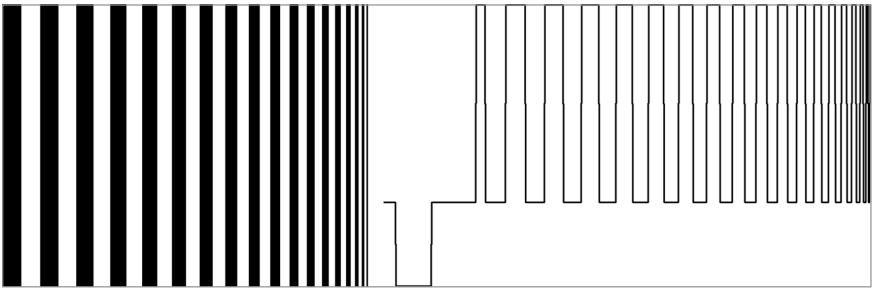

Bild 1.8: Bild und dazugehörendes Oszillogramm

Bild 1.8 zeigt diesen Zusammenhang im Oszillogramm: Links sehen wir das zu übertragende Bild, nämlich senkrecht stehende Linien in den Farben Schwarz

und Weiß, die von links nach rechts immer dünner werden und dementsprechend immer näher zusammenrücken. In Bild 1.8 haben wir eine Übertragungsbandbreite, die deutlich über dem zu übertragenden Signal liegt, was daran zu erkennen ist, dass der Pegel selbst zu den feinen Linien hin nicht abnimmt.

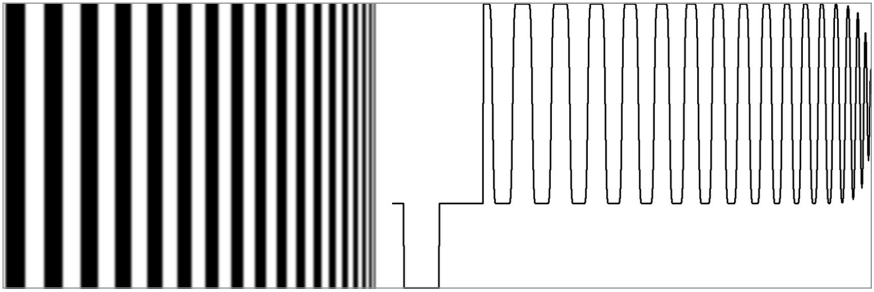

Bild 1.9: Hohe Übertragungsbandbreite

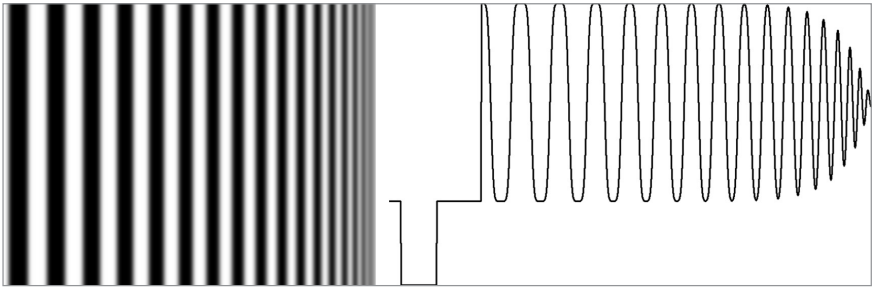

Bild 1.10: Mittlere Übertragungsbandbreite

In der Realität gibt es quasi nie derart hohe Übertragungsbandbreiten, wie sie in Bild 1.8 zu sehen sind. Wenn man – wie in Bild 1.9 – etwa 720 Linien noch klar trennen kann, dann ist dies schon ein recht guter Wert. Die Bilder 1.10 und 1.11 zeigen, dass bei abnehmender Bandbreite die Bilder immer verwaschener werden, während im Oszillogramm die Pegel immer früher und immer stärker sinken.

Der letzte Aspekt des BAS-Signals ist die vertikale Synchronisation. Mit Hilfe des horizontalen Synchronisationsimpulses wird die Synchronisation innerhalb der einzelnen Zeilen bewerkstelligt. Daneben ist aber auch noch sicherzustellen, dass sich Sender und Empfänger in derselben Zeile befinden – es ist also auch noch eine vertikale Synchronisation erforderlich.

Um dafür „Raum“ zu schaffen, enthalten nicht alle theoretisch möglichen 625 Zeilen auch Bildinformationen, sondern nur 576 Zeilen. Vor dem Beginn eines jeden

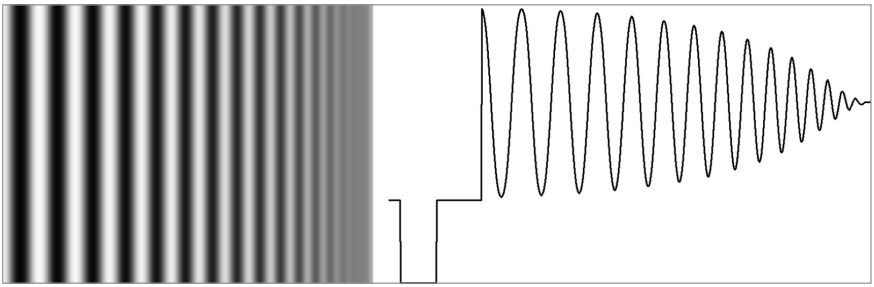

Bild 1.11: Geringe Übertragungsbandbreite

Halbbildes gibt es also 25 Zeilen ohne Bildinformationen, in denen der Strahl wieder von unten nach oben geführt werden kann. Während dieser Strahlrückführung erfolgt nun (das ist bereits vom horizontalen Synchronisationsimpuls bekannt) der vertikale Synchronisationsimpuls.

Bild 1.12 zeigt, dass der vertikale Synchronisationsimpuls grundsätzlich ein breiter Impuls in den negativen Bereich ist. Da er viel breiter ist als der horizontale Synchronisationsimpuls, lässt er sich auch recht einfach von diesem unterscheiden. Um die Zeilensynchronisation während der vertikalen Synchronisationsimpulse beizubehalten, wird er im Takt der doppelten Zeilenfrequenz unterbrochen, ebenso wie der Zeitraum zweieinhalb Zeilen davor und zweieinhalb Zeilen danach – man nennt dies die Vor- bzw. die Nachtrabanten.

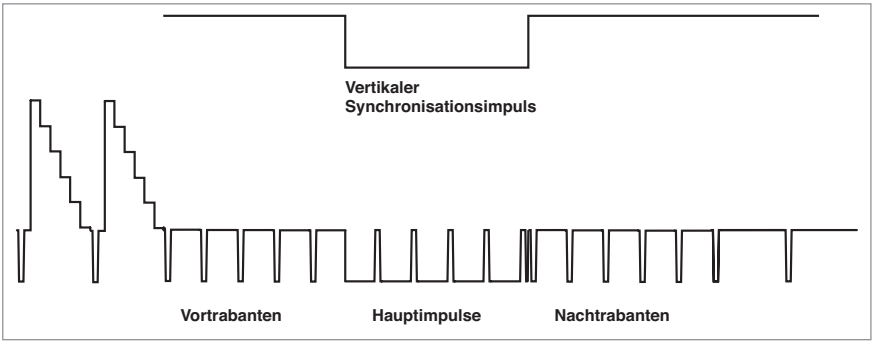

Bild 1.12: Vertikaler Synchronisationsimpuls