

Gerhard Mahler

Die Grundlagen der Fernsehtechnik

Gerhard Mahler

Die Grundlagen der Fernsehtechnik

Systemtheorie und Technik der Bildübertragung

Mit 368 Abbildungen

 Springer

Inhaltsverzeichnis

1 Die Aufgabe einer Bildübertragung	1
2 Strahlungsphysikalische und lichttechnische Messgrößen.....	4
2.1 Charakterisierung der Ausstrahlung einer Punktquelle	5
2.2 Charakterisierung der Ausstrahlung aus einer Fläche.....	6
2.2.1 Beispiel: Der Lambertsche Strahler.....	7
2.3 Charakterisierung der Einstrahlung auf eine Fläche	9
2.3.1 Beispiel: Beleuchtungsstärke bei der optischen Abbildung.....	10
2.3.2 Beispiel: Leuchtdichte einer beleuchteten Körperoberfläche ..	13
3 Örtliche und zeitliche Auflösungsfähigkeit des Auges	16
3.1 Aufbau und Funktion des Auges	16
3.2 Die örtliche Auflösung	22
3.3 Die zeitliche Auflösung.....	26
3.4 Das Orts-Zeitfrequenzverhalten	29
Literatur.....	33
4 Die Bildübertragung.....	34
4.1 Aufnahme und Wiedergabe.....	34
4.2 Aperturverzerrung.....	43
4.2.1 Abtastung durch Spalt	45
4.2.2 Zweidimensionale Abtastung.....	49
4.2.3 Betrachtung im Frequenzbereich.....	52
4.2.4 Frequenz in mehreren Dimensionen.....	55
4.2.5 Zweidimensionale Aperturtiefpässe	61
4.3 Aliasing	66
4.3.1 Sampling, eindimensional.....	67
4.3.2 Die erforderliche Zeilenzahl.....	77
4.3.3 Sampling, zweidimensional	81
4.4 Frequenzbandbegrenzung des Videosignals	90
4.4.1 Das Videosignal	90
4.4.2 Die obere Frequenzgrenze.....	95
4.4.3 Die untere Frequenzgrenze.....	96
4.4.4 Das Spektrum des Videosignals	100
Literatur.....	107

Professor Dr.-Ing. Gerhard Mahler
Prinz-Otto-Str. 1d
85521 Ottobrunn
Gerhard.Mahler@munich.netsurf.de

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

ISBN 3-540-21900-5 Springer Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk- sendung, der Mikroverfilmung oder Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Da- tenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielf-ältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. Sep-tember 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwi-derhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
springer.de
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005
Printed in The Netherlands

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch be-rechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jeder-mann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die ei-genen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzu-zuziehen.

Einbandgestaltung: medionet AG, Berlin
Satz: Digitale Druckvorlage des Autors
Herstellung: medionet AG, Berlin

Vorwort

Das Buch wendet sich an Studenten Technischer Universitäten und Fachhochschulen und an Ingenieure in Forschung und Entwicklung, die sich in das Thema Bildübertragungstechnik einarbeiten wollen. Es werden nur die Grundkenntnisse der Elektrotechnik und Nachrichtentechnik vorausgesetzt. Zu ihren Erweiterungen und den speziellen Themen aus Disziplinen der Naturwissenschaften, die Bestandteile der Grundlagen des Fernsehens sind, liefert das Buch Einführungen.

Die ersten fünf Kapitel führen – systemtheoretisch ausgerichtet – sukzessive zur umfassenden Kenntnis aller physikalischen und technischen Anforderungen an eine Bewegtbildübertragung. Dabei werden die erweiterten Forderungen, die die Übertragung der Farbe mit sich bringt, erst im letzten Kapitel dieser Reihe entwickelt. Das Ergebnis ist die Definition eines allgemeinen Systems, in dem ein Leuchtdichtesignal und zwei Farbdifferenzsignale zu übertragen sind. Erweiterungen, die für ein dreidimensionales Fernsehen notwendig wären, werden im Kapitel 7 diskutiert.

Der zweite Teil des Buches beschreibt die Technik, die zur Realisierung gefunden wurde und eingesetzt wird, und untersucht sie hinsichtlich der gestellten Forderungen. Hier werden die digitalen ebenso wie die analogen Systeme erläutert und analysiert; im Kapitel 6 auf der Seite der Quelle und des Empfängers, dann im Kapitel 8 auf den verschiedenen Übertragungsstrecken. Im letzten Kapitel werden die wichtigsten Geräte – Kamera, Display und Recorder – mit ihren theoretischen Grundlagen bis hin zum gegenwärtigen Stand der Realisierungen vorgestellt.

Das Buch basiert zwar auf den Vorlesungen zur Fernsehtechnik, die ich an der Universität Hannover (vormals Technische Hochschule) bis zum Jahre 1998 gehalten habe, ist aber viel umfangreicher und aktualisiert. Die Vorlesungen hatte ich von *Walter Bruch* übernommen. Nach seinem Vorbild beginne ich ein Thema in der Regel mit einer bildlichen Darstellung der Aufgabe, komme dann zu möglichen Lösungen, präzisiere die Problematik und die Lösungen mit elementaren mathematischen Darstellungen, die zu einem sicheren Verständnis der

Zusammenhänge führen sollen, und veranschauliche die Ergebnisse an durchgerechneten Beispielen wieder bildlich.

Jedes aufgegriffene Thema wird möglichst umfassend und bis ins Detail behandelt. Ich hoffe, dass dadurch Irrtümer und „Halbwahrheiten“ gar nicht erst aufkommen können. Eine solche Darstellung beansprucht viel Raum, bei allem Bemühen, sie möglichst kompakt und doch leicht verständlich zu halten. Vieles musste deshalb weggelassen werden. Historisches wird nur dort gebracht, wo es unverzichtbar oder didaktisch hilfreich ist. Die Tonübertragung im Fernsehen konnte nur am Rande erwähnt werden. Studioteknik, Produktionstechnik und Medienpolitik sind in diesem Buch keine Themen.

Es ist faszinierend, wenn man erkennt, wie so viele geniale Pioniertaten aus aller Welt und Erkenntnisse aus allen Naturwissenschaften beigetragen haben zu dem Wunder Fernsehen, das uns nun selbstverständlich geworden ist. Ich hoffe, dass ich dem Leser auch etwas von dieser Faszination vermitteln kann.

Ottobrunn, Winter 2004

Gerhard Mahler

5 Farbfernsehen	108
5.1 Farbmeterik.....	109
5.1.1 Der farbmeterische Normalbeobachter.....	110
5.1.2 Auswertung des Normvalenzsystems	114
5.1.3 Andere Farbmasysteme	123
5.1.4 Krperfarben	131
5.2 Farbbildbertragung.....	138
5.2.1 Wiedergabe	139
5.2.2 Aufnahme.....	149
5.2.3 Gammaverzerrung	160
5.2.4 Signale	167
Literatur.....	178
6 Farbfernsehssysteme	179
6.1 Systeme mit Farbtrger.....	181
6.1.1 NTSC.....	182
6.1.2 PAL.....	203
6.1.3 SECAM	217
6.1.4 Cross-Luminance und Cross-Colour.....	225
6.2 Systeme ohne Farbtrger.....	239
6.2.1 DVB.....	240
6.2.2 MAC	267
Literatur.....	274
7 Dreidimensionales Fernsehen	276
7.1 Rumliches Sehen	277
7.2 Aufnahme- und Wiedergabeverfahren	279
7.2.1 Verfahren mit Sehhilfen	280
7.2.2 Autostereoskopie	282
7.3 Fernsehtechnische Anwendungen.....	288
Literatur.....	289
8 Die Verteilung der Fernsehsignale	291
8.1 Trgermodulation durch Fernsehsignale.....	292
8.1.1 Restseitenband-Amplitudenmodulation	303
8.1.2 Frequenzmodulation	312
8.1.3 QPSK.....	318
8.1.4 QAM	337
8.1.5 OFDM.....	347
8.2 Kanalcodierung fr digitale Fernsehsignale.....	364
8.2.1 Reed-Solomon-Codierung.....	377
8.2.2 Faltungscodierung.....	386
8.3 Die bertragungsstrecken	392
8.3.1 Verteilung ber terrestrische Sender.....	392

8.3.2	Verteilung über Breitbandkabel.....	403
8.3.3	Verteilung über Satelliten	411
8.3.4	Zuführung über Richtfunk.....	452
8.4	Fernsehsystemnormen	462
8.4.1	Normung analoger Fernsehsysteme.....	463
8.4.2	Normung digitaler Fernsehsysteme.....	468
	Literatur.....	475
9	Grundlagen der Gerätetechnik.....	478
9.1	Kamera.....	485
9.1.1	CCD-Kameras	489
9.1.2	Röhrenkameras	509
9.2	Display.....	520
9.2.1	Elektronenstrahltechnik.....	521
9.2.2	Bildröhren.....	541
9.2.3	Flüssigkristalldisplays	568
9.2.4	Plasmadisplays.....	587
9.2.5	Videoprojektoren	596
9.2.6	Fernsehempfänger mit Bildröhre	614
9.3	Aufzeichnung	625
9.3.1	Magnetbandtechnik.....	626
9.3.2	Aufzeichnung auf andere Medien.....	641
	Literatur.....	647
	Sachverzeichnis.....	651