

# Teubner Studienbücher

## Elektrotechnik/Maschinenbau

- Eckhardt: **Grundzüge der elektrischen Maschinen.** DM 32,—
- Elsner: **Nachrichtentheorie**  
Band 1: Grundlagen. DM 18,80  
Band 2: Der Übertragungskanal. DM 18,80
- Heinlein: **Grundlagen der faseroptischen Übertragungstechnik.** DM 28,80
- Heumann: **Grundlagen der Leistungselektronik.** 2. Aufl. DM 28,80
- Klein: **Finite Systemtheorie.** DM 26,80
- Lautz: **Elektromagnetische Felder.** 2. Aufl. DM 29,80
- Leonhard: **Regelung in der elektrischen Antriebstechnik.** DM 29,80
- Leonhard: **Regelung in der elektrischen Energieversorgung.** DM 28,—
- Leonhard: **Statistische Analyse linearer Regelsysteme.** DM 26,80
- Michel: **Zweitor-Analyse mit Leistungswellen.** DM 26,80
- Profos: **Einführung in die Systemdynamik.** DM 28,80
- Profos: **Meßfehler.** DM 26,80

## Physik/Chemie

- Becher/Böhm/Joos: **Eichtheorien der starken und elektroschwachen Wechselwirkung.**  
2. Aufl. DM 36,—
- Bourne/Kendall: **Vektoranalysis.** DM 23,80
- Daniel: **Beschleuniger.** DM 25,80
- Engelke: **Aufbau der Moleküle.** DM 36,—
- Großer: **Einführung in die Teilchenoptik.** DM 21,80
- Großmann: **Mathematischer Einführungskurs für die Physik.** 4. Aufl. DM 32,—
- Heil/Kitzka: **Grundkurs Theoretische Mechanik.** DM 39,—
- Heinloth: **Energie.** DM 38,—
- Kamke/Krämer: **Physikalische Grundlagen der Maßeinheiten.** DM 19,80
- Kleinknecht: **Detektoren für Teilchenstrahlung.** DM 26,80
- Kneubühl: **Repetitorium der Physik.** 2. Aufl. DM 44,—
- Lautz: **Elektromagnetische Felder.** 2. Aufl. DM 29,80
- Lindner: **Drehimpulse in der Quantenmechanik.** DM 26,80
- Lohrmann: **Einführung in die Elementarteilchenphysik.** DM 24,80
- Lohrmann: **Hochenergiephysik.** 2. Aufl. DM 32,—
- Mayer-Kuckuk: **Atomphysik.** 2. Aufl. DM 32.—
- Mayer-Kuckuk: **Kernphysik.** 4. Aufl. DM 34.—

Fortsetzung auf Textseite 164

# **Grundlagen der faseroptischen Übertragungstechnik**

Von Dr.-Ing. Walter Heinlein  
Professor an der Universität Kaiserslautern

Mit 118 Figuren



B. G. Teubner Stuttgart 1985

Prof. Dr.-Ing. Walter Heinlein

Studium an der Universität Tübingen (Physik) und an der Technischen Hochschule Stuttgart (elektrische Nachrichtentechnik). 1955 Dipl.-Ing., 1958 Promotion zum Dr.-Ing. Von 1957 bis 1975 Entwicklungsingenieur, wissenschaftlicher Mitarbeiter und Laborleiter im Zentrallaboratorium für Nachrichtentechnik der Siemens AG in München. Arbeitsgebiete: Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik, aktive Filter und optische Nachrichtentechnik. Seit 1975 Inhaber des Lehrstuhls für Theoretische Elektrotechnik der Universität Kaiserslautern.

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

**Heinlein, Walter E.:**  
Grundlagen der faseroptischen Übertragungstechnik /  
von Walter Heinlein –  
Stuttgart : Teubner, 1985.  
(Teubner Studienbücher : Elektrotechnik)

ISBN 978-3-519-06117-5                      ISBN 978-3-322-94910-3 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-322-94910-3

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, besonders die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Bildentnahme, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege, der Speicherung und Auswertung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei Verwertung von Teilen des Werkes, dem Verlag vorbehalten.

Bei gewerblichen Zwecken dienender Vervielfältigung ist an den Verlag gemäß § 54 UrhG eine Vergütung zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist.

© B. G. Teubner, Stuttgart 1985  
Satz: Elsner & Behrens GmbH, Oftersheim  
Umschlaggestaltung: W. Koch, Sindelfingen

## Vorwort

Die Technik der Nachrichtenübertragung über optische Kabel hat seit dem Beginn der 70er Jahre dank einer weltweiten Forschungs- und Entwicklungsarbeit sehr große Fortschritte gemacht. Triebfeder für die starken Aktivitäten auf diesem Gebiete sind die vielen technischen und betrieblichen Vorteile, die optische Kabel gegenüber herkömmlichen Übertragungsmedien, wie Kupferkabel aller Art, Richtfunk- und Satellitenfunkstrecken, haben. Optische Kabel treten heute nicht nur in erfolgreiche Konkurrenz zu allen bisher üblichen Übertragungsmedien, sondern bieten darüber hinaus die Möglichkeit zum Aufbau weltweiter Breitbandkommunikationsnetze, die auf wirtschaftliche Weise mit herkömmlicher Technik überhaupt nicht zu realisieren wären. Einigen wissenschaftlichen Grundlagen dieser besonders zukunftssträchtigen optischen Nachrichtenübertragungstechnik ist das vorliegende Studienbuch gewidmet.

Seit den grundlegenden Arbeiten von J. C. Maxwell ist die Optik als ein wichtiges Anwendungsgebiet der Theorie elektromagnetischer Felder und Wellen zu betrachten und darüber hinaus auch als ein legitimes Arbeitsgebiet eines Elektroingenieurs. Das vorliegende Studienbuch ist in diesem Sinne von einem Elektrotechniker für angehende Elektroingenieure geschrieben. Es ist aus Vorlesungen hervorgegangen, die die faseroptische Übertragungstechnik als ein modernes und hochaktuelles Anwendungsfeld für die Maxwellsche Feldtheorie behandeln. Aus diesem Grunde stehen die Ausbreitungsvorgänge optischer Wellen in Lichtwellenleitern im Mittelpunkt der Erörterungen (Kap. 4). Den grundlegenden theoretischen Konzepten der Wellenoptik und der Strahlenoptik, die als wichtigste Werkzeuge für diese Erörterungen verwendet werden, ist je ein eigenes Kapitel (Kap. 2 bzw. 3) gewidmet. Diese Kapitel unterstreichen den Lehrbuchcharakter des für Studenten geschriebenen Werkes und unterscheiden es von manchen anderen Publikationen. Nichtsdestoweniger glaubt der Autor, daß auch der theoretisch interessierte Praktiker seinen Nutzen aus der Lektüre des Buches ziehen kann. Allerdings kommen z. B. die praktisch so wichtigen Fragen der optischen Sender und Empfänger sowie der Übertragungssysteme nur im einführenden Kap. 1 in knappster Form zur Sprache. Anwendungen der Theorie auf die Fasermeßtechnik sind an etlichen Stellen eingearbeitet.

Figuren und Gleichungen sind kapitelweise numeriert und sind innerhalb des gleichen Kapitels durch Angabe der bloßen Nummer zitiert. Figuren und Gleichungen anderer Kapitel sind durch Vorsatz der Kapitelnummer zitiert, die ihrerseits ebenso wie die Abschnittnummer am Kopf einer jeden Seite erscheint. Zum Beispiel bedeutet Fig. 4.7 die siebte Figur in Kap. 4, aber Fig. 7 bedeutet die siebte Figur im laufenden Kapitel. Entsprechend bedeutet Gl. (4.7) die siebte Gleichung in Kap. 4, während die siebte Gleichung im laufenden Kapitel einfach durch Gl. (7) bezeichnet ist. Dem Lehrbuchcharakter entsprechend ist auf Zitate der Originalliteratur verzichtet. Das Literaturverzeichnis beschränkt sich auf einige Monographien und weiterführende Bücher.

Meinen derzeitigen bzw. gewesenen Mitarbeitern, den Herren Dr.-Ing. K.-F. Klein, Dr.-Ing. O. Georg, Dr.-Ing. T. Müller, Dipl.-Ing. W. Lieber und Dipl.-Phys. H. Etzkorn danke ich für ihre meßtechnischen bzw. theoretischen Beiträge, die ihren Niederschlag insbesondere in verschiedenen Figuren gefunden haben, sowie für die kritische Durchsicht des

Manuskripts. Die (im Zeitpunkt der Niederschrift) als ein Ausblick dienende letzte Figur dieses Studienbuches verdanke ich Herrn Dipl.-Phys. H. Etzkorn. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft sei auch an dieser Stelle für ihre Sachbeihilfen gedankt. Dieser Förderung verdanke ich es wesentlich, daß ich im Rahmen meines Lehrstuhls an der Universität Kaiserslautern eine auf dem Gebiet der optischen Übertragungstechnik arbeitende Forschungsgruppe aufbauen konnte. Ich danke ferner Frau D. Edel für Ihre Mühe bei der tadellosen Reinschrift des Manuskripts. Dem Verlag danke ich für die ansprechend gute Ausführung dieses Studienbuches.

Dem Leser wünsche ich bei der Lektüre auch das gleiche Vergnügen, das mir die Abfassung gemacht hat.

Kaiserslautern, den 10. Januar 1985

W. Heinlein

# Inhalt

## 1 Prinzipien und Komponenten der optischen Nachrichtenübertragung

1.1	Das elektromagnetische Spektrum . . . . .	13
1.2	Optische Übertragungssysteme . . . . .	15
1.3	Modulationsverfahren . . . . .	16
1.4	Senderelemente . . . . .	16
1.4.1	Lichtemittierende Dioden (LED) . . . . .	17
1.4.2	Laserdioden (LD) . . . . .	17
1.5	Charakteristische Daten und Eigenschaften von Sendedioden . . . . .	18
1.5.1	Verwendete Materialien . . . . .	18
1.5.2	Kennlinien . . . . .	18
1.5.3	Spektrale Leistungsdichte . . . . .	19
1.5.4	Übertragungsfaktor und Quantenwirkungsgrad . . . . .	20
1.5.5	Strahlungscharakteristik . . . . .	21
1.5.6	Modulationsgeschwindigkeit . . . . .	22
1.5.7	Schaltungsbeispiel für eine optische Senderstufe . . . . .	23
1.6	Empfängselemente . . . . .	24
1.6.1	Photodioden . . . . .	24
1.6.2	Lawinen-Photodioden . . . . .	26
1.6.3	Phototransistoren . . . . .	28
1.7	Das optische Übertragungsmedium: Lichtwellenleiter . . . . .	29
1.7.1	Optische Dämpfung . . . . .	29
1.7.2	Fasertypen: Brechzahlprofile und Impulsdispersion . . . . .	31
1.7.3	Stufenprofilfasern . . . . .	32
1.7.4	Gradientenfasern . . . . .	33
1.7.5	Einwellige Fasern . . . . .	34
1.8	Zur Herstellung von Quarzglasfasern . . . . .	35
1.9	Optische Kabel und Faserverbindungen . . . . .	37
1.10	Anwendungen . . . . .	38

## 2 Wellenoptik

2.1	Übertragungsmedium . . . . .	40
2.2	Ableitung der Wellengleichung für die Momentanwerte $\vec{e}$ der elektrischen Feldstärke . . . . .	40
2.3	Näherung der Wellengleichung für $\vec{e}$ . . . . .	42
2.4	Ableitung der Wellengleichung für die Momentanwerte $\vec{h}$ der magnetischen Feldstärke . . . . .	43
2.5	Näherung der Wellengleichung für $\vec{h}$ . . . . .	44
2.6	Lösung der skalaren Wellengleichung . . . . .	45
2.7	Deutung der Lösung als homogene Planwelle . . . . .	46
2.8	Die harmonische homogene Planwelle . . . . .	47

2.9	Graphische Darstellungen der harmonischen Planwelle . . . . .	48
2.10	Polarisation . . . . .	50
2.11	Komplexe Schreibweise harmonischer Wellen . . . . .	51
2.12	Zusammenhang zwischen den Feldstärken der homogenen Planwelle und Orientierung der Feldstärken zum Ausbreitungsvektor . . . . .	53
2.13	Komplexe Dielektrizitätszahl: dielektrische Verluste und Materialdis- persion . . . . .	54
2.14	Wellengruppe: Phasenlaufzeit und Gruppenlaufzeit . . . . .	57
2.15	Die Gruppenlaufzeitstreuung (chromatische Dispersion) . . . . .	60
2.16	Phasenlaufzeit und Gruppenlaufzeit von Wellen (Moden) in Glasfasern, Wellenleiterdispersion . . . . .	62
2.17	Überlagerung zweier gleichfrequenter homogener Planwellen: stehende Wellen . . . . .	64
2.18	Überlagerung zweier gleichfrequenter homogener Planwellen: allge- meiner Fall . . . . .	65
2.19	Reflexion und Transmission bei senkrechtem Einfall einer homogenen Planwelle auf die ebene Grenzfläche zweier homogener Dielektrika . . .	67
2.20	Schräger Einfall einer homogenen Planwelle auf die ebene Grenzfläche zweier homogener Dielektrika; Totalreflexion . . . . .	70
2.21	Klassifizierung von Wellen nach der Phasenlaufzeit . . . . .	73
2.22	Reflexions-Faktoren einer homogenen Planwelle bei schrägem Einfall auf eine ebene dielektrische Grenzfläche: einfallende Welle elektrisch transversal polarisiert (TE) . . . . .	74
2.23	Fortsetzung: einfallende Welle magnetisch transversal polarisiert (TM); Brewster-Effekt . . . . .	77

**3 Strahlenoptik (Geometrische Optik)**

3.1	Die Eikonalgleichung . . . . .	82
3.2	Die Strahlendifferentialgleichung . . . . .	84
3.3	Paraxiale Näherung der Strahlendifferentialgleichung . . . . .	86
3.4	Fermatsches Prinzip und Brechungsgesetz . . . . .	87
3.5	Verallgemeinerung des Brechungsgesetzes bei stetigen Brechzahlände- rungen und Anwendung auf geführte Lichtstrahlen in Fasern . . . . .	89
3.6	Ableitung der Strahlendifferentialgleichung aus dem Fermatschen Prinzip . . . . .	90
3.7	Verhältnis von Strahlen- und Wellenoptik und deren Verhältnis zur Mechanik . . . . .	93
3.8	Anwendung der paraxialen Strahlendifferentialgleichung auf eine Gra- dientenfaser mit parabolischem Brechzahlprofil . . . . .	93
3.9	Fortsetzung: Exakte Lösung des Meridionalstrahlverlaufs . . . . .	96
3.10	Strahlendifferentialgleichung und lokaler Ausbreitungsvektor . . . . .	98
3.11	WKB-Optik (WKB-Näherung) . . . . .	99

**4 Dielektrische Wellenleiter: Wellenausbreitung in Glasfasern**

4.1	Klassifikation der Wellenformen in vielwelligen Fasern . . . . .	101
4.2	Stufenprofilfasern: Strahlenoptik der geführten Wellen . . . . .	102
4.2.1	Das Brechzahlprofil . . . . .	102
4.2.2	Neigungswinkel der Kernstrahlen . . . . .	103
4.2.3	Laufzeit . . . . .	103
4.2.4	Aufweitung der Impulsantwort (Impulsverbreiterung) . . . . .	104
4.3	Das diskrete Modenspektrum der geführten Wellen . . . . .	105
4.4	Akzeptanzwinkel der Stufenprofilfaser . . . . .	107
4.5	Gradientenfaser mit Potenzprofil der Brechzahl; Grundsätzliches zur Signalbandbreite und zum Verlauf geführter Strahlen . . . . .	110
4.6	Laufzeit meridionaler Strahlen; Modengruppen und Impulsaufweitung in Gradientenfasern mit parabolischem Brechzahlprofil . . . . .	114
4.7	WKB-Optik der Strahlen (Moden) in vielwelligen Gradientenfasern . . . .	118
4.7.1	Die transversalen Resonanzbedingungen . . . . .	118
4.7.2	Der Grundmodus . . . . .	120
4.7.3	Die Meridionalmoden . . . . .	122
4.7.4	Schiefe Moden und Helixmoden . . . . .	122
4.7.5	Leckmoden und Strahlungsmoden . . . . .	124
4.7.6	Modengruppen und Modenkennzahlebene . . . . .	126
4.7.7	Gruppenlaufzeit und chromatische Dispersion eines Modus; optimales Potenzprofil der Brechzahl . . . . .	129
4.8	Numerische Apertur einer Gradientenfaser . . . . .	135
4.9	Modelle optischer Sender und Einkoppelwirkungsgrad . . . . .	137
4.9.1	Strahlungscharakteristiken einfacher Sendermodelle . . . . .	137
4.9.2	Einkoppelwirkungsgrad . . . . .	141
4.10	Einwellenfasern . . . . .	143
4.10.1	Die Separation der skalaren Wellengleichung: die Modenkenn- zahlen $\beta$ und $\nu$ . . . . .	144
4.10.2	Die Grundwelle: Feld und Ausbreitungskonstante . . . . .	146
4.10.3	Die Grenzwellenlänge . . . . .	152
4.10.4	Die Laufzeit der Grundwelle . . . . .	154
	<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>159</b>
	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>161</b>



## Verzeichnis benutzter Symbole und Abkürzungen

A	Fläche; reelle Amplitude
$\underline{A}$	komplexe, skalare Amplitude (Abschn. 2.11)
$A_N$	numerische Apertur (Gl. 4.6)
$A_N(r)$	lokale numerische Apertur (Gl. 4.42)
APD	Lawinenphotodiode (avalanche photo diode)
$A_s$	scheinbare Fläche
a	Kernradius; reelle skalare Wellengröße (Gl. 2.11)
$a(\lambda)$	spektrale Dämpfung einer Glasfaser (in dB/km; Abschn. 1.7.1)
C	Kapazität
$C(\lambda)$	chromatische Dispersion (Gl. 4.91)
c	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ( $2,998 \cdot 10^8$ m/s)
D	äußerer Faserdurchmesser
$\vec{E}$	Empfindlichkeit einer Photodiode (Abschn. 1.6.1)
$\vec{\underline{E}}$	komplexe Vektoramplitude der elektrischen Feldstärke (Abschn. 2.11)
e	Elementarladung ( $1,602 \cdot 10^{-19}$ As)
$\vec{e}$	reeller, vektorieller Momentanwert der elektrischen Feldstärke
$\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z$	Einheitsvektoren bei kartesischen Koordinaten
$\vec{e}_r, \vec{e}_\phi, \vec{e}_z$	Einheitsvektoren bei Zylinderkoordinaten
F	Rauschfaktor
FET	Feldeffekt-Transistor (Abschn. 1.6.2)
f	Frequenz
$f_g$	elektrische Grenzfrequenz (Abschn. 1.6.2)
$\vec{\underline{H}}$	komplexe Vektoramplitude der magnetischen Feldstärke (Abschn. 2.11)
$\vec{h}$	Plancksches Wirkungsquantum ( $6,626 \cdot 10^{-34}$ Ws <sup>2</sup> )
$\vec{h}$	reeller, vektorieller Momentanwert der magnetischen Feldstärke
I	Strahlstärke, gemessen in W/ster (Gl. 4.47)
IR	infraroter Wellenlängenbereich
i	elektrische Stromstärke
$i_D$	Dunkelstrom einer Photodiode
$i_1$	Treiberstrom elektro-optischer Wandler
$i_2$	Photostrom
$i_s$	Schwellstrom
k	Wellenzahl eines Stoffes (Abschn. 2.8)
$k = 2\pi/\lambda$	Wellenzahl im Vakuum (ab Abschn. 2.16)
$\underline{k} = k' - jk''$	komplexe skalare Ausbreitungskonstante (Abschn. 2.13)
$\vec{k}$	Ausbreitungsvektor (Gl. 2.13)
$k_a = kn_a$	Wellenzahl des Mantelmaterials einer Faser (Abschn. 2.16)
$\vec{k}_n, k_n$	lokaler Ausbreitungsvektor bzw. Betrag des lokalen Ausbreitungsvektors am Ort der Brechzahl n
$k_0 = kn_0$	Wellenzahl des Kernachsenmaterials einer Faser (Abschn. 2.16)
$k_z$	z-Komponente (axiale Komponente) des Ausbreitungsvektors

$k_\phi, k_r, k_z$	azimutale, radiale bzw. transversale Komponenten des Ausbreitungsvektors (Gl. 4.17 und 4.25)
L	Faserlänge; Strahldichte, gemessen in $W/(\text{ster} \cdot \text{m}^2)$ (Gl. 4.49)
LED	lichtemittierende Diode
LD	Laserdiode
M	Faktor der Lawinenverstärkung in einer Lawinenphotodiode; Gesamtzahl der geführten Moden (Abschn. 4.7.6); Materialdispersion (Gl. 2.30)
$M_0(\lambda)$	Materialdispersion des Kernachsenmaterials (Gl. 4.41a)
m	Hauptmodenkennzahl (Gl. 4.34)
N	Gruppenbrechzahl bzw. Gruppenindex (Gl. 2.27)
$N_{\text{eff}}$	effektiver Gruppenindex (Gl. 4.37g)
$N_0$	Gruppenindex des Kernachsenmaterials
n	Brechzahl
$\vec{n}$	Einheitsvektor
$\underline{n} = n' - jn''$	komplexe Brechzahl (Abschn. 2.13)
$n_a$	Brechzahl des Fasermantels
$n_e$	Elektronenteilchenstrom (in Anzahl/sec)
$n_{\text{eff}}$	effektive Brechzahl eines Modus (Abschn. 4.7.7)
$n_0$	maximale Brechzahl im Kern (meist in der Faserachse) einer Glasfaser
$n_Q$	Quantenteilchenstrom (in Anzahl/sec)
P	Strahlungsleistung (allg., in Watt); Profildispersion (Gl. 4.16)
p	wellenoptische, radiale Modenkennzahl (Gl. 4.76)
p, $p_z$	Periode eines geführten Lichtstrahls (Gl. 3.20 bzw. Gl. 3.31)
$p_1$	optische Sendeleistung
$p_{1F}$	optische Sendeleistung, eingekoppelt in eine Faser
$p_2$	im Empfänger absorbierte optische Leistung
$p_{2F}$	aus einer Faserendfläche austretende optische Leistung
$p_\lambda$	spektrale Leistungsdichte (in Watt/nm)
R	elektrischer Widerstand
$R(r)$	radiale Feldfunktion (Gl. 4.60)
r	radiale Koordinate
$\vec{r}$	Ortsvektor
$\underline{r}$	komplexer (elektrischer) Reflexionsfaktor (Abschn. 2.19)
$\underline{r}_e, \underline{r}_m$	komplexer elektrischer bzw. magnetischer Reflexionsfaktor (Abschn. 2.19)
$r_H$	Radius eines Helixstrahls (Abschn. 4.7.4)
$r_M$	Amplitude der Bahnkurve eines geführten Meridionalstrahls (Abschn. 3.8)
$\underline{r}_{TE}, \underline{r}_{TM}$	komplexer Reflexionsfaktor bei transversal elektrischer bzw. transversal magnetischer Polarisation (Gl. 2.52b bzw. 2.54c)
$r_1, r_2, r_3$	Kaustikradien in vielwelligen Glasfasern (Abschn. 4.1)
S	Eikonal, Phasenfunktion (Abschn. 3.1)
s	Koordinate längs eines Lichtstrahls (Abschn. 3.2)
T	Periodendauer (Abschn. 2.9); absolute Temperatur
TE, TM	transversal elektrisch bzw. magnetisch (Abschn. 2.22)

## 10 Verzeichnis benutzter Symbole und Abkürzungen

$T_0$	charakteristische Temperatur für die Temperaturabhängigkeit des Schwellstroms (Abschn. 1.5.2)
$\Delta T$	Temperaturerhöhung
$t$	Zeitkoordinate; absolute Laufzeit (Abschn. 4.2.3)
$\vec{t}$	Tangenteneinheitsvektor (Abschn. 3.2)
$t_A$	Anstiegszeit
$\underline{t}_e, \underline{t}_m$	komplexer elektrischer bzw. magnetischer Transmissionsfaktor (Abschn. 2.19)
$t_g$	absolute Gruppenlaufzeit
$U$	Vorspannung einer Photodiode
$V$	Faserparameter (Gl. 4.11)
$v$	Phasengeschwindigkeit des Lichts in einem Stoff (Abschn. 2.6)
$w_0$	Fleckgröße, d. i. Fleckradius (Gl. 4.72)
$W(\lambda)$	Wellenleiterdispersion (Gl. 4.41b)
$x, y, z$	kartesische Koordinaten
$x$	Rauschkennzahl von Lawinenphotodioden (Abschn. 1.6.2)
$z$	Koordinate längs der optischen Achse
$\alpha$	Exponent des Potenzprofils der Brechzahl (Gl. 4.8); Winkelvariable (Abschn. 2.17)
$\alpha_{\text{opt}}$	optimaler Exponent im Potenzprofil (Gl. 4.15)
$\alpha_r$	radialer Dämpfungsfaktor (Gl. 4.28)
$\alpha_{2x}$	transversaler Dämpfungsfaktor bei der frustrierten Brechung (Abschn. 2.20)
$\beta$	Ausbreitungskonstante einer Welle (Abschn. 2.16)
$\beta_M$	Ausbreitungskonstante eines Meridionalstrahls (Gl. 3.22)
$\gamma$	Neigungswinkel eines geführten Strahls gegenüber der Faserachse
$\gamma_c$	Grenzwinkel der Totalreflexion (kritischer Neigungswinkel zur Faserachse)
$\Delta$	Differenzoperator (z. B. $\Delta T$ ); Laplacescher Differentialoperator (z. B. Abschn. 2.3); relative Brechzahldifferenz (Gl. 3.15 und Gl. 4.1)
$\Delta\lambda$	spektrale Halbwertsbreite von optischen Sendern (Abschn. 1.5.3)
$\epsilon$	Permittivität eines Dielektrikums (in F/m)
$\underline{\epsilon} = \epsilon' - j\epsilon''$	komplexe Dielektrizitätszahl (Abschn. 2.13)
$\epsilon_0$	Permittivität des Vakuums ( $8,854 \cdot 10^{-12}$ F/m)
$\epsilon_r$	Dielektrizitätszahl (Abschn. 1.7.2)
$\eta, \underline{\eta}$	reeller bzw. komplexer Feldwellenwiderstand (Gl. 2.21 bzw. Abschn. 2.19)
$\eta$	Wirkungsgrad der Einkopplung optischer Leistung in eine Faser (Abschn. 4.9.2); Quantenwirkungsgrad einer Photodiode (Abschn. 1.6.1)
$\eta_{\text{diff}}$	differentielle Quantenausbeute (Abschn. 1.5.4)
$\eta_{\text{ext}}$	externe Quantenausbeute (Abschn. 1.5.4)
$\eta_0$	Feldwellenwiderstand des Vakuums (Gl. 2.21a)
$\Theta$	Winkelvariable (Abschn. 2.18); Neigungswinkel gegenüber einer Achse; halber Öffnungswinkel eines Strahlenkegels
$\Theta_A$	Akzeptanzwinkel (Abschn. 4.4)
$\Theta_1, \Theta_2, \Theta_r$	Einfallswinkel, Brechungswinkel bzw. Reflexionswinkel (Abschn. 2.20)
$\Theta_{1B}, \Theta_{2B}$	Einfallswinkel bzw. Brechungswinkel beim Brewstereffekt (Abschn. 2.23)

$\Theta_{1c}$	kritischer Einfallswinkel (Abschn. 2.20)
$\lambda$	Wellenlänge im Vakuum
$\lambda_g$	Grenzwellenlänge eines Modus (Abschn. 4.10.3)
$\lambda_m$	mittlere Wellenlänge (Fig. 1.8)
$\lambda_n$	Wellenlänge im Stoff der Brechzahl $n$
$\lambda_{0M}$	Wellenlänge der Nullstelle der Materialdispersion (Abschn. 4.10.4)
$\lambda_z$	Wellenlänge in $z$ -Richtung (Abschn. 2.21)
$\mu$	radiale Modenkennzahl (Gl. 4.22); Permeabilität eines Stoffes
$\mu_0$	Permeabilität des Vakuums ( $4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m)
$\nu$	azimutale Modenkennzahl (Gl. 4.19)
$\rho$	Raumladungsdichte
$\sigma$	elektrische Leitfähigkeit
$\tau$	normierte Gruppenlaufzeit der Grundwelle (Gl. 4.37f)
$\tau_g$	spezifische Gruppenlaufzeit (in $\mu\text{s}/\text{km}$ ; Abschn. 2.14)
$\tau_\phi$	spezifische Phasenlaufzeit (in $\mu\text{s}/\text{km}$ ; Abschn. 2.14)
$\omega = 2\pi f$	Kreisfrequenz
$\Omega$	Raumwinkel
$\Omega_A$	Raumwinkel des Akzeptanzkegels (Abschn. 4.4)
$\vec{\nabla}$	Nablaoperator der Vektoranalysis