



**Teil III**  
**Anhänge**





Anhang A  
**Mathematische Grundlagen**

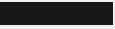
**A**

---

**A Mathematische Grundlagen**

A.1 Strahlensatz . . . . .	871
A.2 Inverse Probleme . . . . .	873

**A**



# A Mathematische Grundlagen

## A.1 Strahlensatz

Der elementargeometrische Strahlensatz [13, 110] bildet eine wichtige Grundlage für die Konstruktion von Abbildungsstrahlengängen im Modell der geometrischen Optik (Kap. 3).

### Satz A.1: Strahlensatz

Seien  $s$  und  $t$  zwei Geraden, die sich im Ursprung  $O$  schneiden. Ferner seien  $p_1$  und  $p_2$  zwei parallele Geraden, die  $s$  und  $t$  schneiden (Abb. A.1). Dann stehen die Längen der Strecken, die von den Strahlen  $s$  und  $t$  auf den Parallelen ausgeschnitten werden, im gleichen Verhältnis zueinander wie die Abstände zwischen  $O$  und den Schnittpunkten  $P_1$  und  $P_2$  bzw.  $Q_1$  und  $Q_2$  zwischen den Strahlen und den Parallelen<sup>1</sup>:

$$\frac{\overline{P_1Q_1}}{\overline{P_2Q_2}} = \frac{\overline{OP_1}}{\overline{OP_2}} = \frac{\overline{OQ_1}}{\overline{OQ_2}}. \quad (\text{A.1})$$

Dabei spielt es keine Rolle, ob sich die Parallelen vom Ursprung aus gesehen auf derselben Seite oder auf verschiedenen Seiten befinden (Abb. A.1(b)).  $\diamond$

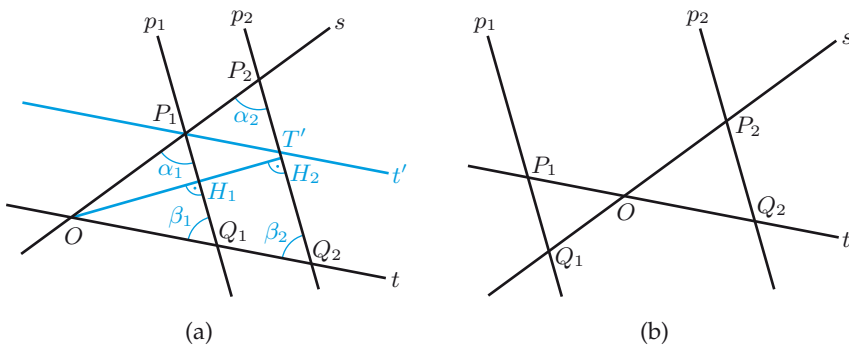


Abbildung A.1. Strahlensatz.

<sup>1</sup>Die Notation  $\overline{AB}$  bezeichnet die Länge der Strecke zwischen den Punkten  $A$  und  $B$ .

**Beweis A.1** Im rechtwinkligen Dreieck  $OH_1P_1$  erhält man

$$\sin \alpha_1 = \frac{\overline{OH_1}}{\overline{OP_1}}. \quad (\text{A.2})$$

Im Dreieck  $OH_2P_2$  gilt entsprechend

$$\sin \alpha_2 = \frac{\overline{OH_2}}{\overline{OP_2}}. \quad (\text{A.3})$$

Wegen der Parallelität von  $p_1$  und  $p_2$  gilt  $\alpha_1 = \alpha_2$ . Somit folgt

$$\frac{\overline{OH_1}}{\overline{OP_1}} = \frac{\overline{OH_2}}{\overline{OP_2}} \Leftrightarrow \frac{\overline{OH_1}}{\overline{OH_2}} = \frac{\overline{OP_1}}{\overline{OP_2}}. \quad (\text{A.4})$$

Analog erhält man in den rechtwinkligen Dreiecken  $OQ_1H_1$  und  $OQ_2H_2$ :

$$\beta_1 = \beta_2 \Leftrightarrow \frac{\overline{OH_1}}{\overline{OQ_1}} = \sin \beta_1 = \sin \beta_2 = \frac{\overline{OH_2}}{\overline{OQ_2}} \quad (\text{A.5})$$

$$\Leftrightarrow \frac{\overline{OH_1}}{\overline{OH_2}} = \frac{\overline{OQ_1}}{\overline{OQ_2}}. \quad (\text{A.6})$$

Somit folgt insgesamt die zweite Gleichung in (A.1):

$$\frac{\overline{OP_1}}{\overline{OP_2}} = \frac{\overline{OQ_1}}{\overline{OQ_2}}. \quad (\text{A.7})$$

Die erste Gleichung des Satzes kann man mit Hilfe der Parallelen  $t'$  zu  $t$  in Abb. A.1(a) herleiten. Dabei interpretiert man  $P_2$  als Ursprung und erhält somit aus (A.7):

$$\frac{\overline{P_2P_1}}{\overline{P_2O}} = \frac{\overline{P_2T'}}{\overline{P_2Q_2}} \Leftrightarrow \frac{\overline{P_2O} - \overline{OP_1}}{\overline{P_2O}} = \frac{\overline{P_2Q_2} - \overline{Q_2T'}}{\overline{P_2Q_2}} \quad (\text{A.8})$$

$$\Leftrightarrow \frac{\overline{Q_2T'}}{\overline{P_2Q_2}} = \frac{\overline{OP_1}}{\overline{P_2O}}. \quad (\text{A.9})$$

Da  $P_1Q_1Q_2T'$  ein Parallelogramm ist, gilt  $\overline{Q_2T'} = \overline{P_1Q_1}$ . Damit folgt schließlich die Behauptung

$$\frac{\overline{P_1Q_1}}{\overline{P_2Q_2}} = \frac{\overline{OP_1}}{\overline{OP_2}}. \quad (\text{A.10})$$



## A.2 Inverse Probleme

### Definition A.1: Korrekt gestelltes Problem

Ein mathematisches Problem heißt korrekt gestellt (oder gut gestellt) nach Hadamard, wenn es die folgenden drei Bedingungen erfüllt [313]:

1. Existenz: Es existiert eine Lösung für das Problem.
2. Eindeutigkeit: Die Lösung ist eindeutig bestimmt.
3. Stabilität: Die Lösung hängt stetig von den Eingangsdaten des Problems ab.

Ein Problem heißt schlecht gestellt (inkorrekt gestellt, *ill posed*), falls eine dieser Bedingungen verletzt ist.  $\diamond$

Ein inverses Problem ist die Suche nach der Umkehrabbildung einer Abbildung  $f : X \rightarrow Y$ ,  $y = f(x)$  mit Definitionsbereich  $X$  und Bildbereich  $Y$ . Die gesuchte Größe ist  $x \in X$ , beobachtet werden kann hingegen nur  $y \in Y$ . Ein inverses Problem ist schlecht gestellt, falls eine der folgenden drei Eigenschaften auf die Umkehrabbildung  $f^{-1}$  zutrifft:

1.  $f^{-1}$  ist nicht wohldefiniert, d. h. es gibt  $y \in Y$ , für die kein Urbild  $x \in X$  mit  $f(x) = y$  existiert,  $f$  ist also nicht surjektiv.
2.  $x = f^{-1}(y)$  ist nicht eindeutig bestimmt, d. h.  $f$  ist nicht injektiv.
3.  $f^{-1}$  ist nicht stetig: aus einem beschränkten Abstand der Bilder  $y_1 = f(x_1)$  und  $y_2 = f(x_2)$ , d. h.

$$\|y_1 - y_2\| < \delta \quad \text{mit } \delta > 0 \text{ beliebig,} \quad (\text{A.11})$$

folgt nicht, dass auch der Abstand der Urbilder beschränkt ist, also dass

$$\|x_1 - x_2\| < \varepsilon \quad \text{mit } \varepsilon > 0. \quad (\text{A.12})$$

Um ein schlecht gestelltes Problem zu lösen, können Regularisierungsverfahren eingesetzt werden. Diese stellen zusätzliche Nebenbedingungen an die Lösung. Dabei kann es sich um Annahmen, Vorwissen oder Wunscheigenschaften handeln, mit deren Hilfe aus der Mannigfaltigkeit der möglichen Lösungen eine eindeutige Lösung ausgewählt wird. In der automatischen Sichtprüfung und Bildauswertung sind vor allem die beiden folgenden Regularisierungsansätze von Bedeutung:

- Eindeutigkeit durch zusätzliche Messungen: Ein mehrdeutiges inverses Problem kann durch Zusatzwissen in Form weiterer Messdaten eindeutig lösbar werden. Ein Beispiel ist die deflektometrische Rekonstruktion aus Abschn. 7.3.5, die durch eine zweite Messung aus anderem Blickwin-

kel eindeutig wird. Auch die gewöhnliche intensitätsbasierte Stereoauswertung kann auf diese Weise interpretiert werden: Die Rekonstruktion der 3D-Struktur aus einer einzelnen Kameraperspektive ist aufgrund des Informationsverlusts bei der Zentralprojektion ein schlecht gestelltes Problem. Erst durch die Hinzunahme einer zweiten Kameraperspektive wird die Berechnung der Tiefeninformation möglich.

- Stetigkeitsforderungen an die Lösung: Indem die Stetigkeit der Lösung gefordert wird, erhält man zusätzliche Nebenbedingungen, die zur Auflösung von Mehrdeutigkeiten beitragen. Stetigkeitsforderungen lassen sich mit Hilfe von Energiefunktionalen formulieren. Dieser Ansatz kann bei verschiedenen Verfahren zur 3D-Rekonstruktion, z. B. Stereo, Shape from Shading, strukturierte Beleuchtung (siehe Kap. 7) sowie bei der Bildsegmentierung (siehe Kap. 11) angewendet werden. Die Stetigkeitsforderung stellt eine zusätzliche Annahme dar, die nicht zwangsläufig von jedem Objekt erfüllt sein wird.



Anhang B  
**Die Fourier-Transformation**

**B**

---



# B

## **B Die Fourier-Transformation**

B.1	Dirac-Distributionen . . . . .	877
B.2	Die eindimensionale Fourier-Transformation . . . . .	877
B.2.1	Definition . . . . .	877
B.2.2	Gesetze . . . . .	878
B.2.3	Korrespondenzen . . . . .	879
B.3	Die n-dimensionale Fourier-Transformation . . . . .	881
B.3.1	Definition . . . . .	881
B.3.2	Korrespondenzen der zweidimensionalen Fourier- Transformation . . . . .	881
B.4	Die diskrete Fourier-Transformation . . . . .	882

# B Die Fourier-Transformation

## B.1 Dirac-Distributionen

B.1

---

Definition 
$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(x - x_0) u(x) dx = u(x_0) \quad \text{mit } u(x) \text{ stetig bei } x = x_0$$

---

Orthogonalität 
$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(x - x_1) \delta(x - x_2) dx = \delta(x_1 - x_2)$$

---

Ausblend-  
eigenschaft 
$$\delta(x - x_0) u(x) = \delta(x - x_0) u(x_0)$$

---

Koordinaten-  
transformation 
$$\delta(a(x)) = \sum_{i=1}^N |a'(x_i)|^{-1} \delta(x - x_i) \quad \text{mit } a(x_i) = 0 \text{ (einfache Nullstellen)}$$

---

Ähnlichkeits-  
transformation 
$$g(kx) = |k|^{-1} \delta(x) \quad \text{mit } k \text{ reell } \neq 0$$

---

Faltung 
$$u(x) * \delta(x - x_0) = u(x - x_0)$$

---

$n$ -dimensionaler  
Dirac-Impuls 
$$\delta(\mathbf{x}) = \delta(x_1, x_2, \dots, x_n) = \delta(x_1) \delta(x_2) \dots \delta(x_n), \quad \mathbf{x} \in \mathbb{R}^n$$

---

## B.2 Die eindimensionale Fourier-Transformation

B.2

### ► B.2.1 Definition

---

Definition: 
$$\mathcal{F}\{g(x)\} := \int_{-\infty}^{\infty} g(x) e^{-j2\pi fx} dx = G(f)$$

---

Umkehrung: 
$$g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} G(f) e^{j2\pi fx} df = \mathcal{F}^{-1}\{G(f)\}$$

---

Kreisfrequenz: 
$$\omega = 2\pi f$$

---

$$[x] = [f]^{-1}, \quad j = \sqrt{-1}$$


---

► **B.2.2 Gesetze**

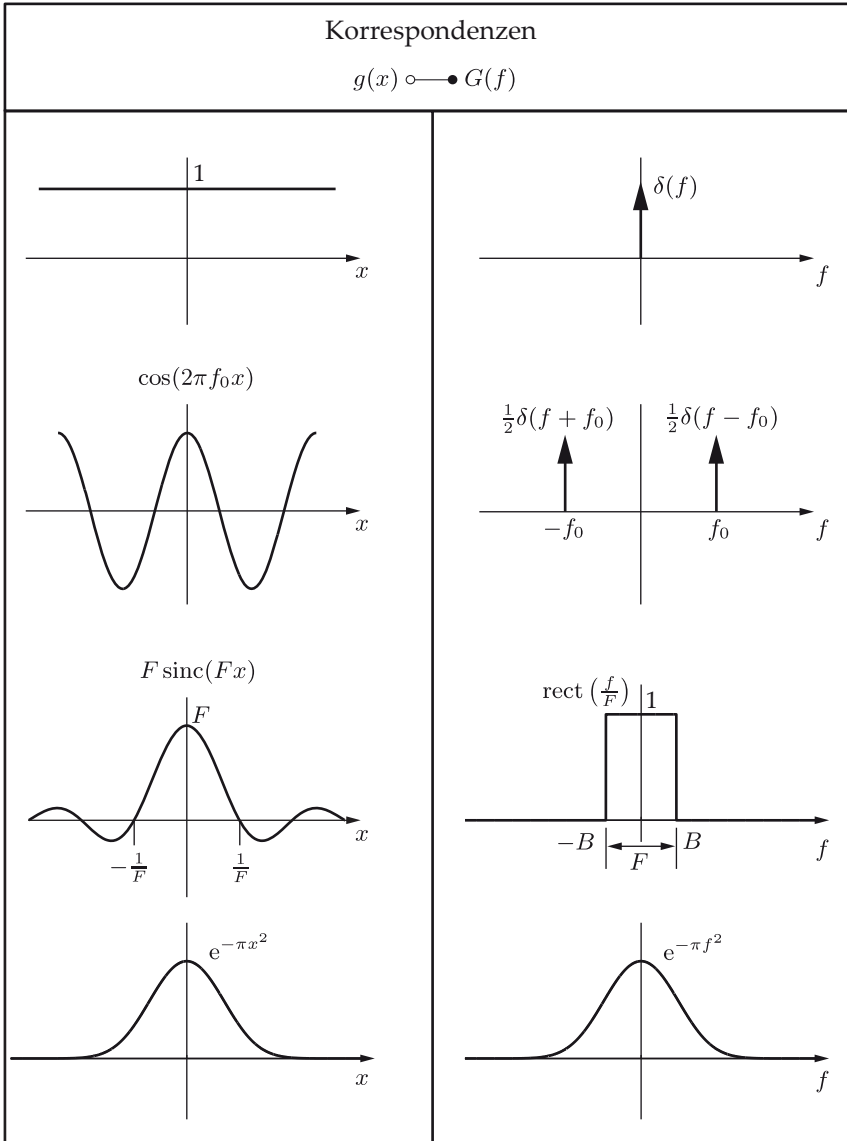
Gesetz	$g(x)$	○●	$G(f)$
Linearität	$a g_1(x) + b g_2(x)$	○●	$a G_1(f) + b G_2(f)$
Ähnlichkeitssatz	$g(kx)$ mit $k$ reell, $k \neq 0$	○●	$ k ^{-1} G\left(\frac{f}{k}\right)$
Vertauschungssatz	$G(x)$	○●	$g(-f)$
	$G^*(x)$	○●	$g^*(f)$
Satz der konjugiert komplexen Funktionen	$g^*(x)$	○●	$G^*(-f)$
Verschiebungssatz	$g(x - x_0)$	○●	$G(f) e^{-j2\pi x_0 f}$
	$g(x) e^{j2\pi f_0 x}$	○●	$G(f - f_0)$
Differentiationssatz	$\frac{dg(x)}{dx}$	○●	$j2\pi f G(f)$
	$-j2\pi x g(x)$	○●	$\frac{dG(f)}{df}$
Integrationsatz	$\int_{-\infty}^x u(\tau) d\tau$	○●	$\left[\frac{1}{j2\pi f} + \frac{1}{2} \delta(f)\right] U(f)$
	$\left[\frac{-1}{j2\pi x} + \frac{1}{2} \delta(x)\right] u(x)$	○●	$\int_{-\infty}^f U(\varphi) d\varphi$
Faltungssatz	$g_1(x) * g_2(x)$	○●	$G_1(f) G_2(f)$
	$g_1(x) g_2(x)$	○●	$G_1(f) * G_2(f)$
Korrelationsatz	$g_1(x) \otimes g_2(x)$	○●	$G_1(f) G_2^*(f)$
	$g_1(x) g_2^*(x)$	○●	$G_1(f) \otimes G_2(f)$
Zuordnungssatz	$\Re\{g_g(x)\}$	○●	$\Re\{G_g(f)\}$
	Index: $\Re\{g_u(x)\}$	○●	$j \Im\{G_u(f)\}$
	- g: gerader Anteil $j \Im\{g_g(x)\}$	○●	$j \Re\{G_g(f)\}$
	- u: ungerader Anteil $j \Im\{g_u(x)\}$	○●	$\Re\{G_u(f)\}$
Momentensatz	$\int_{-\infty}^{\infty} x^\nu g(x) dx = (-j2\pi)^{-\nu} \frac{d^\nu G(f)}{df^\nu} \Big _{f=0}$		
	$(j2\pi)^{-\nu} \frac{d^\nu g(x)}{dx^\nu} \Big _{x=0} = \int_{-\infty}^{\infty} f^\nu G(f) df$		
Nullwerte	$g(0) = \int_{-\infty}^{\infty} G(f) df$		$G(0) = \int_{-\infty}^{\infty} g(x) dx$

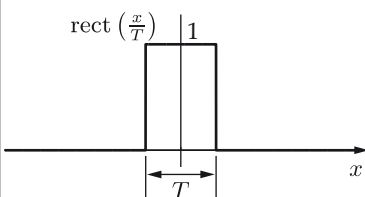
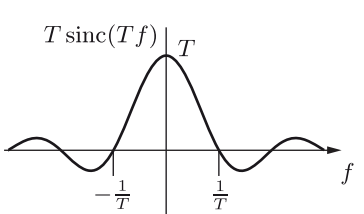
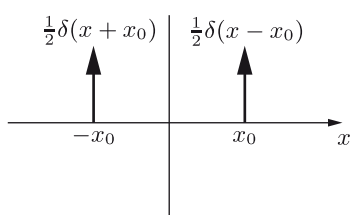
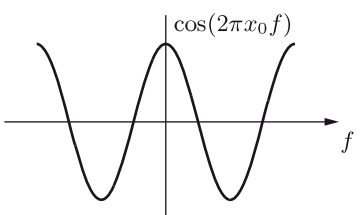
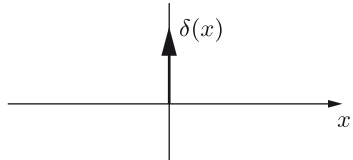
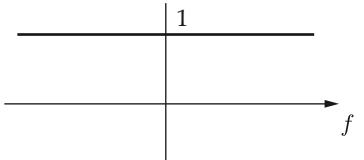
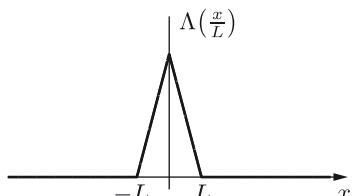
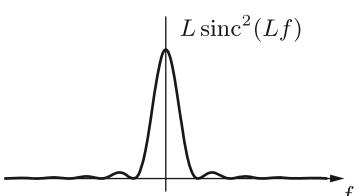
Parseval'sche Gleichung

$$\int_{-\infty}^{\infty} g_1(x) g_2^*(x) dx = \int_{-\infty}^{\infty} G_1(f) G_2^*(f) df$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} |g(x)|^2 dx = \int_{-\infty}^{\infty} |G(f)|^2 df$$

► B.2.3 Korrespondenzen



Korrespondenzen	
$g(x) \circ \bullet G(f)$	
	
	
	
	

## B.3 Die n-dimensionale Fourier-Transformation

### ► B.3.1 Definition

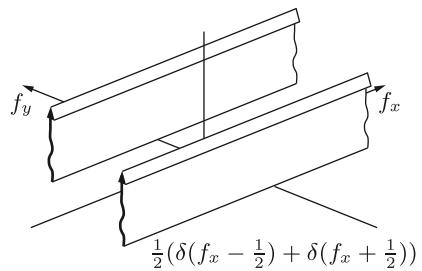
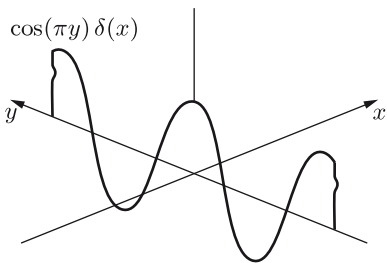
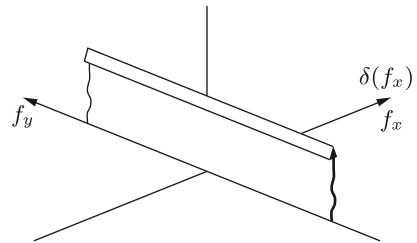
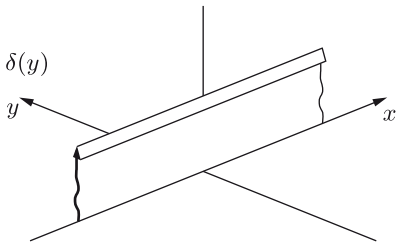
Definition: 
$$\mathcal{F}\{g(\mathbf{x})\} := \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} g(\mathbf{x}) e^{-j2\pi\mathbf{f}^T\mathbf{x}} d\mathbf{x} = G(\mathbf{f})$$

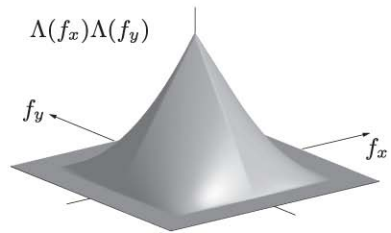
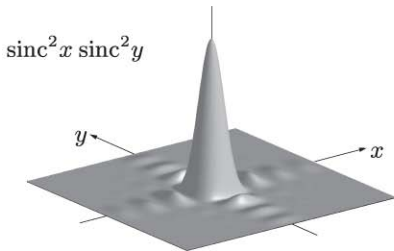
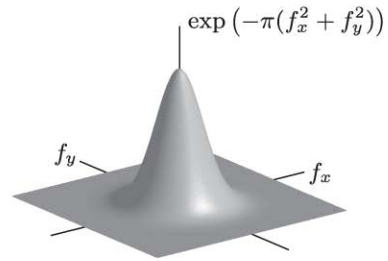
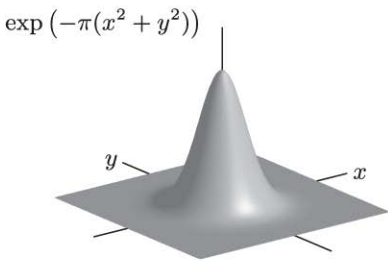
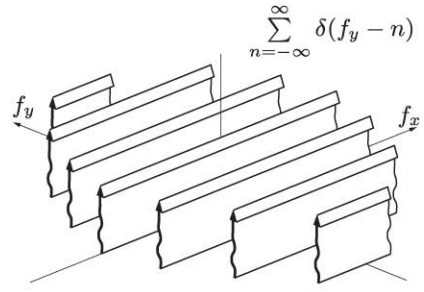
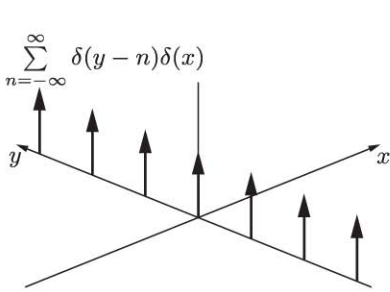
Umkehrung: 
$$g(\mathbf{x}) = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} G(\mathbf{f}) e^{j2\pi\mathbf{f}^T\mathbf{x}} d\mathbf{f} = \mathcal{F}^{-1}\{G(\mathbf{f})\}$$

$$\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_n)^T \in \mathbb{R}^n, \quad d\mathbf{x} = dx_1 dx_2 \dots dx_n$$

$$\mathbf{f} = (f_1, \dots, f_n)^T \in \mathbb{R}^n, \quad d\mathbf{f} = df_1 df_2 \dots df_n$$

### ► B.3.2 Korrespondenzen der zweidimensionalen Fourier-Transformation





**B.4 Die diskrete Fourier-Transformation**

Definition:  $G_l := \sum_{n=0}^{N-1} g_n e^{-j2\pi \frac{ln}{N}}$  mit  $g_n := g(n \Delta x)$

Umkehrung:  $g_n = \frac{1}{N} \sum_{l=0}^{N-1} G_l e^{j2\pi \frac{ln}{N}}$

## Bildnachweis

---

Breitmeier Messtechnik GmbH: Abb. 6.11

Phil Brodatz: Textures [61]: Abb. 1.4, 13.2, 13.18

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), TerraSAR-X:  
Abb. 14.13(b)

Dr. Michael Fried, Universität Erlangen [120]: Abb. 11.25

Fa. AE Goetze GmbH, Burscheid: Honatlas [12]: Abb. 13.3(a), 13.14(a),  
13.15(a), 14.8(c), 14.15(a), 14.16(a)

Jan Horn, Institut für Mess- und Regelungstechnik, Karlsruher Institut für  
Technologie: Abb. 10.4

inspectomation GmbH, Mannheim (früher Hottinger Systems GmbH): Ti-  
telbild, Abb. 1.9, 3.19, 7.40, 7.68, 7.71, 7.113, 14.4, 14.5

Udo Netzelmann, Günter Walle, Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie  
Prüfverfahren IZFP, Saarbrücken: Abb. 7.96

Dirk Nüßler, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechni-  
k FHR, Wachtberg: Abb. 7.101

ONUK Fotografie Bernhard Schmitt, Karlsruhe: Abb. 8.31(a), 8.49, 14.22(c)

Prof. Dr. Wolfgang Osten, ITO – Institut für Technische Optik, Universität  
Stuttgart [278]: Abb. 7.87, 7.89, 7.92, 7.93

William K. Pratt: Digital Image Processing [296]: Abb. 9.11 (links)

Prof. Dr. Jerry Prince, Dr. Chenyang Xu [402]: Abb. 11.22, 11.23

Dr. Andreas Purde, Lehrstuhl für Messsystem- und Sensortechnik, TU Mün-  
chen: Abb. 15.4

Dr. Claudio Sedazzari, Opto Engineering srl, Mantova, Italien: Abb. 3.26

Erika Schneider: Abb. 11.1

Norman Uhlmann, Fraunhofer-Entwicklungszentrum Röntgentechnik  
EZRT, Fürth: Abb. 7.99

Dirk vom Stein: Abb. 10.5, 13.10



## Literaturverzeichnis

- [1] Bernd Aatz, Dieter Müller und Heimo Weber. Interferometrisches Messen mechanischer Bauteile. In Bernd Breuckmann (Hrsg.), *Bildverarbeitung und optische Messtechnik in der industriellen Praxis*, Seiten 231–255. Franzis, München, 1993.
- [2] Ludwig Abele. *Statistische und strukturelle Texturanalyse mit Anwendungen in der Bildsegmentierung*. Dissertation, Technische Universität München, 1982.
- [3] Hillar Aben. *Integrated photoelasticity*. McGraw-Hill, 1979.
- [4] Wolfgang Abmayr. *Einführung in die digitale Bildverarbeitung*. Teubner, 1994.
- [5] Edward H. Adelson. Lightness perception and lightness illusions. In Michael S. Gazzaniga (Hrsg.), *The New Cognitive Neurosciences*, Seiten 339–351. MIT Press, Cambridge, MA, 2. Auflage, 2000.
- [6] Edward H. Adelson. Lightness Perception and Lightness Illusions. <http://persci.mit.edu/gallery>, <http://web.mit.edu/persci/gaz/gaz-teaching/index.html>, 2011.
- [7] Edward H. Adelson und James R. Bergen. The Plenoptic Function and the Elements of Early Vision. In Michael Landy und J. Anthony Movshon (Hrsg.), *Computational Models of Visual Processing*, Seiten 3–20. MIT Press, 1991.
- [8] Edward H. Adelson und John Y. A. Wang. Single Lens Stereo with a Plenoptic Camera. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 14(2):99–106, Februar 1992.
- [9] Jochen Aderhold und Peter Meinlschmidt. Grundlagen der Infrarot-Thermographie. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 360–363. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [10] Jochen Aderhold und Peter Meinlschmidt. Online-Thermographie als Werkzeug zur Qualitätskontrolle. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 364–368. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [11] Jochen Aderhold und Peter Meinlschmidt. Spektroskopische Charakterisierung von Oberflächen. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 145–151. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [12] AE Goetze GmbH. *Honatlas: Beurteilungskriterien für die Honung von Zylinderlaufflächen*. 1988.
- [13] Ilka Agricola und Thomas Friedrich. *Elementargeometrie: Fachwissen für Studium und Mathematikunterricht*. Vieweg+Teubner, 3. Auflage, 2011.
- [14] Harry C. Andrews und Bobby R. Hunt. *Digital Image Restoration*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1977.
- [15] Jörg Angerstein. UV-Visible and Near IR Semiconductor Sensors. In E. Wagner, R. Dändliker und K. Spenner (Hrsg.), *Optical Sensors*, Bd. 6 der Reihe *Sensors*, Seiten 173–199. VCH, 1992.

- [16] Ivan Artamonov. *Optische Täuschungen*. Deutsch, 5. Auflage, 2006.
- [17] David E. Aspnes. The Accurate Determination of Optical Properties by Ellipsometry. In Edward Palik (Hrsg.), *Handbook of Optical Constants of Solids*, Seiten 89–112. Academic Press, 1985.
- [18] Anand Asundi. Photoelasticity and Moiré. In Pramod Rastogi (Hrsg.), *Optical Measurement Techniques and Applications*, Seiten 183–215. Artech House, 1997.
- [19] Dana Ballard. Generalizing the Hough Transform to Detect Arbitrary Shapes. *Pattern Recognition*, 13(2):111–122, 1981.
- [20] Jonathan Balzer. *Regularisierung des Deflektometrieproblems – Grundlagen und Anwendung*. Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), 2008.
- [21] Jonathan Balzer und Stefan Werling. Principle of Shape from Specular Reflection. *Measurement*, 43(10):1305–1317, Dezember 2010.
- [22] Richard Bamler. *Mehrdimensionale lineare Systeme*. Springer, 1989.
- [23] Werner Bäni. *Wavelets: Eine Einführung für Ingenieure*. Oldenbourg, 2. Auflage, 2005.
- [24] Bruce Batchelor (Hrsg.). *Machine Vision Handbook*. Springer, 2012.
- [25] Bruce Batchelor, Denys Hill und David Hodgson (Hrsg.). *Automated visual inspection*. IFS, Kempston, 1985.
- [26] Bruce Batchelor und Paul Whelan. *Intelligent vision systems for industry*. Springer, 1997.
- [27] Norbert Bauer (Hrsg.). *Leitfaden zur industriellen Bildverarbeitung*, Bd. 1. Fraunhofer-Allianz Vision, 2. Auflage, 2001.
- [28] Wilfried Bauer. Weißlichtinterferometrie. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 297–301. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [29] Herbert Bay, Tinne Tuytelaars und Luc Van Gool. SURF: Speeded Up Robust Features. In Aleš Leonardis, Horst Bischof und Axel Pinz (Hrsg.), *9th European Conference on Computer Vision*, Seiten 404–417. Springer, 2006.
- [30] Sarah Bee und Mark Honeywood. Colour Sorting in the Food Industry. In Mark Graves und Bruce Batchelor (Hrsg.), *Machine vision for the inspection of natural products*. Springer, 2003.
- [31] Rolf Behrendt, Peter Schmitt und Norman Uhlmann. Bildgebende Röntgensensoren. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 72–74. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [32] Ludwig Bergmann, Clemens Schaefer, Heinz Niedrig und Hans-Joachim Eichler (Hrsg.). *Lehrbuch der Experimentalphysik*, Bd. 3: Optik: Wellen- und Teilchenoptik. de Gruyter, 10. Auflage, 2004.
- [33] David Berson, Felice Dunn und Motoharu Takao. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science*, 295(5557):1070–1073, Februar 2002.

- [34] Eric Betzig und Jay Trautman. Near-field optics: microscopy, spectroscopy, and surface modification beyond the diffraction limit. *Science*, 257(5067):189–195, Juli 1992.
- [35] Jürgen Beyerer. Suppression of stochastically placed, straight toolmarks to enhance objects and defects. *Technisches Messen*, 59(10):389–397, 1992.
- [36] Jürgen Beyerer. *Analyse von Riefentexturen*. Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), 1994.
- [37] Jürgen Beyerer, Doris Krahe und Fernando Puente León. Progress in the Characterization of Cylinder Bores. In E. Mainsah, J. Greenwood und D. Chetwynd (Hrsg.), *Metrology and Properties of Engineering Surfaces*, Seiten 243–281. Kluwer, 2001.
- [38] Jürgen Beyerer und Fernando Puente León. Suppression of inhomogeneities in images of textured surfaces. *Optical Engineering*, 36(1):85–93, 1997.
- [39] Jürgen Beyerer und Fernando Puente León. Adaptive separation of random lines and background. *Optical Engineering*, 37(10):2733–2741, 1998.
- [40] Jürgen Beyerer und Fernando Puente León. Die Radontransformation in der digitalen Bildverarbeitung. *Automatisierungstechnik*, 50(10):472–480, 2002.
- [41] Jürgen Beyerer und Denis Pérard. Automatische Inspektion spiegelnder Freiformflächen anhand von Rasterreflexionen. *Technisches Messen*, 64(10):394–400, 1997.
- [42] Jürgen Beyerer und Mohammed Ali Seiraffi. Qualitätssicherung in Kernmachereien und Gießereien durch den Einsatz automatischer Sichtprüfungssysteme. *Gießerei-Praxis*, (6):245–254, 2000.
- [43] Jürgen Beyerer und Mohammed Ali Seiraffi. Verfahren und Vorrichtung zur Objekterkennung. Patent PCT/DE1999/004070, 2000.
- [44] Jürgen Beyerer, Dirk vom Stein und Thomas Klawitter. Automatische Sichtprüfung belüfteter Bremscheiben. *Giesserei-Erfahrungsaustausch*, 47(7):283–286, 2003.
- [45] Stephan Bichmann. 3-D-Formprüfinterferometrie. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seite 62. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [46] Josef Bigun. *Vision with direction*. Springer, 2006.
- [47] Fred Billmeyer und Max Saltzman. *Grundlagen der Farbtechnologie*. Muster-Schmidt, 2. Auflage, 1993.
- [48] Stephan Bischoff und Leif Kobbelt. Parameterization-free active contour models with topology control. *The Visual Computer*, 20(4):217–228, 2004.
- [49] Christopher Bishop. *Pattern recognition and machine learning*. Springer, 2006.
- [50] Nicolas Blanc. CCD versus CMOS – has CCD imaging come to an end? In Dieter Fritsch und Rudolf Spiller (Hrsg.), *Photogrammetric Week*. Wichmann, 2001.

- [51] Laure Blanc-Féraud, Pierre Charbonnier, Gilles Aubert und Michel Barlaud. Nonlinear image processing: modeling and fast algorithm for regularization with edge detection. In *Proc. IEEE International Conference on Image Processing*, Bd. 1, Seiten 474–477, Oktober 1995.
- [52] Max Born und Emil Wolf. *Principles of optics: electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light*. Cambridge University Press, 7. Auflage, 2006.
- [53] Gerra Bosco. James L. Waters Symposium 2009 on near-infrared spectroscopy: meeting report. *Trends in Analytical Chemistry*, 29(3):197–208, 2010.
- [54] Yuri Boykov und Gareth Funka-Lea. Graph Cuts and Efficient N-D Image Segmentation. *International Journal of Computer Vision*, 70(2):109–131, 2006.
- [55] Yuri Boykov und Vladimir Kolmogorov. An Experimental Comparison of Min-Cut/Max-Flow Algorithms for Energy Minimization in Vision. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 26(9):1124–1137, 2004.
- [56] Yuri Boykov, Olga Veksler und Ramin Zabih. Fast Approximate Energy Minimization via Graph Cuts. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 23(11):1222–1239, 2001.
- [57] Ronald N. Bracewell. *The Fourier transform and its applications*. McGraw-Hill, Boston, MA, 3. Auflage, 2000.
- [58] David Brewster. Experiments on the depolarisation of light as exhibited by various mineral, animal, and vegetable bodies, with a reference of the phenomena to the general principles of polarisation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 105:29–53, 1815.
- [59] David Brewster. On the communication of the structure of doubly refracting crystals to glass, muriate of soda, fluor spar, and other substances, by mechanical compression and dilatation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 106:156–178, 1816.
- [60] Elbert Oran Brigham. *The fast Fourier transform and its applications*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1988.
- [61] Phil Brodatz. *Textures: A photographic album for artists and designers*. Dover, 1966.
- [62] Rainer Brodmann. Autofokussensor. In Tilo Pfeifer (Hrsg.), *Optoelektronische Verfahren zur Messung geometrischer Größen in der Fertigung*, Seiten 123–139. expert-Verlag, 1993.
- [63] Rainer Brodmann und Walter Kimmelman. Streulichtsensor. In Tilo Pfeifer (Hrsg.), *Optoelektronische Verfahren zur Messung geometrischer Größen in der Fertigung*, Seiten 96–122. expert-Verlag, 1993.
- [64] Ilja Bronstejn, Konstantin Semendjajew, Gerhard Musiol und Heiner Mühlig. *Taschenbuch der Mathematik*. Deutscher, 5. Auflage, 2000.
- [65] Helmut Budzier und Gerald Gerlach. *Thermische Infrarotsensoren: Grundlagen für Anwender*. Wiley-VCH, 2010.

- [66] Bundesamt für Strahlenschutz (Hrsg.). Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlung (Röntgenverordnung – RöV). [http://www.bfs.de/de/bfs/recht/rsh/volltext/1A\\_Atomrecht/1A\\_14\\_RoeV\\_1011.pdf](http://www.bfs.de/de/bfs/recht/rsh/volltext/1A_Atomrecht/1A_14_RoeV_1011.pdf), 2011.
- [67] Wilhelm Burger und Mark Burge. *Principles of digital image processing*, Bd. 2: Core algorithms. Springer, 2009.
- [68] Wilhelm Burger und Mark Burge. *Principles of digital image processing*, Bd. 1: Fundamental techniques. Springer, 2009.
- [69] Peter J. Burt und Edward H. Adelson. The Laplacian pyramid as a compact image code. *IEEE Transactions on Communications*, 31(4):532–540, April 1983.
- [70] Peter J. Burt, Tsai-Hong Hong und Azriel Rosenfeld. Segmentation and Estimation of Image Region Properties through Cooperative Hierarchical Computation. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 11(12):802–809, Dezember 1981.
- [71] John Canny. A Computational Approach to Edge Detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 8(6):679–698, November 1986.
- [72] Constantin Carathéodory. *Variationsrechnung und partielle Differentialgleichungen erster Ordnung*, Bd. 2: Variationsrechnung. Teubner, 1994.
- [73] Kenneth R. Castleman. *Digital Image Processing*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1996.
- [74] Tony Chan und Jianhong Shen. *Image processing and analysis: variational, PDE, wavelet, and stochastic methods*. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2005.
- [75] Tony Chan und Luminita Vese. Active Contours Without Edges. *IEEE Transactions on Image Processing*, 10(2):266–277, Februar 2001.
- [76] Wai Lam Chan, Kriti Charan, Dharmpal Takhar, Kevin Kelly, Richard Baraniuk und Daniel Mittleman. A single-pixel terahertz imaging system based on compressed sensing. *Applied Physics Letters*, 93(12), September 2008.
- [77] Pierre Charbonnier, Laure Blanc-Feraud, Gilles Aubert und Michel Barlaud. Two deterministic half-quadratic regularization algorithms for computed imaging. In *Proc. IEEE International Conference on Image Processing*, Bd. 2, Seiten 168–172, 1994.
- [78] Ole Christensen. *Frames and Bases – An Introductory Course*. Birkhäuser, Boston, 2008.
- [79] CIE – International Commission on Illumination. <http://www.cie.co.at/>, 2011.
- [80] CMDITR Photonics Wiki. Terahertz Radiation. <http://www.photonicswiki.org>, 2010.
- [81] Edward Collett. *Field guide to polarization*. SPIE Press, 2005.
- [82] William Cook, William Cunningham, William Pulleyblank und Alexander Schrijver. *Combinatorial Optimization*. Wiley, 1998.

- [83] James W. Cooley und John W. Tukey. An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. *Mathematics of Computation*, 19(90):297–301, 1965.
- [84] Katherine Creath. Phase-Measurement Interferometry Techniques. In Emil Wolf (Hrsg.), *Progress in Optics*, Bd. 26, Seiten 349–393. Elsevier, 1988.
- [85] Cree, Inc. Cree® XLamp® MC-E LED Product family data sheet. [www.cree.com/products/pdf/XLampMC-E.pdf](http://www.cree.com/products/pdf/XLampMC-E.pdf), 2012.
- [86] Navneet Dalal und Bill Triggs. Histograms of Oriented Gradients for Human Detection. In *Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Bd. 1, Seiten 886–893, Juni 2005.
- [87] René Dändliker und Pierre Jacquot. Holographic Interferometry and Speckle Methods. In E. Wagner, R. Dändliker und K. Spenner (Hrsg.), *Optical Sensors*, Bd. 6 der Reihe *Sensors*, Seiten 589–628. VCH, 1992.
- [88] Thao Dang. *Kontinuierliche Selbstkalibrierung von Stereokameras*. Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), 2007.
- [89] Ingrid Daubechies. *Ten lectures on wavelets*. Society for Industrial and Applied Mathematics, 1992.
- [90] Guy David. *Singular sets of minimizers for the Mumford-Shah functional*. Birkhäuser, 2005.
- [91] Colin Davies und Mark Nixon. A Hough Transform for Detecting the Location and Orientation of Three-Dimensional Surfaces Via Color Encoded Spots. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part B*, 28(1):90–95, Februar 1998.
- [92] Commission Internationale de l'Éclairage (Hrsg.). *CIE Colorimetry*. Joint ISO/CIE Standard ISO 11664 / CIE S 014-1, 2007.
- [93] Arthur Dempster, Nan Laird und Donald Rubin. Maximum Likelihood from Incomplete Data via the EM Algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B (Methodological)*, 39(1):1–38, 1977.
- [94] Guenther Derra, Holger Moench, Ernst Fischer, Hermann Giese, Ulrich Hecht-fischer, Gero Heusler, Achim Koerber, Ulrich Niemann, Folke-Charlotte Noer-temann, Pavel Pekarski, Jens Pollmann-Retsch, Arnd Ritz und Ulrich Weich-mann. UHP lamp systems for projection applications. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 38:2995–3010, 2005.
- [95] Deutsches Institut für Normung (Hrsg.). *Gestaltabweichungen*. DIN 4760, Beuth, 1982.
- [96] Deutsches Institut für Normung (Hrsg.). *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*. Beuth, 1. Auflage, 1995.
- [97] *Optik und optische Instrumente - Bestimmung von Streustrahlung, hervorgerufen durch optische Komponenten*. DIN EN ISO 13696:2002-12 (D), Beuth, 2002.
- [98] Deutsches Institut für Normung (Hrsg.). *Sicherheit von Lasereinrichtungen - Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen*. DIN EN 60825-1; VDE 0837-1, Beuth, Mai 2008.

- [99] Kris A. Dines und Avinash C. Kak. Constrained least squares filtering. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 25(4):346–350, August 1977.
- [100] Rainer Dohlus. *Photonik: Physikalisch-technische Grundlagen der Lichtquellen, der Optik und des Lasers*. Oldenbourg, 2010.
- [101] Axel Donges und Reinhard Noll. *Lasermesstechnik: Grundlagen und Anwendungen*. Hüthig, 1993.
- [102] Rainer Dorsch, Gerd Häusler und Jürgen Herrmann. Laser triangulation: fundamental uncertainty in distance measurement. *Applied Optics*, 33(5):1306–1314, März 1994.
- [103] Richard Duda und Peter Hart. Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures. *Communications of the ACM*, 15(1):11–15, Januar 1972.
- [104] Richard Duda, Peter Hart und David Stork. *Pattern classification*. Wiley, 2. Auflage, 2001.
- [105] Augusto Durelli und Vincent Parks. *Moire analysis of strain*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1970.
- [106] Michael D’Zmura. Psychology of Color Perception. In Lynn Nadel (Hrsg.), *Encyclopedia of Cognitive Science*, Bd. 1, Seiten 560–568. Nature, 2003.
- [107] Marc Ebner. *Color constancy*. Wiley, 2007.
- [108] Albert Einstein. Zur Quantentheorie der Strahlung. *Physikalische Zeitschrift*, 18:121–128, 1917.
- [109] Noha El-Zehiry, Prasanna Sahoo und Adel Elmaghraby. Combinatorial Optimization of the piecewise constant Mumford-Shah functional with application to scalar/vector valued and volumetric image segmentation. *Image and Vision Computing*, 29(6):365–381, Mai 2011.
- [110] Euklid. *Die Elemente*, Bd. 6. Herausgegeben von Clemens Thaeer, Deutsch, 2. Auflage, 1996.
- [111] Hugh Fairman, Michael Brill und Henry Hemmendinger. How the CIE 1931 Color-Matching Functions Were Derived from Wright-Guild Data. *Color Research and Application*, 22(1):11–23, Februar 1997.
- [112] David Falk, Dieter Brill und David Stork. *Ein Blick ins Licht: Einblicke in die Natur des Lichts und des Sehens, in Farbe und Fotografie*. Birkhäuser, 1990.
- [113] Olivier Faugeras. *Three-Dimensional Computer Vision*. MIT Press, 1993.
- [114] Olivier Faugeras und Quang-Tuan Luong. *The Geometry of Multiple Images*. MIT Press, 2001.
- [115] Thomas Finke. *Laserscanner in der automatischen Sichtprüfung*. Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), 1996.
- [116] Gerd Fischer. *Lineare Algebra*. Vieweg, Wiesbaden, 15. Auflage, 2005.
- [117] Udo Flohr und Birte Schlund. Erst schießen, dann schärfen. *Technology Review*, (3):8–9, März 2012.

- [118] Lester R. Ford, Jr. und Delbert R. Fulkerson. Maximal flow through a network. *Canadian Journal of Mathematics*, 8(3):399–404, 1956.
- [119] David A. Forsyth und Jean Ponce. *Computer Vision – A Modern Approach*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2003.
- [120] J. Michael Fried. Multichannel image segmentation using adaptive finite elements. *Computing and Visualization in Science*, 12(3):125–135, 2009.
- [121] Theobald Fuchs, Randolph Hanke und Michael Maisl. Röntgenbasierte Methoden für die Zerstörungsfreie Prüfung. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 316–321. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [122] Kensaku Fujii, Michael Grossberg und Shree Nayar. A projector-camera system with real-time photometric adaptation for dynamic environments. In *Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Bd. 1, Seiten 814–821, 2005.
- [123] Dennis Gabor. A New Microscopic Principle. *Nature*, 161(4098):777–778, Mai 1948.
- [124] Mary Galloway. Texture analysis using gray level run lengths. *Computer Graphics and Image Processing*, 4(2):172–179, Juni 1975.
- [125] Martin-Mathias Gaupp. *Die digitale Bildverarbeitung als Hilfsmittel in der Spannungs-optik – Verfahren und Möglichkeiten*. Dissertation, Universität Stuttgart, 1989.
- [126] Andreas Geiger, Martin Roser und Raquel Urtasun. Efficient Large-Scale Stereo Matching. In *Asian Conference on Computer Vision*, November 2010.
- [127] Todor Georgiev und Andrew Lumsdaine. Focused plenoptic camera and rendering. *Journal of Electronic Imaging*, 19(2), 2010.
- [128] Anthony Gerrard und James Burch. *Introduction to matrix methods in optics*. Wiley, 1975.
- [129] Ioana Gheța. *Fusion multivariater Bildserien am Beispiel eines Kamera-Arrays*. Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie, 2011.
- [130] Dennis Ghiglia und Mark Pritt. *Two-dimensional phase unwrapping: theory, algorithms, and software*. Wiley, 1998.
- [131] Charles Giardina und Edward Dougherty. *Morphological methods in image and signal processing*. Prentice Hall, 1988.
- [132] Stefan Glied. *Entwicklung und Anwendung eines Messsystems zur Bestimmung des totalen Streulichts von optischen und technisch rauhen Oberflächen und Schichten*. Dissertation, Technische Universität Ilmenau, 2003.
- [133] Andrew Goldberg und Robert Tarjan. A new approach to the maximum-flow problem. *Journal of the ACM*, 35(4):921–940, Oktober 1988.



- [134] Arnold Goldberg, Theodore Fischer, Stephen Kennerly, Samuel Wang, Mani Sundaram, Parvez Uppal, Michael Winn, Gregory Milne und Mark Stevens. Dual Band QWIP MWIR/LWIR Focal Plane Array Test Results. In Eustace Deneriak und Robert Sampson (Hrsg.), *Infrared Detectors and Focal Plane Arrays VI*, Bd. 4028, Seiten 276–287. Proc. SPIE, 2000.
- [135] Eugen Bruce Goldstein. *Wahrnehmungspsychologie: Der Grundkurs*. Spektrum, 7. Auflage, 2008.
- [136] Rafael Gonzalez und Richard Woods. *Digital image processing*. Pearson Prentice Hall, 3. Auflage, 2008.
- [137] Joseph Goodman. Statistical properties of laser speckle patterns. In John Dainty (Hrsg.), *Laser Speckle and Related Phenomena*, Bd. 9 der Reihe *Topics in Applied Physics*, Seiten 9–75. Springer, 1975.
- [138] Martin Grafmüller, Jürgen Beyerer und Kristian Kroschel. Decision Tree Classifier for Character Recognition Combining Support Vector Machines and Artificial Neural Networks. In *Mathematics of Data/Image Coding, Compression, and Encryption with Applications, Proc. SPIE*, Bd. 7799, San Diego, USA, August 2010.
- [139] Hermann Graßmann. Zur Theorie der Farbenmischung. *Annalen der Physik*, 165(5):69–84, 1853.
- [140] Roland Grisar. Sources for Optical Sensing. In E. Wagner, R. Dändliker und K. Spenner (Hrsg.), *Optical Sensors*, Bd. 6 der Reihe *Sensors*, Seiten 117–142. VCH, 1992.
- [141] Karl-Heinrich Grote und Jörg Feldhusen (Hrsg.). *Dubbel: Taschenbuch für den Maschinenbau*. Springer, 22. Auflage, 2007.
- [142] Robin Gruna und Jürgen Beyerer. On Scene-Adapted Illumination Techniques for Industrial Inspection. In *Proc. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, Seiten 498–503, Austin, USA, Mai 2010.
- [143] Robin Gruna und Jürgen Beyerer. Acquisition and Evaluation of Illumination Series for Unsupervised Defect Detection. In *Proc. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, Seiten 192–197, Hangzhou, China, Mai 2011.
- [144] Robin Gruna und Jürgen Beyerer. Optical feature extraction with illumination-encoded linear functions. In Philip Bingham und Edmund Lam (Hrsg.), *Image Processing: Machine Vision Applications V, Proc. SPIE*, Bd. 8300, Januar 2012.
- [145] Robin Gruna, Kai-Uwe Vieth, Matthias Michelsburg und Fernando Puentes León. Hyperspectral Imaging – From Laboratory to In-line Food Sorting. In László Baranyai (Hrsg.), *Second International Workshop on Image Analysis in Agriculture*, Seiten 79–90, Budapest, August 2010.
- [146] Jens Gühring. *3D-Erfassung und Objektrekonstruktion mittels Streifenprojektion*. Dissertation, Universität Stuttgart, 2002.
- [147] Tobias Haist. *Optische Phänomene in Natur und Alltag*. <http://www.optipina.de>, 2010.

- [148] Graham Hall, Trevor J. Terrel, John M. Senior und Lesley M. Murphy. New fast discrete Radon transform for enhancing linear features in noisy images. *Electronics Letters*, 24(14):876–877, 1988.
- [149] Tobias Hanning. *High Precision Camera Calibration*. Habilitationsschrift, Universität Passau, 2011.
- [150] Eberhard Hänsler. *Statistische Signale: Grundlagen und Anwendungen*. Springer, 3. Auflage, 2001.
- [151] Robert Haralick, K. Sam Shanmugam und Its'hak Dinstein. Textural features for image classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 3(6):610–621, November 1973.
- [152] Robert Haralick und Linda Shapiro. *Computer and robot vision*. Addison-Wesley, Reading, MA, 1992.
- [153] Robert Haralick, Stanley Sternberg und Xinhua Zhuang. Image analysis using mathematical morphology. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 9(4):532–550, Juli 1987.
- [154] Chris Harris und Mike Stephens. A combined corner and edge detector. In *Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference*, Seiten 147–151, 1988.
- [155] Richard Hartley und Andrew Zisserman. *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge University Press, 2. Auflage, 2003.
- [156] Matthias Hartrumpf, Kai-Uwe Vieth, Thomas Längle und Günter Struck. Neues Verfahren zur Sichtprüfung transparenter Materialien. In *Sensorgestützte Sortierung*, Seiten 57–58, Aachen, März 2008. Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik.
- [157] Jörg Haus. *Optical sensors: basics and applications*. Wiley-VCH, 2010.
- [158] Gerd Häusler, Peter Ettl, M. Schenk, Gunther Bohn und Ildiko Laszlo. Limits of Optical Range Sensors and How to Exploit Them. In Toshimitsu Asakura (Hrsg.), *International Trends in Optics and Photonics*, Seiten 328–342. Springer, 1999.
- [159] Oliver Heavens. *Thin film physics*. Methuen, 1970.
- [160] Oliver Heavens und Robert Ditchburn. *Insight into optics*. Wiley, 1991.
- [161] Eugene Hecht. Note on an Operational Definition of the Stokes Parameters. *American Journal of Physics*, 38(9):1156–1158, September 1970.
- [162] Eugene Hecht. *Optics*. Addison-Wesley, San Francisco, 4. Auflage, 2002.
- [163] Karl Hehl, Albrecht Hertzsch, Knut Kröger und Horst Truckenbrodt. Topographiemessungen technischer Oberflächen mit einer Streulichtanordnung. *Technisches Messen*, 70(1):4–9, Januar 2003.
- [164] Marko Heikkilä und Matti Pietikäinen. A texture-based method for modeling the background and detecting moving objects. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 28(4):657–662, April 2006.
- [165] Marko Heikkilä, Matti Pietikäinen und Cordelia Schmid. Description of interest regions with local binary patterns. *Pattern Recognition*, 42(3):425–436, 2009.

- [166] Michael Heizmann. *Auswertung von forensischen Riefenspuren mittels automatischer Sichtprüfung*. Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), 2004.
- [167] Michael Heizmann und Ioana Gheța. Methoden der 3-D-Vermessung von Oberflächen. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 159–168. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [168] Hans-Jürgen Hentschel (Hrsg.). *Licht und Beleuchtung: Grundlagen und Anwendungen der Lichttechnik*. Hüthig, 5. Auflage, 2002.
- [169] Thorsten Hermes. *Digitale Bildverarbeitung: Eine praktische Einführung*. Hanser, 2005.
- [170] Harro Heuser. *Funktionalanalysis – Theorie und Anwendung*. Teubner, Wiesbaden, 4. Auflage, 2006.
- [171] Harro Heuser. *Lehrbuch der Analysis*, Bd. 2. Vieweg+Teubner, 14. Auflage, 2008.
- [172] Thomas Hierl. Hochauflösende Infrarot-Detektormatrizen. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 41–47. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [173] Stefan Hoffmann und Martin Hofmann. Terahertz-Strahlung entgeht nichts. *Rubin*, (1):42–48, 2005.
- [174] Heinrich Höfler und Michael Seib. Überblick über die verschiedenen Moiré-Techniken. *Vision and Voice Magazine*, 4(2):145–151, 1990.
- [175] Heinrich Höfler und Michael Seib. Optical Surface and Morphology Inspection Techniques. In E. Wagner, R. Dändliker und K. Spenner (Hrsg.), *Optical Sensors*, Bd. 6 der Reihe *Sensors*, Seiten 551–587. VCH, 1992.
- [176] Berthold K. P. Horn und Michael J. Brooks (Hrsg.). *Shape from Shading*. MIT Press, 1989.
- [177] Jan Horn. *Zweidimensionale Geschwindigkeitsmessung texturierter Oberflächen mit flächenhaften bildgebenden Sensoren*. Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), 2007.
- [178] Joseph Horner und Peter Gianino. Phase-only matched filtering. *Applied Optics*, 23(6):812–816, März 1984.
- [179] Paul Hough. Method and means for recognizing complex patterns. Patent US 3069654, 1962.
- [180] Barbara Burke Hubbard. *Wavelets: Die Mathematik der kleinen Wellen*. Birkhäuser, 1997.
- [181] Marco Huber. Probabilistic Active Vision: An Overview. Technical Report IES-2010-01. In Jürgen Beyerer und Marco Huber (Hrsg.), *Proceedings of the 2010 Joint Workshop of Fraunhofer IOSB and Institute for Anthropomatics, Vision and Fusion Laboratory*, Bd. 7 der Reihe *Karlsruher Schriften zur Anthropomatik*, Seiten 1–16. KIT Scientific Publishing, 2011.
- [182] Marco Huber, Tobias Dencker, Masoud Roschani und Jürgen Beyerer. Bayesian Active Object Recognition via Gaussian Process Regression. In *Proceedings of the 15th International Conference on Information Fusion*, 2012.

- [183] R. E. Hufnagel und N. R. Stanley. An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. *Journal of the Optical Society of America*, 54(1):52–61, 1964.
- [184] D. Hünerhoff, U. Grusemann und A. Höpe. New robot-based gonioreflectometer for measuring spectral diffuse reflection. *Metrologia*, 43(2):11–16, 2006.
- [185] Y. Y. Hung und C. Y. Liang. Image-shearing camera for direct measurements of surface strains. *Applied Optics*, 18(7):1046–1051, 1979.
- [186] B. Hunt. The Application of Constrained Least Squares Estimation to Image Restoration by Digital Computer. *IEEE Transactions on Computers*, C-22(9):805–812, September 1973.
- [187] W. R. Hunter. Measurement of Optical Constants in the Vacuum Ultraviolet Spectral Region. In Edward Palik (Hrsg.), *Handbook of Optical Constants of Solids*, Seiten 69–88. Academic Press, 1985.
- [188] International Color Consortium (Hrsg.). *Specification ICC.1:2010 (Profile version 4.3.0.0) Image technology colour management – Architecture, profile format, and data structure*. ISO 15076-1, 2010.
- [189] International Telecommunication Union (Hrsg.). *Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3 and wide-screen 16:9 aspect ratios*. Recommendation ITU-R BT.601-7, 2011.
- [190] Minoru Ito und Akira Ishii. A three-level checkerboard pattern (TCP) projection method for curved surface measurement. *Pattern Recognition*, 28(1):27–40, Januar 1995.
- [191] Bernd Jähne. *Digitale Bildverarbeitung*. Springer, 5. Auflage, 2002.
- [192] Bernd Jähne. *Practical handbook on image processing for scientific and technical applications*. CRC Press, 2. Auflage, 2004.
- [193] Bernd Jähne. *Digital image processing*. Springer, 6. Auflage, 2005.
- [194] Ingmar Jahr. Lighting in Machine Vision. In Alexander Hornberg (Hrsg.), *Handbook of Machine Vision*, Seiten 73–203. Wiley-VCH, 2006.
- [195] Anil Jain. Advances in mathematical models for image processing. *Proceedings of the IEEE*, 69(5):502–528, Mai 1981.
- [196] Anil Jain. *Fundamentals of digital image processing*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1989.
- [197] Ramesh Jain, Rangachar Kasturi und Brian Schunck. *Machine vision*. McGraw-Hill, 1995.
- [198] Markus Jehle, Christoph Sommer und Bernd Jähne. Learning of Optimal Illumination for Material Classification. In *Pattern Recognition – 32nd DAGM Symposium*, Seiten 563–572. Springer, 2010.
- [199] Robert Jones und Catherine Wykes. *Holographic and speckle interferometry*. Cambridge University Press, 2. Auflage, 1989.
- [200] Christian Jördens und Martin Koch. Detection of foreign bodies in chocolate with pulsed terahertz spectroscopy. *Optical Engineering*, 47(3), März 2008.

- [201] Bela Julesz. Textons, the elements of texture perception, and their interactions. *Nature*, 290:91–97, März 1981.
- [202] Werner Jüptner. Holografische Interferometrie. In *Optische Messung technischer Oberflächen in der Praxis*, Seiten 287–296. VDI-Verlag, 2007.
- [203] Avinash Kak und Malcolm Slaney. *Principles of computerized tomographic imaging*. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2001.
- [204] Willi Kalender. *Computertomographie: Grundlagen, Gerätetechnologie, Bildqualität, Anwendungen*. Publicis, 2. Auflage, 2006.
- [205] Michael Kalms, Wolfgang Osten und Werner Jüptner. Scherografie – die Umsetzung des Prinzips in ein mobiles Prüfsystem. *Technisches Messen*, 69(5):217–226, 2002.
- [206] Sören Kammel. *Deflektometrische Untersuchung spiegelnd reflektierender Freiformflächen*. Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), 2005.
- [207] Karl-Dirk Kammeyer und Kristian Kroschel. *Digitale Signalverarbeitung – Filterung und Spektralanalyse*. Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 7. Auflage, 2009.
- [208] Michael Kass, Andrew Witkin und Demetri Terzopoulos. Snakes: active contour models. *International Journal of Computer Vision*, 1(4):321–331, 1988.
- [209] K. Kawase, T. Shibuya, K. Suizu und S. Hayashi. THz wave generation and imaging for industrial applications. In Mehdi Anwar, Nibir Dhar und Thomas Crowe (Hrsg.), *Terahertz Physics, Devices, and Systems IV: Advanced Applications in Industry and Defense, Proc. SPIE*, Bd. 7671, April 2010.
- [210] Herman Keitz. *Lichtberechnungen und Lichtmessungen: Einführung in das System der lichttechnischen Größen und Einheiten und in die Photometrie*. Philips, 2. Auflage, 1967.
- [211] Uwe Kiencke, Michael Schwarz und Thomas Weickert. *Signalverarbeitung – Zeit-Frequenz-Analyse und Schätzverfahren*. Oldenbourg, 2008.
- [212] Erik Klaas. Farbbildverarbeitung. In Bernd Breuckmann (Hrsg.), *Bildverarbeitung und optische Messtechnik in der industriellen Praxis*, Seiten 54–65. Franzis, München, 1993.
- [213] Alexander Koch, Michael Ruprecht, Olaf Toedter, Gerd Häusler, Stefan Blossy, Harald Schoenfeld und Veit Windbichler. *Optische Messtechnik an technischen Oberflächen*. expert-Verlag, 1998.
- [214] Antje Kochan. *Untersuchungen zur zerstörungsfreien Prüfung von CFK-Bauteilen für die fertigungsbegleitende Qualitätssicherung im Automobilbau*. Dissertation, Technische Universität Dresden, 2011.
- [215] Friedel Koerfer und Robert Schmitt. In-Prozess Mikrostrukturprüfung. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 182–187. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [216] Siegfried Kokoschka. *Script zur Vorlesung Grundlagen der Lichttechnik*. Lichttechnisches Institut der Universität Karlsruhe (TH), 2003.

- [217] Helga Kolb, Ralph Nelson, Eduardo Fernandez und Bryan Jones. Webvision – The Organization of the Retina and Visual System. <http://webvision.med.utah.edu/book/>, 2012.
- [218] Vladimir Kolmogorov und Ramin Zabih. What Energy Functions Can Be Minimized via Graph Cuts? *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 26(2):147–159, 2004.
- [219] Axel Korn. *Bildverarbeitung durch das visuelle System*. Springer, 1982.
- [220] Axel Korn. *Verarbeitung und Auswertung von Signalen bildgebender Sensoren*. VDI-Verlag, 1995.
- [221] Matthias Krauß, Guido Mahler, David Pfengler und Birgit Vollheim. Solarzellenprüfung mittels lichtmodulierter Lock-In-Thermographie. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 411–416. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [222] Thomas Kreis, Jürgen Geldmacher und Werner Jüptner. Phasenschiebe-Verfahren in der interferometrischen Meßtechnik: Ein Vergleich. In Wilhelm Waidehlich (Hrsg.), *Kongress Laser in der Technik*, Seiten 119–126. Springer, 1993.
- [223] Dietrich Kühlke. *Optik: Grundlagen und Anwendungen*. Deutscher, Frankfurt am Main, 2. Auflage, 2007.
- [224] Hans-Jörg Kull. *Laserphysik: Physikalische Grundlagen des Laserlichts und seine Wechselwirkung mit Materie*. Oldenbourg, 2010.
- [225] Robert Lalla. *Verfahren zur Auswertung von Moiréaufnahmen technischer Oberflächen*. Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), 1993.
- [226] Patrick Lambert und Jocelyn Chanussot. Extending mathematical morphology to color image processing. In *Proc. International Conference on Color in Graphics and Image Processing*, 2000.
- [227] Kenneth Laws. Rapid texture identification. In *Proceedings of the Seminar on Image Processing for Missile Guidance*, Seiten 376–380. SPIE, 1980.
- [228] Kenneth Laws. Goal-directed textured-image segmentation. In *Applications of Artificial Intelligence*, Bd. 548 der Reihe *Proc. SPIE*, Seiten 19–26, 1985.
- [229] Violet F. Leavers. *Shape detection in computer vision using the Hough transform*. Springer, 1992.
- [230] Hsien-Che Lee. *Introduction to color imaging science*. Cambridge University Press, 2005.
- [231] Jong-Sen Lee. Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2(2):165–168, 1980.
- [232] Karl Lenhardt. Optical Systems in Machine Vision. In Alexander Hornberg (Hrsg.), *Handbook of Machine Vision*, Seiten 205–331. Wiley-VCH, 2006.
- [233] Reimar Lenz. Grundlagen der Videometrie, angewandt auf eine ultrahochauflösende CCD-Farbkamera. *Technisches Messen*, 57(10):366–380, Oktober 1990.

- [234] Leonardo da Vinci. *The notebooks of Leonardo da Vinci*. Herausgegeben von Jean Paul Richter, Dover, 1970.
- [235] Marc Levoy und Pat Hanrahan. Light field rendering. In *Proc. ACM SIGGRAPH*, Seiten 31–42, 1996.
- [236] Bing Li und Scott Acton. Active contour external force using vector field convolution for image segmentation. *IEEE Transactions on Image Processing*, 16(8):2096–2106, August 2007.
- [237] Wansong Li, Thorsten Bothe, Wolfgang Osten und Michael Kalms. Object adapted pattern projection—Part I: generation of inverse patterns. *Optics and Lasers in Engineering*, 41:31–50, 2004.
- [238] David Lide (Hrsg.). *Handbook of chemistry and physics*. CRC Press, 89. Auflage, 2008.
- [239] Michael Liepert. 3-D-Oberflächeninspektionssystem mit fotometrischem Stereo. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 169–172. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [240] Tony Lindeberg. *Scale space theory in computer vision*. Kluwer, 1994.
- [241] Norbert Lins. *Beschreibung von Texturen mithilfe statistischer Methoden für die Anwendung bei der Segmentierung und Qualitätskontrolle*. Dissertation, ETH Zürich, 1987.
- [242] Dave Litwiller. CMOS vs. CCD: Maturing Technologies, Maturing Markets. *Photonics Spectra*, August 2005.
- [243] Gerasimos Louverdis, Maria Vardavoulia, Ioannis Andreadis und Phillipos Tsalides. A new approach to morphological color image processing. *Pattern Recognition*, 35(8):1733–1741, August 2002.
- [244] David Lowe. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints. *International Journal of Computer Vision*, 60(2):91–110, 2004.
- [245] Ulrich Lübbert und Frank Muth. Beleuchtung und Optik für die genaue Vermessung von Werkstücken mit bildgebenden Sensoren. *IITB-Mitteilungen*, Seiten 9–14, 1993.
- [246] Thomas Luhmann. *Nahbereichsphotogrammetrie*. Wichmann, Heidelberg, 2. Auflage, 2003.
- [247] Hans Dieter Lüke. *Korrelationssignale: Korrelationsfolgen und Korrelationsarrays in Nachrichten- und Informationstechnik, Messtechnik und Optik*. Springer, 1992.
- [248] M. R. Luo, G. Cui und B. Rigg. The Development of the CIE 2000 Colour-Difference Formula: CIEDE2000. *Color Research and Application*, 26(5):340–350, Oktober 2001.
- [249] Topi Mäenpää, Matti Pietikäinen und Timo Ojala. Texture classification by multi-predicate local binary pattern operators. In *Proc. 15th International Conference on Pattern Recognition*, Bd. 3, Seiten 939 – 942, 2000.
- [250] Stéphane Mallat. *A wavelet tour of signal processing*. Academic Press, 2. Auflage, 1999.

- [251] Reinhard Malz. *Codierte Lichtstrukturen für 3-D-Meßtechnik und Inspektion*. Dissertation, Universität Stuttgart, 1992.
- [252] Petros Maragos und Ronald Schafer. Morphological systems for multidimensional signal processing. *Proceedings of the IEEE*, 78(4):690–710, April 1990.
- [253] David Marr und Ellen C. Hildreth. Theory of edge detection. *Proc. Royal Society London, Series B – Biological Sciences*, 207:187–217, 1980.
- [254] Georges Matheron. *Random sets and integral geometry*. Wiley, 1975.
- [255] Horst Mattfeldt. Camera Systems in Machine Vision. In Alexander Hornberg (Hrsg.), *Handbook of Machine Vision*, Seiten 361–426. Wiley-VCH, 2006.
- [256] F. Meyer und S. Beucher. Morphological segmentation. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 1(1):21–46, September 1990.
- [257] Fernand Meyer. Topographic distance and watershed lines. *Signal Processing*, 38:113–125, 1994.
- [258] Marvin Minsky. Microscopy apparatus. Patent US 3013467, 1957.
- [259] Majid Mirmehdi, Xianghua Xie und Jasjit Suri (Hrsg.). *Handbook of texture analysis*. Imperial College Press, 2008.
- [260] David Mumford und Jayant Shah. Optimal approximations by piecewise smooth functions and associated variational problems. *Communications on Pure and Applied Mathematics*, 42(5):577–685, Juli 1989.
- [261] *The Munsell book of color*. Munsell Color, 2009.
- [262] Lesley M. Murphy. Linear feature detection and enhancement in noisy images via the Radon transform. *Pattern Recognition Letters*, 4(4):279–284, 1986.
- [263] Robert Müller. *Handbuch der Modellstatik*. Springer, 1971.
- [264] Udo Netzelmann. Impuls- und Lock-In-Thermographie. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 373–377. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [265] Burkhard Neumann. *Bildverarbeitung für Einsteiger*. Springer, 2005.
- [266] Ulrich Neuschaefer-Rube. *Optische Oberflächenmesstechnik für Topografie und Material*. Habilitationsschrift, Universität Gesamthochschule Kassel, 2002.
- [267] Don Newsome und Peter Modreski. The colors and spectral distributions of fluorescent minerals. *Journal of the Fluorescent Mineral Society*, 10:7–57, 1981.
- [268] Ren Ng. Fourier slice photography. In *Proc. ACM SIGGRAPH*, Seiten 735–744, 2005.
- [269] Ren Ng, Marc Levoy, Mathieu Brédif, Gene Duval, Mark Horowitz und Pat Hanrahan. Light Field Photography with a Hand-held Plenoptic Camera. Technical Report CTSR 2005-02, Stanford University, 2005.
- [270] F. E. Nicodemus, J. C. Richmond, J. J. Hsia, I. W. Ginsberg und T. Limperis. *Geometrical Considerations and Nomenclature for Reflectance*. U.S. Department of Commerce, 1977.



- [271] Reinhard Noll. Lasertriangulation. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 56–60. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [272] Gunther Notni. Verfahren zur optischen 3-D-Messtechnik. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 214–231. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [273] Dirk Nüßler, Christian Krebs, Stefan Schneider und Eva Schlauch. Material Analysis for the Millimeter Wave Frequencies. In *Proc. International Radar Symposium (IRS)*, 2007.
- [274] Timo Ojala, Matti Pietikäinen und Topi Mäenpää. Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24(7):971–987, Juli 2002.
- [275] Alan V. Oppenheim und Ronald W. Shafer. *Discrete-time signal processing*. Pearson, Upper Saddle River, NJ, 3. Auflage, 2010.
- [276] Stanley Osher und Ronald Fedkiw. *Level set methods and dynamic implicit surfaces*. Springer, 2003.
- [277] Wolfgang Osten. *Digitale Verarbeitung und Auswertung von Interferenzbildern*. Akademie-Verlag, 1991.
- [278] Wolfgang Osten. Digital Image Processing for Optical Metrology. In William Sharpe (Hrsg.), *Springer handbook of experimental solid mechanics*, Seiten 481–564. Springer, 2008.
- [279] Gustav Østerberg. Topography of the layer of rods and cones in the human retina. *Acta ophthalmologica, Supplementum*, (6), 1935.
- [280] Nobuyuki Otsu. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(1):62–66, Januar 1979.
- [281] Peter Ott und Gao Jun. Optische Grenzen von Triangulationsmethoden auf technischen Oberflächen. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 281–287. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [282] Lucas Paletta und Axel Pinz. Active object recognition by view integration and reinforcement learning. *Robotics and Autonomous Systems*, 31:71–86, 2000.
- [283] Edward Palik (Hrsg.). *Handbook of Optical Constants of Solids*. Academic Press, 1998.
- [284] Madhukar Pandit. *Methoden der Digitalen Bildverarbeitung für die Anwendung*. VDI-Verlag, 2001.
- [285] Athanasios Papoulis und S. Unnikrishna Pillai. *Probability, random variables and stochastic processes*. McGraw-Hill, New York, 4. Auflage, 2002.
- [286] Theodosios Pavlidis. *Structural pattern recognition*. Springer, 1977.
- [287] Frank Pedrotti, Leno Pedrotti, Werner Bausch und Hartmut Schmidt. *Optik für Ingenieure*. Springer, 4. Auflage, 2008.
- [288] José-Philippe Pérez. *Optik*. Spektrum, 1996.

- [289] Ana Pérez Grassi. *Variable illumination and invariant features for detecting and classifying varnish defects*. Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie, 2010.
- [290] Pietro Perona und Jitendra Malik. Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 12(7):629–639, Juli 1990.
- [291] Maria Petrou und Pedro García Sevilla. *Image Processing: Dealing With Texture*. Wiley, 2006.
- [292] Tilo Pfeifer und Robert Schmitt. *Fertigungsmesstechnik*. Oldenbourg, 3. Auflage, 2010.
- [293] Matti Pietikäinen, Abdenour Hadid, Guoying Zhao und Timo Ahonen. *Computer Vision Using Local Binary Patterns*. Springer, 2011.
- [294] Daniel Post, Bongtae Han und Peter Ifju. Moiré Methods for Engineering and Science – Moiré Interferometry and Shadow Moiré. In Pramod Rastogi (Hrsg.), *Photomechanics*, Seiten 151–196. Springer, 2000.
- [295] Charles Poynton. *Digital video and HDTV: algorithms and interfaces*. Morgan Kaufmann, 2003.
- [296] William K. Pratt. *Digital image processing*. John Wiley & Sons, New York, 3. Auflage, 2001.
- [297] Fernando Puente León und Jürgen Beyerer. Active vision and sensor fusion for inspection of metallic surfaces. In David P. Casasent (Hrsg.), *Intelligent Robots and Computer Vision XVI: Algorithms, Techniques Active Vision, and Materials Handling*, Bd. 3208 der Reihe *Proc. SPIE*, Seiten 394–405, 1997.
- [298] Fernando Puente León und Jürgen Beyerer. Datenfusion zur Gewinnung hochwertiger Bilder in der automatischen Sichtprüfung. *Automatisierungstechnik*, 45(10):480–489, 1997.
- [299] Fernando Puente León und Uwe Kiencke. *Messtechnik – Systemtheorie für Ingenieure und Informatiker*. Springer, 9. Auflage, 2012.
- [300] Fernando Puente León, Uwe Kiencke und Holger Jäkel. *Signale und Systeme*. Oldenbourg, 5. Auflage, 2011.
- [301] Fernando Puente León und Norbert Rau. Detection of machine lead in ground sealing surfaces. *Annals of the CIRP*, 52(1):459–462, 2003.
- [302] Andreas Purde. *Speckle-Interferometrie zur Formvermessung unstetiger Oberflächen*. Dissertation, Technische Universität München, 2006.
- [303] Johann Radon. Über die Bestimmung von Funktionen durch ihre Integralwerte längs gewisser Mannigfaltigkeiten. *Berichte über die Verhandlungen der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Mathematisch-Physikalische Klasse*, 69:262–277, 1917.
- [304] Desanka Radunović. *Wavelets from math to practice*. Springer, 2009.
- [305] Ehsan Kabiri Rahani, Tribikram Kundu, Ziran Wu und Hao Xin. Mechanical Damage Detection in Polymer Tiles by THz Radiation. *IEEE Sensors Journal*, 11(8):1720–1725, August 2011.

- [306] Trygve Randen und John Husøy. Filtering for texture classification: a comparative study. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 21(4):291–310, April 1999.
- [307] Paul Rattey und Allen Lindgren. Sampling the 2-D Radon transform. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 29(5):994–1002, Oktober 1981.
- [308] Otto Reeb. *Grundlagen der Photometrie*. Braun, Karlsruhe, 1962.
- [309] Harald Rein und Pirmin Gerspacher. Interferometrische Meßtechnik und Streifenanalyse. In Bernd Breuckmann (Hrsg.), *Bildverarbeitung und optische Messtechnik in der industriellen Praxis*, Seiten 66–100. Franzis, München, 1993.
- [310] Michael Reisch. *Halbleiter-Bauelemente*. Springer, 2005.
- [311] Franz Reischer und Bernhard Zimmermann. Laser Scanning Mikroskopie – Schnell und berührungslos Oberflächen dreidimensional analysieren. In *Optische Messung technischer Oberflächen in der Praxis*, Seiten 131–139. VDI-Verlag, 2007.
- [312] Justin Rennilson. Retroreflection. In Casimer DeCusatis (Hrsg.), *Handbook of applied photometry*, Seiten 289–325. Springer, 1998.
- [313] Andreas Rieder. *Keine Probleme mit Inversen Problemen: Eine Einführung in ihre stabile Lösung*. Vieweg, 1. Auflage, 2003.
- [314] Stefan Riehemann, Boris Pradarutti und Gunther Notni. Bildgebende Terahertz-Systeme zur Qualitätssicherung. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 420–425. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [315] Azriel Rosenfeld und John Pfaltz. Sequential Operations in Digital Picture Processing. *Journal of the ACM*, 13(4):471–494, Oktober 1966.
- [316] Michael Sabourin und Amar Mitiche. Optical character recognition by a neural network. *Neural Networks*, 5(5):843–852, 1992.
- [317] Georgios Sakas, Stefan Thiemert und Christoph Jung. Vorlesung Bildverarbeitung. <http://www.gris.informatik.tu-darmstadt.de/teaching/courses/ss11/bv/index.de.htm>, 2011.
- [318] Bahaa Saleh und Malvin Teich. *Fundamentals of photonics*. Wiley, 2. Auflage, 2007.
- [319] Joaquim Salvi, Jordi Pagès und Joan Batlle. Pattern codification strategies in structured light systems. *Pattern Recognition*, 37:827–849, 2004.
- [320] Jennifer Sander, Michael Heizmann, Igor Goussev und Jürgen Beyerer. Global evaluation of focussed Bayesian fusion. In Jerome Braun (Hrsg.), *Multisensor, Multisource Information Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications, Proc. SPIE*, Bd. 7710, Orlando, USA, April 2010.
- [321] Günter Saur, Stéphane Estable, Karin Zielinski, Stefan Knabe, Michael Teutsch und Matthias Gabel. Detection and classification of man-made offshore objects in TerraSAR-X and RapidEye imagery: Selected results of the DeMarine-DEKO project. In *IEEE OCEANS*, 2011.

- [322] Günter Saur und Michael Teutsch. SAR signature analysis for TerraSAR-X-based ship monitoring. In L. Bruzzone (Hrsg.), *Image and Signal Processing for Remote Sensing XVI, Proc. SPIE*, Bd. 7830, September 2010.
- [323] Alexander Sawchuk. Space-variant image restoration by coordinate transformations. *Journal of the Optical Society of America*, 64(2):138–144, Februar 1974.
- [324] Indu Saxena. Ellipsometry. In Pramod Rastogi (Hrsg.), *Optical Measurement Techniques and Applications*, Seiten 406–409. Artech House, 1997.
- [325] Frank Schaefel. Processing of Information in the Human Visual System. In Alexander Hornberg (Hrsg.), *Handbook of Machine Vision*, Seiten 1–33. Wiley-VCH, 2006.
- [326] Eugen Schäfer. *Technische Optik*. Vieweg, 1997.
- [327] Daniel Scharstein und Richard Szeliski. A Taxonomy and Evaluation of Dense Two-Frame Stereo Correspondence Algorithms. *International Journal of Computer Vision*, 47(1-3):7–42, 2002.
- [328] Theodor Scheimpflug. Der Photoperspektograph und seine Anwendung. *Photographische Korrespondenz*, 43:516–531, 1906.
- [329] Torsten Scheuermann. *Berührungslose Gestaltvermessung von Mikrostrukturen durch Fokussuche*. Dissertation, Universität Stuttgart, 1997.
- [330] Anton Schick. Konfokale 3-D-Bildaufnahme zur Oberflächenanalyse. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 188–192. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [331] Gottfried Schröder und Hanskarl Treiber. *Technische Optik*. Vogel, Würzburg, 9. Auflage, 2002.
- [332] Rainer Schuhmann und Thomas Thöniß. Telezentrische Systeme für die optische Meß- und Prüftechnik. *Technisches Messen*, 65(4):131–136, 1998.
- [333] Hanns Schulz-Mirbach. *Anwendung von Invarianzprinzipien zur Merkmalgewinnung in der Mustererkennung*. VDI-Verlag, 1995.
- [334] Dietrich Schupp. *Optische Tensortomographie zur Untersuchung räumlicher Spannungsverteilungen*. Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), 2000.
- [335] Peter Schwider. CCD- und CMOS-Bildsensoren. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 36–40. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [336] Bernd Schönbach. Wärmebildkameras und IR-Bildverarbeitung. In Bernd Breuckmann (Hrsg.), *Bildverarbeitung und optische Messtechnik in der industriellen Praxis*, Seiten 21–53. Franzis, München, 1993.
- [337] Steven Seitz, Brian Curless, James Diebel, Daniel Scharstein und Richard Szeliski. A Comparison and Evaluation of Multi-View Stereo Reconstruction Algorithms. In *Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2006.
- [338] Jean Serra. *Imaging Analysis and Mathematical Morphology – Vol. I*. Academic Press, London, 1982.

- [339] Jean Serra. *Imaging Analysis and Mathematical Morphology – Vol. II: Theoretical Advances*. Academic Press, London, 1988.
- [340] Pavel Shumyatsky und Robert Alfano. Terahertz sources. *Journal of Biomedical Optics*, 16(3), März 2011.
- [341] William Shurcliff. *Polarized light: production and use*. Harvard University Press, 1962.
- [342] Sick AG. LMS Fast Laser Measurement Systems. Product Information, 2007.
- [343] Károly Simonyi. *Theoretische Elektrotechnik*. Dt. Verl. d. Wiss., Berlin, 8. Auflage, 1980.
- [344] Warren Smith. *Modern optical engineering: the design of optical systems*. McGraw-Hill, New York, 1966.
- [345] Wesley Snyder und Hairong Qi. *Machine vision*. Cambridge University Press, 2004.
- [346] Pierre Soille. *Morphologische Bildverarbeitung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. Springer, 1998.
- [347] Klaus Spinnler. Inspektion von Bohrungen und Rohren mit Panorama-Endoskopie. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 124–131. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.
- [348] Carsten Steger, Markus Ulrich und Christian Wiedemann. *Machine vision algorithms and applications*. Wiley-VCH, Weinheim, 2008.
- [349] Horst Stöcker (Hrsg.). *Taschenbuch der Physik*. Deutsch, 3. Auflage, 1998.
- [350] Josef Stoer. *Numerische Mathematik*, Bd. 1. Springer, 8. Auflage, 1999.
- [351] Michael Stokes, Matthew Anderson, Srinivasan Chandrasekar und Ricardo Motta. A Standard Default Color Space for the Internet – sRGB. <http://www.w3.org/Graphics/Color/sRGB>, November 1996.
- [352] John C. Stover. *Optical scattering: measurement and analysis*. SPIE Optical Engineering Press, 2. Auflage, 1995.
- [353] Tilo Strutz. *Bilddatenkompression: Grundlagen, Codierung, Wavelets, JPEG, MPEG, H.264*. Vieweg+Teubner, 4. Auflage, 2009.
- [354] Alan Stuart und J. Keith Ord. *Kendall's advanced theory of statistics*, Bd. 1, Distribution theory. Arnold, London, 6. Auflage, 2004.
- [355] Yves Surrel. Design of algorithms for phase measurements by the use of phase stepping. *Applied Optics*, 35(1):51–60, Januar 1996.
- [356] Yves Surrel. Fringe Analysis. In Pramod Rastogi (Hrsg.), *Photomechanics*, Seiten 55–102. Springer, 2000.
- [357] Ernst Sutter. *Schutz vor optischer Strahlung: Laserstrahlung, inkohärente Strahlung, Sonnenstrahlung; Normenreihe DIN EN 60825 (VDE 0837)*, Bd. 104 der Reihe VDE-Schriftenreihe Normen verständlich. VDE-Verlag, 3. Auflage, 2008.
- [358] Kai Taeubner. Zeilenkameras. In Norbert Bauer (Hrsg.), *Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung*, Seiten 32–34. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007.

- [359] Kotaro Takahama und Yoshinobu Nayatani. New Method for Generating Metameric Stimuli of Object Colors. *Journal of the Optical Society of America*, 62(12):1516–1520, Dezember 1972.
- [360] Hideyuki Tamura, Shunji Mori und Takashi Yamawaki. Textural Features Corresponding to Visual Perception. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 8(6):460–473, Juni 1978.
- [361] Konstantinos Tarabanis, Peter Allen und Roger Tsai. A survey of sensor planning in computer vision. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 11(1):86–104, Februar 1995.
- [362] Alma Taylor. *Illumination Fundamentals*. Rensselaer Lighting Research Center, 2000.
- [363] Michael Theuer, Garik Torosyan, Frank Ellrich, Joachim Jonuscheit und René Beigang. Terahertz-Bildgebung in industriellen Anwendungen. *Technisches Messen*, 75(1):64–70, 2008.
- [364] Jürgen Thiel und Bernhard Brand. Laserscanner. In Tilo Pfeifer (Hrsg.), *Optoelektronische Verfahren zur Messung geometrischer Größen in der Fertigung*, Seiten 85–95. expert-Verlag, 1993.
- [365] Ulrich Tietze, Christoph Schenk und Eberhard Gamm. *Halbleiter-Schaltungstechnik*. Springer, 13. Auflage, 2010.
- [366] Hans Tiziani, Michael Wegner und Daniela Steudle. Confocal principle for macro- and microscopic surface and defect analysis. *Optical Engineering*, 39(1):32–39, 2000.
- [367] Carlo Tomasi. Estimating Gaussian Mixture Densities with EM – A Tutorial. Handout for Course Introduction to Computer Vision, Duke University, <http://www.cs.duke.edu/courses/spring04/cps196.1/>, 2004.
- [368] Harland G. Tompkins und Eugene A. Irene (Hrsg.). *Handbook of ellipsometry*. Andrew, Norwich, NY, 2005.
- [369] Harland G. Tompkins und William A. McGahan. *Spectroscopic ellipsometry and reflectometry: a user's guide*. Wiley, New York, 1999.
- [370] Ansgar Trächtler. *Tomographische Methoden in der Meßtechnik*, Bd. 897 der Reihe *Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 8*. VDI-Verlag, Düsseldorf, 2001.
- [371] Johannes Trautner, Karl Walcher, Gerd Leuchs, Bernd Bodermann und Harald Telle. Mehrwellenlängen-Interferometrie zur absoluten Abstandsmessung und 3D-Bildgebung. *Technisches Messen*, 67(10):406–409, 2000.
- [372] Emanuele Trucco und Alessandro Verri. *Introductory Techniques for 3-D Computer Vision*. Prentice Hall, 1998.
- [373] J. Scott Tyo und Richard C. Olsen. PC-based display strategy for spectral imagery. In *IEEE Workshop on Advances in Techniques for Analysis of Remotely Sensed Data*, Seiten 276–281, Oktober 2003.
- [374] Jürgen Valentin und Mark Weber. Konfokale Mikroskopie zur Rauheits- und Schichtdickenmessung. In *Optische Messung technischer Oberflächen in der Praxis*, Seiten 113–122. VDI-Verlag, 2007.

- [375] A. vander Lugt. Signal detection by complex spatial filtering. *IEEE Transactions on Information Theory*, 10(2):139–145, April 1964.
- [376] Matthias Vaupel. Abbildende Ellipsometrie und ihre Anwendungen. In *Optische Messung technischer Oberflächen in der Praxis*, Seiten 141–150. VDI-Verlag, 2007.
- [377] Verein Deutscher Ingenieure und Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik. *Industrielle Bildverarbeitung – Grundlagen und Begriffe*. Beuth Verlag, Berlin, 2010.
- [378] Verein Deutscher Ingenieure und Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik. *Industrielle Bildverarbeitung – Leitfaden für die Erstellung eines Lastenhefts für Bildverarbeitungssysteme*. Beuth Verlag, Berlin, 2011.
- [379] Luminita Vese und Tony Chan. A Multiphase Level Set Framework for Image Segmentation Using the Mumford and Shah Model. *International Journal of Computer Vision*, 50(3):271–293, 2002.
- [380] B. V. K. Vijaya Kumar, Fred M. Dickey und John M. DeLaurentis. Correlation filters minimizing peak location errors. *Journal of the Optical Society of America A*, 9(5):678–682, Mai 1992.
- [381] B. V. K. Vijaya Kumar und L. Hassebrook. Performance measures for correlation filters. *Applied Optics*, 29(20):2997–3006, Juli 1990.
- [382] Hans Völz. *Industrielle Farbprüfung*. VCH, 1990.
- [383] Dirk vom Stein. Zweidimensionale Geschwindigkeitsschätzung aus bewegungsunscharfen oder mehrfachbelichteten Einzelbildern. In *Tagungsband X. Messtechnisches Symposium des Arbeitskreises der Hochschullehrer für Messtechnik e.V.*, Seiten 43–49. Technische Universität München, 1996.
- [384] Friedrich Wahl. *Digitale Bildsignalverarbeitung*. Springer, 1989.
- [385] R. H. Wallis. An approach to the space variant restoration and enhancement of images. In *Proc. Symp. on Current Mathematical Problems in Image Scenes*, Seiten 329–340, Monterey, CA, 1976.
- [386] Wolfgang Walter. *Einführung in die Theorie der Distributionen*. Bibliographisches Institut, 3. Auflage, 1994.
- [387] Wolfgang Walter. *Analysis 2*. Springer, 4. Auflage, 1995.
- [388] Wolfgang Walter. *Analysis 1*. Springer, 5. Auflage, 1999.
- [389] Joachim Weickert. A review of nonlinear diffusion filtering. In Bart ter Haar Romeny, Luc Florack, Jan Koenderink und Max Viergever (Hrsg.), *Scale-Space Theory in Computer Vision*, Bd. 1252 der Reihe *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 1–28. Springer, 1997.
- [390] Stefan B. Werling. *Deflektometrie zur automatischen Sichtprüfung und Rekonstruktion spiegelnder Oberflächen*. Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie, 2011.
- [391] Joan Weszka, Charles Dyer und Azriel Rosenfeld. A comparative study of texture measures for terrain classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 6(4):269–285, April 1976.

- [392] Gordon Wetzstein und Oliver Bimber. Radiometric compensation through inverse light transport. In *Proc. 15th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications*, Seiten 391–399, 2007.
- [393] Bernard Widrow, István Kollár und Ming-Chang Liu. Statistical theory of quantization. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 45(2):353–361, April 1996.
- [394] Wikipedia. Optical resolution, [http://en.wikipedia.org/wiki/Optical\\_resolution](http://en.wikipedia.org/wiki/Optical_resolution).
- [395] Rebecca Willett, Roummel Marcia und Jonathan Nichols. Compressed sensing for practical optical imaging systems: a tutorial. *Optical Engineering*, 50(7), Juli 2011.
- [396] Horst Winterberg. Holografie und Speckle-Meßtechnik. In Bernd Breuckmann (Hrsg.), *Bildverarbeitung und optische Messtechnik in der industriellen Praxis*, Seiten 101–123. Franzis, München, 1993.
- [397] Volker Wittwer. Solarenergie. In Hans-Jörg Bullinger (Hrsg.), *Technologieführer: Grundlagen, Anwendungen, Trends*, Seiten 350–355. Springer, 2007.
- [398] Hellmuth Wolf. *Nachrichtenübertragung: eine Einführung in die Theorie*. Springer, 2. Auflage, 1987.
- [399] Helmut Wolf. *Spannungsoptik*. Springer, 2. Auflage, 1976.
- [400] Lawrence Wolff. Polarization-Based Material Classification from Specular Reflection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 12(11):1059–1071, November 1990.
- [401] Günter Wyszecki und Walter Stiles. *Color Science*. Wiley, 2. Auflage, 2000.
- [402] Chenyang Xu und Jerry Prince. Snakes, shapes, and gradient vector flow. *IEEE Transactions on Image Processing*, 7(3):359–369, März 1998.
- [403] Amnon Yariv. *Quantum electronics*. Wiley, 3. Auflage, 1989.
- [404] Silvano Di Zeno. A Note on the Gradient of a Multi-Image. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 33:116–125, 1986.
- [405] Zhengyou Zhang. Flexible camera calibration by viewing a plane from unknown orientations. In *Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision*, Bd. 1, Seiten 666–673, 1999.
- [406] Wolfgang Zinth und Ursula Zinth. *Optik: Lichtstrahlen – Wellen – Photonen*. Oldenbourg, 3. Auflage, 2011.



## Symbolverzeichnis

### Konventionen

$a, b, \dots$	Konstanten, Bezeichner
$A, B, \dots$	
$x, y, \dots$	skalare Variable (kursiv, Kleinbuchstaben, gelegentlich Großbuchstaben)
$A, B, \dots$	
$\mathbf{x}, \mathbf{y}, \dots$	Vektoren (fett, Kleinbuchstaben, vereinzelt Großbuchstaben)
$\mathbf{A}, \mathbf{B}, \dots$	
$\mathbf{A}, \mathbf{B}, \dots$	Matrizen (fett, Großbuchstaben)
$\mathcal{A}, \mathcal{B}, \dots$	Mengen
$\mathcal{A}\{\}, \mathcal{B}\{\}, \dots$	Operatoren
$a, b, \dots$	Zufallsvariable (Schreibmaschinenschrift)

### Operatoren

$\dot{f}$	Ableitung der Funktion $f$ nach der Zeit $t$	33
$\downarrow$	Reduktionsschritt (Multiskalenanalyse)	841
$\uparrow$	Expansionsschritt (Multiskalenanalyse)	841
$\lfloor x \rfloor$	größte ganze Zahl $\leq x$	563
$\lceil x \rceil$	kleinste ganze Zahl $> x$	563
$g^*$	komplexe Konjugation von $g$	457, 800, 846
$\overline{f(t)}$	zeitliche Mittelung	40, 55
$\angle \cdot$	Argument (Phasenwinkel) einer komplexen Größe bzw. Richtung eines zweidimensionalen Vektors	452, 650
$ \cdot $	Betrag einer reellen oder komplexen Größe	89, 452
$\ \cdot\ $	Norm eines Vektors	32
$*$	Faltung eindimensionaler Signale	449, 472
$**$	Faltung zweidimensionaler Signale	477
$\overset{x}{*}$	eindimensionale Faltung mehrdimensionaler Signale bezüglich der Variable $x$	587

$g(x) \circ \bullet G(f)$	Korrespondenz der eindimensionalen Fourier-Transformation	451
$g(\mathbf{x}) \circ \bullet G(\mathbf{f})$	Korrespondenz der zweidimensionalen Fourier-Transformation	474
$\mathbf{x}_1 \leftrightarrow \mathbf{x}_2$	korrespondierende Bildpunkte	343
$\mathbf{a} \perp \mathbf{b}$	Vektor $\mathbf{a}$ ist orthogonal zu Vektor $\mathbf{b}$	33
$\propto$	Proportionalität	72
$\mathbf{a} \sim \mathcal{P}$	Zufallsvariable $\mathbf{a}$ ist verteilt gemäß $\mathcal{P}$	77, 510
$\langle \cdot, \cdot \rangle$	Skalarprodukt	803, 852
$\stackrel{!}{=}$	soll gleich sein, Gleichheit wird gefordert	461, 524
$a \in \mathcal{A}$	$a$ ist Element der Menge $\mathcal{A}$	13
$\mathcal{A} \cap \mathcal{B}$	Schnittmenge von $\mathcal{A}$ und $\mathcal{B}$	160
$\mathcal{A} \cup \mathcal{B}$	Vereinigungsmenge von $\mathcal{A}$ und $\mathcal{B}$	639
$\mathcal{A} \setminus \mathcal{B}$	Differenz der Mengen $\mathcal{A}$ und $\mathcal{B}$	95, 687, 703
$\subset, \subseteq$	Teilmenge	12, 704
$\emptyset$	leere Menge	566
$\overline{\mathcal{G}}$	Komplement der Punktmenge $\mathcal{G}$	703
$\mathcal{G}^R$	Reflexion der Punktmenge $\mathcal{G}$	703
$(\mathcal{G})_{\mathbf{z}}$	Verschiebung der Punktmenge um den Vektor $\mathbf{z}$	703
$\oplus$	direkte Summe von Vektorräumen	855
$\oplus$	morphologische Dilatation	704, 737
$\ominus$	morphologische Erosion	704, 737
$\circ$	morphologische Öffnung	716, 742
$\bullet$	morphologische Schließung	716, 742
$\otimes$	morphologischer Alles-oder-Nichts- Operator ( <i>hit or miss</i> )	723
$\oslash$	morphologische Verdünnung	724
$\odot$	morphologische Verdickung	728
$1(x)$	Funktion identisch 1: $1(x) \equiv 1$	62, 475
$\mathbf{1}$	$\mathbf{1} := (1, 1, \dots, 1)^T$	784
$\Delta \mathbf{F}$	Laplace-Operator, angewandt auf ein Vektor- feld $\mathbf{F}$	31, 667, 746
$\forall$	Allquantor („für alle ...“)	211

$\arg \min$	Argument des Minimums	277
$\frac{df}{dx}$	Ableitung der Funktion $f$ nach der Variablen $x$	33
$\frac{\partial f}{\partial x}$	partielle Ableitung der Funktion $f$ nach der Variablen $x$	29
$\text{DFT}\{g_{mn}\}$	zweidimensionale diskrete Fourier-Transformierte des diskreten Bildsignals $g_{mn}$	472
$\text{div } \mathbf{F}$	Divergenz des Vektorfelds $\mathbf{F}$	29
$E\{\cdot\}$	Erwartungswert	75, 507, 757, 771
$\exists$	Existenzquantor („es existiert ein ...“)	711
$\mathcal{F}\{g(\mathbf{x})\}$	Fourier-Transformierte der Funktion $g(\mathbf{x})$	60
$\text{grad } g(\mathbf{x})$	Gradient der Funktion $g(\mathbf{x})$	650
$\Im\{\cdot\}$	Imaginärteil einer komplexen Zahl	284
$\max$	Maximum einer Menge oder einer Funktion	362
$\min$	Minimum einer Menge oder einer Funktion	236
$\text{Pr}\{\cdot\}$	Wahrscheinlichkeit	75
$\mathcal{R}\{g(\mathbf{x})\}$	Radon-Transformierte des Bildes $g(\mathbf{x})$	813
$\Re\{\cdot\}$	Realteil einer komplexen Zahl	35
$\text{rot } \mathbf{F}$	Rotation des Vektorfelds $\mathbf{F}$	29
$\text{span}\{\cdot\}$	aufgespannter Vektorraum	755, 853
$\text{supp}\{\cdot\}$	Trägermenge $\text{supp}\{G(\mathbf{f})\} := \{\mathbf{f} \mid  G(\mathbf{f})  > 0\}$	566, 756
$\mathcal{T}\{\cdot\}$	morphologischer Oberflächen-Operator ( <i>top surface</i> )	736
$\mathcal{U}\{\cdot\}$	Umbra-Operator	736
$\text{Var}\{\cdot\}$	Varianz	75, 508, 757

**Griechische Symbole**

$\alpha$	Quantenwirkungsgrad eines Bildsensors	77
$\alpha$	halber Öffnungswinkel des Objektivs	140, 148
$\Gamma_{p,\nu}$	Wavelet-Koeffizienten	852, 859
$\Gamma_{\psi}(s, \tau)$	kontinuierliche Wavelet-Transformierte	846

$\gamma_{mn}$	Ausschnitt aus einem zweidimensionales Signal in Vektorschreibweise	771
$\delta$	Eindringtiefe elektromagnetischer Wellen in ein leitfähiges Medium	94
$\delta$	Phasenversatz zwischen den Polarisationskomponenten einer elektromagnetischen Welle	38
$\delta_i^k$	Kronecker-Symbol: $\delta_i^k := \begin{cases} 1 & \text{für } i = k \\ 0 & \text{für } i \neq k \end{cases}$	32
$\delta_{mn}$	zweidimensionaler ortsdiskreter Dirac-Impuls	491
$\delta_n$	eindimensionaler ortsdiskreter Dirac-Impuls	491
$\varepsilon$	Durchmesser der Unschärfescheibe in der Bildebene	145
$\varepsilon$	Permittivität	30
$\varepsilon_0$	Permittivität des Vakuums (elektrische Feldkonstante), $\varepsilon_0 \approx 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$	31
$\varepsilon_r$	relative Permittivität	31
$\zeta$	Länge des Referenzstrahlengangs bei der Interferometrie	373
$H$	Entropie	540
$\eta$	Lichtausbeute	101
$\eta$	Dämpfungsfaktor elektromagnetischer Wellen in einem leitfähigen Medium	93
$\theta(\mathbf{x})$	Gradientenrichtung am Pixel $\mathbf{x}$	679, 786
$\theta_1$	Einfallswinkel	83
$\theta$	Triangulationswinkel	308
$\theta_{1B}$	Brewster-Winkel	90
$\theta_{1C}$	kritischer Einfallswinkel	91
$\theta_2$	Brechungswinkel	84
$\theta_e$	Winkel des emittierten Lichts zur Oberflächennormale	185
$\theta_i$	Einfallswinkel des Beleuchtungsstrahls	185
$\theta_r$	Ausfallswinkel bei der spiegelnden Reflexion	83

$\Lambda\left(\frac{x}{B}\right)$	Dreieckfunktion: $\Lambda\left(\frac{x}{B}\right) := \begin{cases} 1 - \left \frac{x}{B}\right  & \text{für }  x  < B \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$	565
$\lambda$	Wellenlänge des Lichts	27, 35
$\lambda_{mn}^\nu$	Bildsignal auf der $\nu$ -ten Stufe der Laplace-Pyramide	843
$\mu$	magnetische Permeabilität	30
$\mu_0$	Permeabilität des Vakuums (magnetische Feldkonstante), $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$	31
$\mu_r$	relative Permeabilität	31
$\nu$	Frequenz einer elektromagnetischen Welle (Lichtwelle) in Hz	27, 35
$\nu$	Verschiebungsparameter in der Multiskalenanalyse	850
$\nu_{21}$	Frequenz des Lichts, das beim Übergang von Energieniveau $E_2$ auf Energieniveau $E_1$ emittiert wird	110
$\Delta\nu$	Frequenzbandbreite	52, 112
$\rho$	Reflexionsfaktor	185
$\rho$	elektrische Raumladungsdichte	29
$\Sigma$	Menge von strukturierenden Elementen	725
$\sigma$	spezifischer elektrischer Leitwert	30, 93
$\sigma^2$	Varianz	693, 770
$\tau$	Verschiebungsparameter der kontinuierlichen Wavelet-Transformation	847
$\Phi$	Strahlungsfluss	175
$\Phi_1$	Lichtstrom	101, 175
$\varphi$	Phase einer elektromagnetischen Welle	35
$\varphi$	Normalenwinkel einer Geraden	781, 813
$\varphi_{p,\nu}(x)$	Skalierungsfunktion der Multiskalenanalyse	853
$\varphi_x, \varphi_y$	Phasenverschiebung einer elektromagnetischen Welle	37
$\chi$	Elliptizitätswinkel der Polarisationsellipse	39
$\psi$	Richtungswinkel der Polarisationsellipse	39
$\psi_{p,\nu}(x)$	Wavelet-Funktion der Multiskalenanalyse	852

$\psi_{s,\tau}(x)$	Wavelet-Funktion der kontinuierlichen Wavelet-Transformation	846
$\Omega$	Raumwinkel	176
$\Omega_g$	Definitionsmenge des Bildes $g$	12, 701
$\Omega_t$	Definitionsmenge der Textur $t(\mathbf{x})$	780
$\omega_i$	Segment eines Bildes	639
$\omega$	Kreisfrequenz einer elektromagnetischen Welle	35

**Lateinische Symbole**

$A$	Fläche eines Pixels	77
$A\{\mathbf{P}\}$	scharfe optische Abbildung des Punktes $\mathbf{P}$ durch das optische System $A$	11, 119
$A(\mathbf{p})$	Akkumulator der Hough-Transformation	826, 828
$A_{\text{FM}}(\lambda)$	spektrale Absorption einer Farbmittelschicht	205
$\mathbf{A}$	Transformationsmatrix für eine lineare Farbraumtransformation	211, 234
$a$	Absorptionskoeffizient elektromagnetischer Wellen in einem leitfähigen Medium	94
$a^*$	Rot-Grün-Chrominanzkoordinate des CIELAB-Farbraums	222
$a_{\text{FM}}(\lambda)$	Absorptionskonstante eines Farbmittels	205
$a_{kl}$	Koeffizient des AR-Modells	770
$\mathbf{a}$	Vektor der AR-Koeffizienten	771
$\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2$	Anordnungsschema einer strukturellen Textur	755
$B$	Bildgröße	133
$B_{\text{CIE}}$	Farbwert bezüglich der blauen CIE-Primärlichtquelle	208
$B_{\mathbf{d}}(g, r)$	Eintrag des Lauflängenhistogramms bezüglich der Richtung $\mathbf{d}$ , des Grauwerts $g$ und der Lauflänge $r$	788
$B_s$	Blaukoordinate des linearen sRGB-Farbraums	234
$B'_s$	Blaukoordinate des gamma-korrigierten sRGB-Farbraums	235

<b>B</b>	Bildpunkt	133
<b>B</b>	magnetische Flussdichte	29
<i>BRDF</i>	bidirektionale Reflektanzverteilungsfunktion	185
<i>b</i>	Bildweite	74, 122, 133
$\bar{b}(\lambda)$	Spektralwertfunktion der blauen CIE-Primärlichtquelle	208
<i>b*</i>	Gelb-Blau-Chrominanzkoordinate des CIELAB-Farbraums	222
<i>C</i>	Cyan-Farbwert im CMYK-Farbraum	239
$\Delta C$	Buntheitsunterschied	228
<i>C<sub>ab</sub></i>	Buntheit auf der Grundlage des CIELAB-Farbraums	222
<i>C<sub>B</sub></i>	Blau-Gelb-Chrominanz im YC <sub>B</sub> C <sub>R</sub> -Farbraum	238
<i>C<sub>p,ν</sub></i>	Koeffizienten der Grobstruktur in der Multiskalenanalyse	854, 859
<i>C<sub>R</sub></i>	Rot-Grün-Chrominanz im YC <sub>B</sub> C <sub>R</sub> -Farbraum	238
<b>C<sub>d</sub></b>	Grauwertübergangsmatrix	782
<b>C<sub>gg</sub></b>	Kovarianzmatrix	536
<b>ℂ</b>	Menge der komplexen Zahlen	94
<i>c</i>	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum, $c = 299\,792\,458$ m/s	27, 33
<i>c<sub>d,ij</sub></i>	Eintrag der Grauwertübergangsmatrix <b>C<sub>d</sub></b>	782
<i>c<sub>FM</sub></i>	Konzentration eines Farbmittels	205
const.	beliebige, aber feste Konstante	32
<i>D</i>	Blendendurchmesser (genauer: Durchmesser der Eintrittspupille)	74, 124, 135, 145
<b>D</b>	Diffusionstensor	665
<b>D</b>	elektrische Flussdichte	29
<i>d</i>	negativer Imaginärteil des komplexen Brechungsindex	94
<i>d<sub>K</sub></i>	Kohärenzlänge	52
<i>d<sub>FM</sub></i>	Dicke einer Farbmittelschicht	205
<i>d<sub>p</sub>(x)</i>	Detailsignal der Multiskalenanalyse	856

<b>d</b>	Verschiebungsvektor der Grauwertübergangsmatrix	782
$\det \mathbf{A}$	Determinante der Matrix <b>A</b>	345
$E$	Amplitude der elektrischen Feldstärke	32
$E$	Energie	27, 76
$E$	Bestrahlungsstärke	180
$E_1$	Beleuchtungsstärke	180
$\Delta E$	Farbabstand	227
$E\{\cdot\}$	Energiefunktional	677
$E_{0x}, E_{0y}$	Amplitude der polarisierten elektromagnetischen Welle in $x$ - bzw. $y$ -Richtung	37
$E_i$	$i$ -tes Energieniveau eines Atoms	110
$E^s, E^p$	elektrische Feldstärke senkrecht bzw. parallel zur Einfallsebene	86
<b>E</b>	elektrische Feldstärke	29
$\underline{\mathbf{E}}(\mathbf{x}, t)$	komplexe Wellenfunktion des elektrischen Felds	35
$\mathcal{E}(\omega)$	Einheitlichkeitskriterium für Segmente	639
$e_{mn}$	mittelwertfreies, schwach stationäres Rauschsignal im AR-Modell	770
$\mathbf{e}_\varphi$	zweidimensionaler Einheitsvektor in Richtung $\varphi$	813
$\mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y, \mathbf{e}_z$	Standardbasisvektoren	36
<b>F</b>	Fundamentalmatrix einer Stereokameraanordnung	343
<b>F</b>	Kraft	677
$f$	Brennweite	129, 133
$f_\gamma(\cdot)$	Gamma-Korrektur	232
$f_{\gamma, I_0}(\cdot)$	modifizierte Gamma-Korrektur	233, 235
$G$	Gegenstandsgröße (Objektgröße)	133
$G_{CIE}$	Farbwert bezüglich der grünen CIE-Primärlichtquelle	208
$G_{kl}$	zweidimensionale diskrete Fourier-Transformierte des diskreten Bildsignals	487
$g_{mn}$		



$G_s$	Grünkoordinate des linearen sRGB-Farbraums	234
$G'_s$	Grünkoordinate des gamma-korrigierten sRGB-Farbraums	235
$\mathcal{G}$	Punktmenge eines Binärbildes	702
$\mathbf{G}$	Objektpunkt	133
$g$	Gegenstandsweite	133
$\Delta g$	Schärfentiefe	147
$g(\mathbf{x})$	skalarwertiges Bild, z. B. Grauwertbild	12, 77
$g(x; p)$	Approximation des Signals $g(x)$ auf Stufe $p$ der Multiskalenanalyse	854
$\bar{g}(\lambda)$	Spektralwertfunktion der grünen CIE-Primärlichtquelle	208
$\check{g}(u, \varphi)$	Radon-Transformierte des Bildes $g(\mathbf{x})$	813
$g'_{mn}$	Bildsignal auf der $\nu$ -ten Stufe der (Gauß-)Pyramide	839
$\mathbf{g}(\mathbf{x})$	Mehrkanalbild, z. B. Farbbild	12
$\mathbf{g}_{mn}$	diskretes Bildsignal	13, 439, 770
$H$	Bestrahlung	180
$H_1$	Belichtung	180
$\Delta H$	Farbtonunterschied	228
$H(x)$	Heaviside-Funktion	447
$H_{\text{HSI}}$	Farbton im HSI-Farbraum	236
$H_\theta(k)$	Richtungshistogramm	787
$\mathbf{H}$	magnetische Feldstärke	29
$\underline{\mathbf{H}}(\mathbf{x}, t)$	komplexe Wellenfunktion des magnetischen Felds	35
$h$	Höhendifferenz, Schichtdicke	275, 309
$h$	Planck'sches Wirkungsquantum, $h \approx 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js	27, 76
$\Delta h$	Farbtonwinkeldifferenz	228
$h(\mathbf{x})$	Hintergrundsignal im Bild	773, 797
$h_{\text{ab}}$	Farbtonwinkel im CIELAB-Farbraum	222

$h_\nu$	Impulsantwort des Tiefpassfilters in der Multiskalenanalyse	853, 859
$h_\sigma(\mathbf{x})$	Gauß-Tiefpass	590, 657
$I$	Intensität elektromagnetischer Strahlung	37
$I$	Anzahl der Segmente eines Bildes	639
$I$	elektrischer Strom	101, 254
$I$	Strahlstärke	177
$I_1$	Lichtstärke	177
$I_A(\lambda)$	Spektrum der CIE-Normlichtart A (Glühlampe)	225
$I_{D65}(\lambda)$	Spektrum der CIE-Normlichtart D65 (Tageslicht)	225
$I_E(\lambda)$	Spektrum der CIE-Normlichtart E (konstante Intensität)	209
$I_{HSI}$	Intensität im HSI-Farbraum	236
$J_n(z)$	Bessel-Funktion erster Art $n$ -ter Ordnung	67
<b>J</b>	elektrische Stromdichte	29
$j$	imaginäre Einheit	35
$K$	Anzahl der Quantisierungsstufen des Bildsignals	13, 522
$K$	Dimension des Merkmalsraum $\mathcal{M}$	641
$K$	Schwarz-Farbwert im CMYK-Farbraum	239
$K_m$	Konstante des photometrischen Basissystems, $K_m = 683 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$	195
$k$	Wellenzahl	35
$k$	Boltzmann-Konstante, $k \approx 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$	98
$k$	Normierungsfaktor zur Berechnung der Normfarbwerte	214
$k(\mathbf{x})$	Ergebnis eines Detektionsfilters	799
$k_\nu$	Impulsantwort des Hochpassfilters in der Multiskalenanalyse	855, 859
<b>k</b>	Wellenvektor	35
$L$	Strahldichte	98, 177
$L_1$	Leuchtdichte	177
$\Delta L^*$	Helligkeitsunterschied	227

$L^2(\cdot)$	Raum der quadratisch integrierbaren Funktionen	687, 855
$L_{LQ}^i$	von einer Lichtquelle emittierte Strahldichte	182
$L_{OF}^j$	von der Objektoberfläche emittierte Strahldichte (Lichtfeld, plenoptische Funktion)	183
$L^*$	Helligkeitskoordinate des CIELAB-Farbraums	222
$l(\mathbf{x}^T \mathbf{e} - d)$	Linie als Element einer Textur	769, 774
$M$	Breite des Bildes (Anzahl der Bildspalten)	12
$M$	Magenta-Farbwert im CMYK-Farbraum	239
$\mathbf{M}$	Müller-Matrix	44
$\mathcal{M}$	Merkmalsraum	641
$m_1$	empirischer Mittelwert	780
$\mathbf{m}(\mathbf{x})$	Merkmalsvektor für die Segmentklassifikation am Bildpunkt $\mathbf{x}$	641
$(m, n)$	diskrete Bildkoordinaten	13
$N$	Höhe des Bildes (Anzahl der Bildzeilen)	12
$N_4(\mathbf{x}),$ $N_8(\mathbf{x})$	Vierer- bzw. Achter-Nachbarschaft	693
$N_i$	Besetzungszahl des Energieniveaus $E_i$	111
$\mathbb{N}$	Menge der natürlichen Zahlen	455
$NA$	numerische Apertur	148
$n$	Photonenanzahl	77
$n$	Brechungsindex (reellwertig)	33, 83
$\underline{n}$	komplexer Brechungsindex	94
$\mathbf{n}$	Normalenvektor einer Oberfläche	83
$\mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$	(Gauß'sche) Normalverteilung mit Erwartungswert $\mu$ und Varianz $\sigma^2$	510
$O$	Blendenzahl	74, 145
$O(\mathbf{f})$	Fourier-Transformierte des Objektsignals	800
$\mathcal{O}(f(N))$	Funktionsklasse asymptotischer oberer Schranken (O-Kalkül): $\mathcal{O}(f(N)) := \{g(N) \mid \exists c > 0, N_0 > 0 \ \forall N \geq N_0 \ g(N) \leq c \cdot f(N)\}$	655, 839
$o(\mathbf{x})$	Objektsignal im Bild	798

$P$	elektrische Leistung	101
$\underline{P}(x, y)$	komplexe Aperturfunktion	58
$\hat{P}_i$	Eintrag des Histogramms	550, 645
$\mathbf{P}$	Projektionsmatrix des Kameramodells	126
$\mathbf{P}$	Poynting-Vektor einer elektromagnetischen Welle	36
$p$	Skalenparameter in der Multiskalenanalyse	850
$p$	Polarisationsgrad einer elektromagnetischen Welle	42
$Q$	Anzahl der Bildkanäle	12
$Q$	Strahlungsenergie	180
$Q_1$	Lichtmenge	180
$q(\mathbf{x})$	Texel	755
$R$	Oberflächenrauheit	73
$R$	Ohm'scher Widerstand	109, 254
$R_{\text{CIE}}$	Farbwert bezüglich der roten CIE-Primärlichtquelle	208
$R_i$	Region im Merkmalsraum	641
$R^{ij}$	Reflexionsfunktion der Objektoberfläche	183, 223
$R_s$	Rotkoordinate des linearen sRGB-Farbraums	234
$R'_s$	Rotkoordinate des gamma-korrigierten sRGB-Farbraums	235
$R_{12}^s, R_{12}^p$	Fresnel'sche Reflexionsgrade für senkrecht bzw. parallel zur Einfallsebene polarisiertes Licht	89
$\mathbf{R}_{\text{nn}}$	Korrelationsmatrix	632
$\mathbb{R}$	Menge der reellen Zahlen	12
$\bar{r}(\lambda)$	Spektralwertfunktion der roten CIE-Primärlichtquelle	208
$r_{\text{gg}}(\boldsymbol{\tau})$	Autokorrelationsfunktion des stationären Zufallsprozesses $g(\mathbf{x})$	511
$r_{\text{gk}}(\mathbf{x}, \boldsymbol{\tau})$	Kreuzkorrelationsfunktion der stochastischen Prozesse $g$ und $k$	509
$r_{12}^s, r_{12}^p$	Fresnel'sche Reflexionskoeffizienten für senkrecht bzw. parallel zur Einfallsebene polarisiertes Licht	87

$\text{rect}\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)$	Rechteckfunktion: $\text{rect}\left(\frac{x}{\varepsilon}\right) := \begin{cases} 1 & \text{für }  x  < \frac{\varepsilon}{2} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$	62, 446
$\text{rnd}(\cdot)$	Rundung zur nächsten ganzen Zahl	826
$S_{\text{FM}}(\lambda)$	spektrale Streuung einer Farbmittelschicht	206
$S_{\text{gg}}(\mathbf{f})$	Autoleistungsdichtespektrum des stationären Zufallsprozesses $g(\mathbf{x})$	513
$S_{\text{HSI}}$	Sättigung im HSI-Farbraum	236
$S$	Punktmenge eines binären strukturierenden Elements	703
$S_{\text{ER}}$	Punktmenge der binären Elementarraute	703
$\mathbf{S}$	Stokes-Vektor, Stokes-Parameter: $\mathbf{S} = (S_0, S_1, S_2, S_3)^T$	40
$SNR$	Signal-Rausch-Verhältnis	78, 581, 802
$\text{Spur}(\mathbf{A})$	Spur der Matrix $\mathbf{A}$ (Summe der Diagonaleinträge)	409
$s$	Skalenparameter der kontinuierlichen Wavelet-Transformation	847
$s(\mathbf{x})$	strukturierendes Element in der Grauwertmorphologie	737
$s^2$	empirische Varianz	780
$\text{sinc}(x)$	Sinus cardinalis: $\text{sinc}(x) := \frac{\sin(\pi x)}{\pi x}$	62, 460
$\text{sgn}(\cdot)$	Vorzeichenfunktion: $\text{sgn}(x) := \begin{cases} 1 & x > 0 \\ 0 & x = 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases}$	820
$T$	Belichtungszeit	77
$T$	Temperatur	98, 101
$T_{12}^s, T_{12}^p$	Fresnel'sche Transmissionsgrade für senkrecht bzw. parallel zur Einfallsebene polarisiertes Licht	89
$t$	Zeit	29
$t(\mathbf{x})$	Bild einer Textur	755
$t_{12}^s, t_{12}^p$	Fresnel'sche Transmissionskoeffizienten für senkrecht bzw. parallel zur Einfallsebene polarisiertes Licht	87

$U$	Blau-Gelb-Chrominanz im YUV-Farbraum	238
$U$	elektrische Spannung	101, 254
$U_N$	Nennspannung	101
$\mathcal{U}$	Umbra	735
$\mathcal{U}$	Umgebung des Ursprungs	571, 770, 805
$u(\mathbf{x}, t)$	diffundiertes Bildsignal	667
$V$	Vergrößerung einer optischen Abbildung	122
$V$	Kontrast (Sichtbarkeit) eines Interferenzmusters	56
$V$	Rot-Grün-Chrominanz im YUV-Farbraum	238
$V(\lambda)$	Hellempfindlichkeitsfunktion des menschlichen Auges für photopisches Sehen	195, 211
$V'(\lambda)$	Hellempfindlichkeitsfunktion des menschlichen Auges für skotopisches Sehen	195
$V(\mathbf{f})$	Übertragungsfunktion des Detektionsfilters	800
$V_p$	Funktionenraum in der Multiskalenanalyse	854
$v$	Ausbreitungsgeschwindigkeit (Phasengeschwindigkeit) einer elektromagnetischen Welle	32, 33, 83
$v(\mathbf{x})$	Impulsantwort eines Detektionsfilters	799
$\mathbf{v}(s)$	aktive Kontur als parametrische Kurve	677
$W_p$	Wavelet-Raum	855
$w(\cdot)$	zweimal differenzierbare Funktion in der Lösung der Wellengleichung	32, 35
$w(\mathbf{x})$	<i>Whitening Filter</i>	804
$X$	CIE-Normfarbwert bezüglich der virtuellen Primärlichtquelle $X$	211
$\mathbf{X}_{\text{prim}}$	Basisvektor der virtuellen Primärvalenz $X$	213
$x$	Normfarbwertanteil $x$ in der CIE-Normfarbtafel	214
$\bar{x}(\lambda)$	CIE-Normspektralwertfunktion der virtuellen Primärlichtquelle $X$	211
$\mathbf{x}$	dreidimensionaler Ort einer elektromagnetischen Welle	32

$\mathbf{x}$	kontinuierliche Bildkoordinaten: $\mathbf{x} = (x, y)^T \in \mathbb{R}^2$	12
$\mathbf{x}'$	homogene Koordinaten: $\mathbf{x}' = (x'_1, \dots, x'_N, w)^T$	123
$\mathbf{x}_c$	Kamerakoordinaten: $\mathbf{x}_c = (x_c, y_c, z_c)^T$	122
$\mathbf{x}_w$	Weltkoordinaten: $\mathbf{x}_w = (x_w, y_w, z_w)^T$	125
$Y$	CIE-Normfarbwert bezüglich der virtuellen Primärlichtquelle $Y$	211
$Y$	Gelb-Farbwert im CMYK-Farbraum	239
$Y'$	gamma-korrigierte Helligkeit in technischen Farbräumen	238
$\mathbf{Y}_{\text{prim}}$	Basisvektor der virtuellen Primärvalenz $Y$	213
$y$	Normfarbwertanteil $y$ in der CIE-Normfarbtafel	214
$\bar{y}(\lambda)$	CIE-Normspektralwertfunktion der virtuellen Primärlichtquelle $Y$	211
$Z$	CIE-Normfarbwert bezüglich der virtuellen Primärlichtquelle $Z$	211
$Z$	Lebensdauer einer Lichtquelle	101
$Z$	Wellenwiderstand	32
$\mathbf{Z}_{\text{prim}}$	Basisvektor der virtuellen Primärvalenz $Z$	213
$\mathbb{Z}$	Menge der ganzen Zahlen	13
$z$	CIE-Normfarbwertanteil $z$	214
$z(\mathbf{x})$	Oberflächenrelief	314
$\bar{z}(\lambda)$	CIE-Normspektralwertfunktion der virtuellen Primärlichtquelle $Z$	211

## Abkürzungsverzeichnis

AB	Aperturblende	135, 139
A/D	analog/digital	247
AKF	Autokorrelationsfunktion	508
AL	Austrittsluke	141
AP	Austrittspupille	141
AR	autoregressiv	565, 770
ARMA	<i>autoregressive moving average</i>	565
BRDF	Bidirektionale Reflektanzverteilungsfunktion ( <i>bidirectional reflectance distribution function</i> )	185
CCD	<i>charge coupled device</i>	255
CIE	Commission Internationale de l'Éclairage (Internationale Beleuchtungskommission)	207
CMOS	<i>complementary metal oxide semiconductor</i>	258
CT	Computer-Tomographie	398, 815
CW	<i>continuous wave</i>	401
DFT	diskrete Fourier-Transformation	465
DoG	<i>difference of Gaussians</i>	663
EL	Eintrittsluke	141
EM	<i>expectation-maximization</i>	645
EP	Eintrittspupille	141
FB	Feldblende	139
FDM	Finite-Differenzen-Methode	682
FEM	Finite-Elemente-Methode	682
FFT	schnelle Fourier-Transformation ( <i>fast Fourier transform</i> )	471
FIR	fernes Infrarot ( <i>far infrared</i> )	262
GVF	<i>gradient vector flow</i>	682
HDRC	<i>high dynamic range CMOS</i>	259
IC	integrierter Schaltkreis ( <i>integrated circuit</i> )	258
IFFT	inverse schnelle Fourier-Transformation	471
IR	Infrarot	29
JPEG	Joint Photographic Experts Group	235



KKF	Kreuzkorrelationsfunktion	509
KLT	Karhunen-Loève-Transformation	535
Laser	<i>light amplification by stimulated emission of radiation</i>	110
LBP	<i>local binary pattern</i>	791
LED	Leuchtdiode	106
LoG	<i>Laplacian of Gaussian</i>	661
LSI	linear, verschiebungsinvariant ( <i>linear shift-invariant</i> )	450
LWIR	langwelliges Infrarot ( <i>long-wavelength infrared</i> )	262
MA	<i>moving average</i>	565
MLA	Mikrolinsenarray	351
MRF	<i>Markov-Random-Field</i>	565
MRT	Magnetresonanztomographie	398, 639
MWIR	mittleres Infrarot ( <i>medium-wavelength infrared</i> )	262
NA	numerische Apertur	148
Nd-YAG	Neodym-Yttrium-Aluminium-Granat	113
NETD	<i>noise equivalent temperature difference</i>	264
NIR	nahes Infrarot ( <i>near infrared</i> )	262
o. B. d. A.	ohne Beschränkung der Allgemeinheit	37
OLED	organische Leuchtdiode	107
PCA	photoleitende Dipolantenne ( <i>photoconductive antenna</i> )	402
PCA	Hauptkomponentenanalyse ( <i>principal component analysis</i> )	535
PSD	optoelektronischer Positionsdetektor ( <i>position sensitive detector</i> )	253
QWP	$\frac{\lambda}{4}$ -Verzögerungsplatte ( <i>quarterwave plate</i> )	47
SNR	Signal-Rausch-Verhältnis	78, 581, 802
SWIR	kurzwelliges Infrarot ( <i>short-wavelength infrared</i> )	262
THz	Terahertz	29, 399
UV	Ultraviolett	29

VFC	<i>vector field convolution</i>	683
WDF	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion	527
WLI	Weißlichtinterferometrie	377
WP	Verzögerungsplatte ( <i>wave plate</i> )	48

## Index

- $\delta$ -Funktion, *siehe* Dirac-Impuls  
 $\frac{\lambda}{4}$ -Platte, 47, 48
- Abbildung  
 optische, 119  
 telezentrische, 150
- Abbildungsfehler, *siehe* Aberration
- Abbildungsgleichung, 134
- Aberration, 162  
 chromatische, 166  
 Seidel'sche, 163  
 sphärische, 163
- Absorption, 81, 94, 204
- Absorptionsfilter, 240
- Absorptionskoeffizient, 94
- Absorptivität, 387
- Abtasttheorem, 462
- Abtastung, 462, 481  
 optimale, 485
- Achromat, 167
- Achse  
 optische, 130
- Acht-Punkt-Algorithmus, 346
- Achter-Nachbarschaft, 693
- Active Vision, 8
- Airy-Scheibchen, 68, 496
- Aktive Konturen, 676
- Aktivität  
 optische, 45
- Albedo, 187
- Aliasing, 468
- Alles-oder-Nichts-Operator, 723
- Amplitude, 32
- Analog-digital-Umsetzer, 247
- anamorphotisch, 417
- Anti-Aliasing-Filterung, 462, 500
- Apertur, 57  
 numerische, 147, 169
- Aperturblende, 134, 139
- Apochromat, 167
- AR-Modell, 770, 810
- Astigmatismus, 164
- Auflösung, 69, 404
- Auge, 198
- Ausfallswinkel, 83
- Austrittsluke, 141
- Austrittspupille, 141
- Autofokussensor, 364
- Autokorrelationsfunktion, 508, 757, 780  
 eines stochastischen Prozesses, 508
- Autokovarianzfunktion  
 eines stochastischen Prozesses, 509
- Autoleistungsdichtespektrum, 513
- autoregressives Modell, 770, 810
- Babinet'sches Prinzip, 68, 417
- Balloon, 676
- Ballungsanalyse, 641
- Bandlücke, 106, 251
- Bandpass, 597
- Bandsperrung, 597
- Beamer, *siehe* Videoprojektor
- Beleuchtungsstärke, 180
- Belichtung, 180
- Bereichswachstumsverfahren, 648
- Besetzungsinversion, 111
- Besetzungszahl, 111
- Bestrahlung, 180
- Bestrahlungsstärke, 179
- Betragsspektrum, 452, 456, 458, 530
- Beucher-Gradient, 746
- Beugung, 57  
 beugungsbegrenzt, 72, 168
- bidirektionale  
 Reflektanzverteilungsfunktion, 184
- bikubische Interpolation, 561
- Bild, 11  
 reelles, 137  
 virtuelles, 137
- Bildfeldwölbung, 164
- Bildfusion, 370, 535
- Bildgröße, 133
- Bildkoordinaten, 122
- Bildpyramide, *siehe* Pyramide
- Bildrestauration, 607  
 ortsinvariante, 634

- Bildsensor, 247
- Bildverschärfung, 557
- Bildverstärker, 249
- Bildweite, 121, 133
- Bildwert, 12
- bilineare Interpolation, 561, 562
- Binärbild, 701
- Binärmorphologie, 701
- Binomial-Tiefpass, 591
- Binomialfilter, 591
- black top-hat, 746
- Blendenzahl, 74, 145
- blooming, 266
- Bolometer, 263, 402
- Boltzmann-Konstante, 98
- Boltzmann-Statistik, 253
- BRDF, 184
- Brechung, 83
- Brechungsgesetz
  - Snell'sches, 84
- Brechungsindex, 83
  - komplexer, 274
- Brechungswinkel, 84
- Bremsstrahlung, 102
- Brennweite, 132, 136
- Brewster-Winkel, 90
- Bündelausgleichung, 348
- Buntheit, 222
  
- Canny-Operator, 727
- CCD-Kamera, 255
- Cepstrum, 765
- charakteristische Funktion, 529
- charge coupled device, 255
- Chromatizitätskoordinaten, 215
- Chrominanz, 200, 237
- CIE, 207
- CIE-Normfarbraum, 210
- CIE-Normfarbtafel, 215
- CIE-Primärlichtquellen, 208
- CIELAB-Farbraum, 220
- clustering, 641
- CMOS-Kamera, 258
- CMYK-Farbraum, 205, 238
- co-occurrence matrix, 782
  
- Compressed Sensing, 405
- Compton-Streuung, 397
- Computer-Tomographie, *siehe* Tomographie
- Constraint-Filter, 607
- corner, 832
- $\cos^4$ -Gesetz, 191
  
- Dämpfung, 93
- Daubechies-Filter, 862
- Daubechies-Wavelets, 860
- Defektdetektion, 759
- Deflektometrie, 320
- Dehnung, 477
- Delta-Funktion, *siehe* Dirac-Impuls
- Demosaicing, 261
- Deskriptor, 834
- Detektion, 797
  - Photonen, 249, 250
- Detektoren
  - balancierte, 402
- DFT, *siehe* Diskrete
  - Fourier-Transformation
- Diaprojektor, 169
- Dielektrikum, 30, 31
- Dielektrizitätskonstante, 30
- Difference-of-Gaussians-Operator, 662
- Differentiationsatz, 455
- Differenz
  - Punktmengen, 703
- Diffusion, 665
  - anisotrope, 669
  - homogene, 667
  - inhomogene, 668
  - isotrope, 667
  - lineare, 667
  - nichtlineare, 668
- Diffusionsfilter, 664
- Diffusionsgleichung, 389, 666
- Diffusionstensor, 665
- Digitalisierung, 439
- Dilatation
  - Binärmorphologie, 704
  - Grauwertmorphologie, 737
- Dipolantenne

- photoleitende, 402
- Dirac-Impuls, 445
  - Ähnlichkeitstransformation, 447, 448
  - Approximation, 445
  - Eigenschaften, 447
  - Rechengesetze, 448
  - zweidimensionaler, 479
- Dirac-Kamm, *siehe* Impulsfolge
- Diskrete Fourier-Transformation, 465
  - zweidimensionale, 487
- Disparität, 341
- Dispersion, 84, 167
- Dissipation, 81
- Distribution, 445
- DoG, 662
- Doppelbrechung, 46, 407
- Dopplerverbreiterung, 102
- Dotierung, 106, 251
- Drehung, 477
- Dreieckfunktion, 565
- Dunkelfeldbeleuchtung, 424
- Dunkelstrom, 266
  
- Ecke, 832
- Eckendetektion, 832
- Eigenwertproblem, 537
- Eindringtiefe, 94
- Einfallsebene, 82, 86
- Einfallswinkel, 83, 84
- Einheitssprung, 447
- Eintrittsluke, 141
- Eintrittspupille, 141, 145
- elektrische Feldkonstante, 31
- elektrische Feldstärke, 29
- elektrische Flussdichte, 30
- Elektrolumineszenz, 102
- Elektron, 28
- Elektron-Loch-Paar, 251
- Elementarladung, 393
- Ellipsometrie, 280
  - abbildende, 284
  - spektroskopische, 287
- Emission
  - spontane, 110
  - stimulierte, 110
  - thermische, 98
- Emissivität, 387
- Energie, 459
- Energiedichte, 459
- Energieerhaltung, 459
- Energiefluss, 36
- Energiefunktional, 677, 686
- Energieniveau, 110
- Energiesignal, 459
- Energiesparlampe, 104
- Entbartung, 731
- entozentrisch, 155
- Entropie, 540
- Epipol, 344
- Epipolarebene, 342
- Epipolargeometrie, 318
- Epipolarlinie, 342
- Ergodizität, 512
  - schwache, 512
  - strenge, 512
- Erosion
  - Binärmorphologie, 704
  - Grauwertmorphologie, 737
- Erwartungswert, 507, 530, 757
  - einer Zufallsvariablen, 530
- Euler'sche Formel, 35, 451
- Euler-Lagrange'sche
  - Differentialgleichung, 680
- Expansion, 841
  
- Fabry-Perot-Interferometer, 112
- Falschfarbendarstellung, 544, 555, 557
- Faltung, 449
  - zweidimensionale, 477
- Faltungssatz, 455, 477
- Farbabstand, 227
- Farbbild, 12, 243
- Farbe, 197
- Farbfilter, 240
- farbiges Rauschen, 518
- Farbkamera, 261
- Farbkörper, 224
- Farbmessung, 222
- Farbmetrik, 206
- Farbmischung, 203

- additive, 203, 217
- äußere, 204
- innere, 204
- subtraktive, 204
- Farbmittel, 204
- Farbordnungssystem, 230
- Farbpigment, 204
- Farbprofil, 239
- Farbreiz, 201
- Farbstoff, 204
- Farbtemperatur, 98, 225
- Farbton, 215, 236
- Farbtonwinkel, 222
- Farbumfang, 233
- Farbvalenz, 201, 206
- Farbwert, 208
- fast Fourier transform, *siehe* FFT
- FDM, 682
- Feldblende, 139
- FEM, 407, 682
- Fensterfunktion, 471
- Fermat'sches Prinzip, 121
- Fernaufnahme, 148
- Fernfeldbeugung, 57
- Fernsehsignal, 237
- FFT, 471
- Fick'sches Gesetz, 665
- Filter
  - lineares, 580
  - optisches, 240
- Filterbank, 852, 859
- Filtertransformation, 597
- Finite-Differenzen-Methode, 682
- Finite-Elemente-Methode, 407, 682
- fixed pattern noise, 266
- Flachbettscanner, 297
- Flächensensor, 248
- Fluoreszenz, 287
- Fluoreszenzspektroskopie, 288
- Fluss, 689
  - maximaler, 690
- Fokuserie, 366
- Fourier-Spektrum, 451
- Fourier-Transformation, 450
- Differentiationssatz, 455
- diskrete, 465
- Faltungssatz, 455, 477
- Lineare Koordinatentransformation, 475
- Linearität, 453
- Modulationssatz, 456
- Nullwertsatz, 457
- reeller Signale, 457
- Reziprozität, 454
- Separationssatz, 474
- Skalierung, 453
- Spiegelung, 457
- Verschiebungssatz, 456
- Fovea, 199
- Fractional Power Filter, 800
- Fraunhofer-Beugung, 57
- Freespace electrooptic sampling, 402
- Frequenz, 35
- Frequenzbandbreite, 52
- Fresnel'scher Reflexionskoeffizient, 87
- Fresnel'scher Transmissionskoeffizient, 87
- Fresnel-Beugung, 57
- full well capacity, 265
- Full-Frame-Sensor, 256
- Füllfaktor, 257, 265
- Fundamentalmatrix, 342, 345
- Gamma-Korrektur, 233, 235
- Gamut, 233
- Gasentladungslampe, 102
- Gauß-Filter, 590
- Gauß-Tiefpass, 590
- Gauß'sche Optik, 131
- Gedächtnisfreiheit, 444
- Gegenfarbentheorie, 220
- Gegenstandsweite, 133
- geometrische Entzerrung, 560
- geometrisches Mittelwertfilter, 607, 624
- getrimmtes Mittelwertfilter, 602
- Gibbs'sches Phänomen, 597
- Gleichanteil, 457
- gleitende Mittelung, 586
- Glühlampe, 100

- Gradient Vector Flow, 682
- Gradientenfilter, 650
- Graph-Cut-Verfahren, 692
- Graßmann'sche Gesetze, 203
- Grauwertbild, 12
- Grauwertmorphologie, 735
- Grauwertstrukturtenor, 671
- Grauwertübergangsmatrix, 782
- gray-scale morphology, 735
- Gruppengeschwindigkeit, 33
  
- Haar-Wavelet, 856
- Halbleiterbauelement, 106, 250
- Halogenlampe, 101
- Hann-Fenster, 471
- Hantelsymbol, 451
- Haralick-Merkmale, 784
- harmonische Analyse, 515
- Harris-Operator, 832
- Hauptachsentransformation, 535
- Hauptebene, 132, 136
- Hauptkomponentenanalyse, 535
- Hauptstrahl, 135, 142
- HDRC-Sensor, 259
- Heaviside-Funktion, 447
- Hellempfindlichkeitsfunktion, 195
- Helmholtz'sches Reziprozitätsprinzip, 186
- Histogramm, 549, 781
- Histogrammegalisierung, 553
- Histogrammanipulation, 551
- Histogrammspreizung, 549
- Hit-or-Miss-Operator, 723
- HLS-Farbraum, 236
- Hochdruck-Entladungslampe, 102
- Hochpass, 597
- Hologramm, 381
- Holographie, 381
- homogene Koordinaten, 123
- Homogenisierung, 565, 566, 571
- Homogenität, 565, 567, 666
- homomorphe Filterung, 565, 569
- homozentrisch, 130
- Hontextur, 767, 772, 781
- Hotelling-Transformation, 535
  
- HSI-Farbraum, 236
- HSL-Farbraum, 236
- HSV-Farbraum, 237
- hue, 236
- Huygens'sches Prinzip, 51, 82
- Hyperspektralbild, 13, 697
- hyperzentrisch, 156
  
- idealer Modulator, 444
- Immersion, 418
- Impulsantwort, 450
- Impulsfolge, 461, 462, 466, 468, 481
- Impulskorrelation, 517
- Impulsthermographie, 391
- Infrarot, 29, 262, 299, 386
- Infrarotbild, 262
- Innenprodukt, 459
- Intensität
  - elektromagnetischer Strahlung, 36
  - HSI-Farbraum, 236
- intensity, 236
- Interferenz, 54, 371
- Interferenzfilter, 240
- Interferenzordnung, 377
- Interferometrie, 371
- Interline-Transfer-Sensor, 256
- Interpolation
  - bilinear, 562
  - Deutung, 564
  - Pyramide, 841
- inverses Filter, 607, 801
- Isochromate, 411
- Isokline, 410
- Isolator, 30
- Isotropie, 666
  
- JPEG-Standard, 235, 238
  
- Kamerakalibrierung, 124, 126, 166
- Kamerakoordinatensystem, 122
- Kameramatrix, 126
- Kante, 649
- Kantendetektion, 650
- Kantenpotenzial, 679
- Karhunen-Loève-Transformation, 535

- beste lineare Approximation, 539, 540
- Linearität, 537
- Mittelwertfreiheit, 538
- Orthogonalität, 537
- Umkehrbarkeit, 538
- Unkorreliertheit, 538, 539
- Kegel-Tiefpass, 589
- keypoint, 834
- Kirchhoff'sches Gesetz, 387
- Klassifikation, 641
- kohärent, 42
- Kohärenz, 51
- Kohärenzlänge, 52
- Kohärenzlänge, 377
- Kohärenzlänge, 312, 502
- Koma, 164
- Komplement
  - Punktmenge, 703
- Komplementärfarben, 218
- Komponentenmarkierung, 721
- Kondensator, 169
- konfokale Mikroskopie, 366
- Kontrast, 56
- Kontrasterhöhung, 549
- Konturen
  - aktive, 676
- Körper
  - schwarzer, 98
- Korrelationsfilter, 800, 801, 823
- Korrelationslänge, 780
- Korrelationsmatrix, 632, 807
- Korrespondenzproblem, 342
- Kovarianzmatrix, 536
- Kräftegleichgewicht, 681
- Kreisfrequenz, 35
- Kreiswellenzahl, 35
- Kreuzkorrelationsfunktion, 509
  - zweier stochastischer Prozesse, 509
- Kronecker-Delta, 550
- Kubelka-Munk-Theorie, 206
- Kugelkoordinaten, 34
- Kugelwelle, 34, 82
- label, 721
- Lambda-Viertel-Platte, 47
- Lambert-Beer'sches Absorptionsgesetz, 205, 397
- Laplace-Filter, 661
- Laplace-Operator
  - morphologischer, 746
- Laplacian-of-Gaussian-Operator, 661
- Laser, 110, 114, 304
- Laserscanner, 294
- Lattenzaun-Effekt, 468
- Laufängenanalyse, 787
- Laufzeit, 370
- Laws-Matrizen, 789
- LBP, *siehe* Local Binary Patterns
- Leckeffekt, 468, 469
- LED, 106
- Leistungsdichtespektrum, 513
- Leitfähigkeit, 30, 93
- Leitungsband, 251
- Leuchtdichte, 177
- Leuchtdiode, 106
- Leuchtfarbe, 289
- Leuchtstoffe, 104
- Leuchtstofflampe, 104
- Level-Set-Methode, 687
- Lichtbündel, 139
- Lichtfeld, 184, 349
- Lichtfeldkamera, 349
- Lichtgeschwindigkeit, 370
- Lichtmenge, 180
- Lichtquanten, 27
- Lichtstärke, 177
- Lichtstrahl, 34
- Lichtstrom, 175
- Lichttechnik, 195
- Lidar-Sensor, 370
- lineare Koordinatentransformation, 475
- lineares Filter, 580
- Linearität, 443, 666
- Linienpotenzial, 678
- Linientextur, 773
- Linse, 129
  - dicke, 136
  - konkave, 139
  - konvexe, 139



- sphärische, 130
- Local Binary Patterns, 791, 834
- Lochkamera, 121
- Lock-In-Thermographie, 391
- LoG, 661
- Lokale Binärmuster, *siehe* Local Binary Patterns
- lokale Ortsfrequenz, 336
- LSI-System, 450, 608
- Lumineszenzstrahler, 97
- Lupe, 137
  
- magnetische Feldkonstante, 31
- magnetische Feldstärke, 29
- magnetische Flusssdichte, 29
- Makroaufnahme, 149
- Marke, 721
- Matched Filter, 801, 807
- Materialklassifikation, 274, 642
- Materialsortierung, 274, 424, 697
- Maximum-Norm, 660
- Maxwell'sche Gleichungen, 28
- Median, 600
- Medianfilter, 599
- Medium
  - aktives, 112
- Messerfunktion, 479
  - ortsdiskrete, 491
- Messunsicherheit, 395
- metamer, 201, 216, 225
- Metamerie, 201, 217, 225
- Metamerie-Index, 228
- Mikrokanalplatte, 249
- Mikroskop, 148, 169
  - konfokales, 366
  - Tiefenschärfe, 149
- Mikrowellen, 29
- Minkowski-Addition, 704
- Minkowski-Subtraktion, 704
- Mittelung
  - gleitende, 444
- Mittelwert, 780
- mittlere Leistung, 513
- Modulationssatz, 456
- Moiré-Verfahren, 330, 332
  
- Moment, 507, 530, 780
  - einer Zufallsvariablen, 530
  - eines stochastischen Prozesses, 507
- Momentanfrequenz, 335
- monochromatisch, 208
- Morphologie, 701
- Müller-Matrix, 44
- multi-resolution analysis, 852
- Multiskalenanalyse, 839, 852
- Multispektralbild, 13, 243
- Mumford-Shah-Funktional, 686
- Munsell-Farbbordnungssystem, 231
- Musterfunktion, 506
- Mustergenerator, 321
  
- Nachbarschaft, 693
- Nachleuchtfarbe, 288
- Nächster-Nachbar-Interpolation, 561
- Nachtsehen, 195
- Nahfeldbeugung, 57
- Nd-YAG-Laser, 113
- Negativlinsen, 139
- Neodym-YAG-Laser, 113
- NETD, 264
- Netzwerk, 689
- Niederdruck-Entladungslampe, 104
- Nipkow-Scheibe, 368
- noise equivalent temperature difference, 264
- Normalenfeld, 326
- Normalenvektor, 83
- Normfarbtafel, 215
- Normfarbwertanteile, 214
- Normfarbwerte, 210, 214
- Normspektralwertfunktionen, 210
- Null-Ellipsometer, 281
- Nullwertsatz, 457
- Nyquist-Band, 468
  
- Oberflächen-Operation
  - Morphologie, 736
- Objektiv, 129, 169
  - hyperzentrisches, 157
  - telezentrisches, 151
- Öffnung

- Binärmorphologie, 715
- Grauwertmorphologie, 742
- Öffnungsfehler, 163
- Öffnungswinkel, 140
- Okular, 169
- OLED, 107
- opak, 123
- Operator, 440
- Optimalfilter, 801
- optische Gleichrichtung, 402
- optoelektronischer Positionsdetektor, 253
- Ordnungsstatistik-Filter, 602
- Orientierung, 669
- Ortsdiskretisierung, 439–441
- Ortsskalierung, 453
  
- PAL-Fernsehstandard, 238
- Parallaxe, 341
- parametrisches Wiener-Filter, 624
- Parseval'sche Gleichung, *siehe* Satz von Parseval
- Parseval'sches Theorem, *siehe* Satz von Parseval
- Permeabilität, 30
- Permittivität, 30
- Perspektive, 155
  - entozentrische, 155
  - hyperzentrische, 156
  - telezentrische, 150, 155
- Phase, 32
- Phase Only Filter, 801
- Phasenfaltung, 377
- Phasengeschwindigkeit, 33, 93
- Phasenspektrum, 452, 458
- Phosphoreszenz, 288
- Photodiode, 250
- Photoeffekt
  - äußerer, 249
  - innerer, 251
- photoelasticity, 407
- photoleitende Dipolantenne, 402
- Photometrie, 175, 195
- photometrisches Basissystem, 195
- photometrisches Grundgesetz, 178
- photometrisches Stereo, 362
- Photomultiplier, 248
- Photon, 27, 75
- Photonenergie, 399
- Photonenfluss, 175
- Photonenrate, 249
- photopisches Sehen, 195
- Pinhole-Blende, 367
- Pixel, 13, 247
- Planck'sches Strahlungsgesetz, 98
- Planck'sches Wirkungsquantum, 27
- plenoptische Funktion, 184
- plenoptische Kamera, 349
- Poincaré-Kugel, 43
- Poisson-Verteilung, 77
- Polarisation, 38, 280
- Polarisationsellipse, 38
- Polarisator, 44
- Polariskop, 409
- position sensitive detector, 253
- Positivlinse, 139
- Potenzierer, 444
- Poynting-Vektor, 36
- Primärvalenzen, 207
  - virtuelle, 210, 213
- Projektdurchführung, 19
- Projektionsapparat, 168
- Projektionsmatrix, 126
- Projektionsmoiré, 340
- Propagator, 32
- Pruning, 731
- PSD, 253
- Pseudofarbendarstellung, 555
- Punktsensor, 248, 251
- Punktverschmierfunktion, 478
- Purpurlinie, 215
- Push-Broom-Prinzip, 298
- Pyramid-Linking, 844
- Pyramide, 839
  - Gauß-, 842
  - Laplace-, 842
  
- Quantenwirkungsgrad, 77, 251, 265
- Quantisierer, 523
- Quantisierung, 522

- äquidistante, 525
- Modellierung der, 532
- optimale, 523
- Quantisierungsfrequenz, 531
- Quantisierungsrauschen, 534
- Quantisierungstheorem, 526, 527, 531
  
- Radiometrie, 175
- radiometrisches Grundgesetz, 178
- Randeffekt, 472, 488
- Randextraktion, 719
- Randstrahl, 142
- range image, 12
- Rangordnungsfilter, 599
- Rasterreflexion, 320
- Rauheit, 73, 188
- Raumladungsdichte, 30
- Raumladungszone, 255
- Raumwinkel, 176
- Rayleigh-Kriterium, 71
- Rechteckfunktion, 446, 447
- Rechteckimpuls, *siehe* Rechteckfunktion
- Reduktion, 841
- Reflektanz
  - Lambert'sche, 186
  - spiegelnde, 187
- Reflektometrie, 274
- Reflexion, 82
  - Punktmenge, 703
- Reflexionsgesetz, 82
- Reflexionskoeffizient, 87
- Regionen ausfüllen, 720
- Rekombinationsstrahlung, 102
- Rekonstruktionsproblem, 342
- Relaxation, 113
- Resonator
  - optischer, 112
- Restlichtverstärker, 249
- Retroreflektor, 359, 360
- Reziprozitätsprinzip
  - Helmholtz'sches, 186
- RGB-Farbräume, 233
- Richtung, 669
- Richtungshistogramm, 786
- Riefentextur, 757, 767
  
- Roberts-Operator, 660
- Röhrenkamera, 248
- Röntgenstrahlung
  - Röntgenstrahlung, 290
- Röntgenstrahlung, 392
- Rösch-Farbkörper, 224
- Rotation, *siehe* Drehung
- Rückwirkungsfreiheit, 443
  
- Sagittalebene, 164
- Salz-und-Pfeffer-Rauschen, 596
- Sammellinse, 131, 139
- Sättigung, 215, 236
- Sättigungsladung, 265
- saturation, 236
- Satz von Parseval, 458, 459
- scale invariant feature transform, 834
- Schärfentiefe, 145, 354
- Schattenmoiré, 338
- Scheimpflug-Bedingung, 159, 304
- Scheinkante, 650
- Scherographie, 379
- Scherung, 477
- Schieberegister, 256
- Schließung
  - Binärmorphologie, 715
  - Grauwertmorphologie, 742
- schnelle Fourier-Transformation, *siehe* FFT
- Schnitt, 690
  - minimaler, 690
- Schüttgutsortierung, 424, 697
- schwache Ergodizität, 512
- schwache Stationarität, 511
- Schwarz'sche Ungleichung, 803
- Schwellwert, 642, 811
- Segmentierung
  - bereichsorientierte, 640
  - kantenorientierte, 649
  - vollständige, 639
- Sensor, 247
- Separationssatz, 474
- Shape from Shading, 362
- Shutter, 257
- Sichtbarkeit, 56

- Sichtprüfung, 3
- Sieben-Punkt-Algorithmus, 346
- Siemensstern, 500
- SIFT, 834
- Signal, 440, 443
- Signalenergie, 458, 459
- Sinc-Funktion, 460
- Sinus cardinalis, *siehe* Sinc-Funktion
- Skalierungsfunktion, 852
- Skalierungssatz, 453
- Skelettierung, 728
- skotopisches Sehen, 195
- smear, 266
- Snake, 677
- Sobel-Filter, 659
- Sobel-Operator, 660
- Spannungsoptik, 406
- Spannungstensor, 408
- Sparrow-Kriterium, 72
- Speckle, 73
- speeded up robust features, 834
- Spektralanalyse, 515
- Spektralfarbe, 208, 215
- Spektralfilter, 239
- Spektralphotometrie, 222
- Spektrometer, 223
- Spektrum
  - elektromagnetisches, 28, 198
  - Fourier-, 451
  - Infrarot-, 262
- spezifischer elektrischer Leitwert, 30
- Spiegel, 130, 137, 294
  - halbdurchlässiger, 293
- Spiegelung, 457
- sRGB-Farbraum, 234
- Stäbchen, 198
- Stationarität, 511
  - schwache, 511
  - strenge, 511
- Statistik  $n$ -ter Ordnung, 507, 757
- Stauchung, 477
- Stefan-Boltzmann-Gesetz, 98
- Stereo, 341
  - photometrisches, 362
- stochastischer Prozess, 504, 505
- Stokes-Vektor, 39
- Störungsunterdrückung, 580, 598
- Strahldichte, 177
- Strahlensatz, 80
- Strahler
  - grauer, 98
  - schwarzer, 98, 196
  - thermischer, 97, 386, 401
- Strahlstärke, 177
- Strahlteiler, 293
  - dichroitischer, 262
- Strahlungsenergie, 180
- Strahlungsfluss, 175
- Strahlungsgesetz
  - Planck'sches, 98
- Strahlungsmenge, 180
- Strahlungsphysik, 175
- Streulicht, 85
- Streuung, 85, 187, 205
- Streuwinkel, 300
- Stromdichte, 30
- structure from motion, 349
- strukturierendes Element, 703
- strukturierte Beleuchtung, 313
- Strukturtensor, 671, 780
- Stufenkante, 649
- Submillimeterwellenlängenbereich, 399
- SURF, 834
- System, 440, 443
  - deterministisch, 443
  - gedächtnisfrei, 444
  - linear, 443
  - verschiebungsinvariant, 443
- Systemeigenschaften, 443
- Szintillation, 398
- Tageslicht, 225
- Tagessehen, 195
- Tangentialebene, 164
- Täuschung
  - optische, 5
- Teleobjektiv, 134
- Telezentrikblende, 150
- telezentrisch, 155

- Temperaturstrahler, 97
- Terahertz-Strahlung, *siehe*
  - THz-Strahlung
- Texel, 755, 756
- Textonen, 755
- Textur, 753
  - anisotrope, 780, 786
  - isotrope, 780
  - statistische, 757
  - strukturell-statistische, 756, 767
  - strukturelle, 755, 759
- Textur-Energie-Maße, 789
- Texturklassifikation, 758
- Texturparameter, 759
- Texturprimitive, 755
- Textursegmentierung, 759
- Texturseparation, 759, 773
- Textursynthese, 759, 772
- Texturtyp, 755
- Thermographie, 386
- Thickening, 727
- Thinning, 724
- THz-Lücke, 399
- THz-Strahlung, 29, 263, 399
  - Detektion, 402
  - Erzeugung, 401
- Tiefpass
  - Binomialfilter, 591
  - Gauß-Filter, 590
  - idealer, 596
- Tiefpassfilter, 586
- Tomographie, 398, 815
- top, 736
- top surface, 736
- Totalreflexion, 91
- Transmission, 81
- Transmissionskoeffizient, 87
- Transversalität, 33, 36
- Transversalwelle, 93
- Triangulation, 303
- Trifokal-Tensor, 348
- Tubuslänge, 170
- Twyman-Green-Interferometer, 374
- Ultraviolett, 29, 290
- Umbral, 735
- Umgebung, 588, 599, 806
  - kausale, 770
- Unschärferelation, 495
- Unterbrechungspotenzial, 679
- Valenzband, 251
- value, 237
- Varianz, 508, 757, 780
- Variationsrechnung, 679
- Vector Field Convolution, 683
- Vektormorphologie, 735
- verallgemeinerte harmonische Analyse, 515
- Verdickung, 727
- Verdünnung, 724
- Vergrößerung, 123
- Verschiebung
  - Punktmenge, 703
- Verschiebungsgesetz
  - Wien'sches, 98
- Verschiebungsinvarianz, 443
- Verschiebungssatz, 456
- Verzeichnung, 165
- Verzögerungsplatte, 46
- Videoprojektor, 169, 313, 419, 425
- Vierer-Nachbarschaft, 693
- Vierfarbdruck, 239
- Viertelwellenlängenplatte, 47
- Vignettierung, 143
- Vorschaltgerät, 105
- Wärmebildkamera, 262, 386
- Wärmefluss thermographie, 388
- Wärmeleitung, 389, 665
- Wärmeleitungsgleichung, 389, 666
- Wärmestrahlung, 386
- Wasserscheidentransformation, 664
- wavelet crime, 860
- Wavelet-Raum, 855
- Wavelet-Transformation, 846
  - Diskretisierung, 850
  - kontinuierliche, 846
  - schnelle, 859
- Weißabgleich, 203

- weißes Rauschen, 517
- Weißlichtinterferometrie, 377
- Weißpunkt, 215
- Weitwinkelobjektiv, 134
- Welle
  - ebene, 32, 34
  - harmonische, 34
  - stehende, 112
- Welle-Teilchen-Dualismus, 27
- Wellengleichung, 31, 93
- Wellenlänge, 35
  - dominante, 216
  - komplementäre, 216
- Wellenvektor, 35
- Wellenzahl, 35, 93
- Weltkoordinatensystem, 125
- Wertdiskretisierung, 439, 440, 442
- white top-hat, 746
- Whitening Filter, 804, 807
- Wiener-Filter, 607
  - parametrisches, 624
- Wiener-Khintchine-Theorem, 513, 514
- Winkel
  - kritischer, 91
- Wirkungsquantum
  - Planck'sches, 27
- Wirkungsquerschnitt, 105
- Wollaston-Prisma, 402
- Xenon-Kurzbogenlampe, 103
- YCbCr-Farbraum, 238
- YIQ-Farbraum, 238
- YUV-Farbraum, 238
- Zapfen, 198
- Zeilenkamera, 260, 297, 697
- Zeilensensor, 248
- zentrales Moment, 508
- Zentralschnitt-Theorem, 817
- Zoomobjektiv, 134
- Zufallsprozess, 504, 505
- Zusammenhangsanalyse, 721
- Zweiskalenrelation, 852, 854