

## Stichwortverzeichnis

### A

Abbe'sche Sinusbedingung 188

Abbildung

optische 115

scharfe 115

Abbildungsfehler, optische 266

Abbildungsmaßstab 190

Absorption 5, 26, 36, 104

Absorptionsbande 5, 77

Absorptionskoeffizient 16, 145

Abstandsvektor 40

Abtastfrequenz 127

Aerosole 76

Airy-Scheibe 117, 124

Analog-Digital-Umsetzer (ADU) 244

Analog-Digital-Wandlung 194

Antireflexionsbeschichtung 74

Aperturblende 188

Arbeitspunkt

konstante Umgebungstemperatur 269

variable Umgebungstemperatur 270

Arbeitspunkteinstellung 269

Atmosphäre 75

Auflösung

räumliche 115

thermische 85, 172

zeitliche 132, 173

Aussteuerung 269

### B

Background-Limited Infrared Photodetection (BLIP) 106

Bandemissionsgrad 62

Bandlücke 159

Bandpassfilter 196

Bandstrahlungsipyrometer 196, 206

effektive Wellenlänge 207

Temperaturauflösung 210

Bandstrahlungsthermobildgerät 257, 313

konkrete Anwendungen 314

Bauthermografie 315

Begrenzung der Ortsauflösung 117

Besselfunktion 117

Best Neighbor Replacement 276

Bestrahlungsstärke 24

Sensorelement 44

Bewegungsmelder 5

Bewegungsunschärfe 252

Biasspannung 150

Biegelagerkühler 180

Bildauslesung 250

Bildmusterrauschen 114

Bildpunktanzahl 306

Bildverarbeitungsschritte 245

Bildweite 189

Bildwiederholrate 307

Binning 255

Blendenzahl 44, 115, 190

Blindpixel 152

Bolometerspannung 150

Bolometerwiderstand 97

Boltzmann-Konstante 98

Bouguer-Lambert-Beer'sches Gesetz 16, 73

Brandfrüherkennung 317

Brechzahl 14, 17, 56

Brennweite 115

324 | *Stichwortverzeichnis*

**C**

Chopper 86, 149, 194, 231  
 mikromechanische 232  
 mit Sektorrad 232  
 Pendelprinzip 232  
 Chopperfrequenz 144, 173, 195, 232  
 Chopperjustage 292  
 Curie-Temperatur 147  
 Cut-off-Wellenlänge 157, 173

**D**

Defektpixeldetektion 275  
 Defektpixelkorrektur 276  
 Detektivität, spezifische 108, 147, 172, 201  
 Dewar-Gefäß 176, 181  
 Dezimation 255  
 Dichtefunktion 92  
 normierte 33  
 Dielektrika 15, 18  
 Differenzspannung 289  
 Dirac-Impuls 123  
 Direktkontaktkühlung 176, 181  
 Drainwiderstand 97  
 Dunkelstrom 164  
 Dünnschichtstrahler 54

**E**

Effekt  
 pyroelektrischer 140  
 Effektivwert 91  
 Einfarbpymometer 197  
 Ein-Kolben-Kühler 180  
 Einlaufzeit 307  
 Einlernverfahren 218  
 Einstellzeit 132, 135, 307  
 Elektrode 147  
 Elektronengas 159  
 Elektronen-Loch-Paar 160  
 Emission 104  
 realer Körper 56  
 Emissionsgrad 7, 46, 58, 192, 198  
 Bestimmung 61  
 gerichteter spektraler 47  
 hemisphärischer spektraler 48  
 Emissionsgradabweichung 200  
 Emissivity-Temperature Separation 197

Empfindlichkeit 293  
 schwarze 86  
 spektrale 87  
 Empfindlichkeitsberechnung 142  
 Energieeintrag 317  
 durch Strahlung 317  
 Energiewandler 140  
 Entspiegelungsschicht 70  
 Erfassungszeit 137, 227, 307  
 Erwärmung, induktive 318  
 Exponentialterm 17  
 Extinktionskoeffizient 14, 56

**F**

Farbfehler 132  
 Feldeffekttransistor 97  
 Feldstärke, magnetische 15  
 Fernpyrometer 228  
 Fertigungstoleranz 266  
 Field of View (FOV) 116  
 Fixed-Pattern-Rauschen 287  
 Fixpunktstrahler 53, 220  
 Fläche, projizierte 41  
 Flächenelement 40  
 Flächenstrahler 50, 302  
 Flügelradchopper 232  
 Folienstrahler 54  
 Formfaktor 43  
 Fotodiode 166  
 Fotoleiter 162  
 Fotoleitergewinn 163  
 Fotowiderstand 134, 161, 162  
 Fourier-Optik 122  
 Fourier-Transformation 95, 303  
 Fraunhofer-Beugung 115, 117  
 Frequenzintervall 25  
 Fresnel-Optik 5  
 Fresnel'sche Formeln 21  
 Fresnel'sche Transmission 71, 72  
 Funkelrauschen 102

**G**

Gain 266, 285  
 Gas  
 atmosphärisches 76  
 Extinktionskoeffizient 79  
 komprimiertes 178

Gasanalyse 77  
 Gasdetektion 314  
 Gatestromrauschen 97  
 Gauß'sche Glockenkurve 92  
 Gauß'sche Normalgleichung 294  
 Gauß-Verteilung 91  
 Geisterbild 268  
 Generation-Rekombinations-Rauschen 103  
 Gerätekenwerte 85  
 Germanium 74  
 Gesamt-Emissionsgrad  
     gerichteter 47  
     hemisphärischer 48  
 Gesamttrauschen 95  
 Gesamt-Reflexionsgrad 64  
 Gesamtstrahlungs-pyrometer 198  
 Gesamttransmission einer planparallelen  
     Platte 73  
 Gesamt-Transmissionsgrad,  
     hemisphärischer 70  
 Glasp-yrometer 229  
 Glättungsoperator 277  
 Glattziehen 289  
 Gleichlichtmessung 87  
 Gleichlichtpyrometer 194  
 Gleichstrahlungsfluss 144  
 Gleichstromleitfähigkeit 57  
 Grauwert 245, 246, 264  
 Grenzfläche 19  
 Grenzwellenlänge 156, 203  
 Größe  
     empfängerseitige 24  
     senderseitige 23  
     spektrale 24  
     strahlungsfeldbezogene 22  
 Grundgesetz, fotometrisches 28, 37, 42

## H

Hagen-Rubens'sche Beziehung 57, 218  
 Halbleiter 158, 162  
     Rauschspektrum 103  
 Halbleiterwiderstand 162  
 Halbwertsbreite 78  
 Hintergrundphotonenfluss 154, 164  
 Hintergrundrauschen 104  
 Hintergrundstrahlung 142  
 Hintergrundstromrauschen 105, 107

Hintergrundtemperatur 36  
 Hinterraumstrahlung 191  
 Hochdetektivitätssensor 172  
 Hohlraumstrahler 51  
 Hotplate 54  
 Hotspottemperatur 302  
 Hybridtechnologie 168

## I

Impulsthermografie 318  
 Infrarotbolometer 96  
 Infrarot-Messtechnik 7  
 Infrarotsensor 139  
     Energieverbrauch 174  
     Sensortypen 171  
     thermischer 140  
 Infrarotstrahlung 2, 139  
     Einteilung 3  
     historische Entwicklung 8  
 Innenstrahlung 191  
 Instandhaltung, vorbeugende 315  
 Instantaneous Field of View (IFOV) 116  
 Integral-Rotary-Kühler 180  
 Intensität *siehe* Strahlstärke  
 Interferometer 6  
 IR-Detektor 9  
 IR-Wärmebildtechnik 10

## J

Jitterbewegung 253  
 Johnson-Rauschen 98  
 Joule'sche Wärme 175  
 Joule-Thomson-Koeffizient 178  
 Joule-Thomson-Kühler 177, 181  
 Justage 264, 279  
     multivariate 292  
     radiometrische 297  
     shutterlose 292

## K

Kalibrierstrahler 304  
 Kalibrierung 220, 264, 304  
     Testszenen 304  
 Kanal, optische 244  
 Kantenbildfunktion 131  
 Kennlinienkorrektur 266, 279  
 Kennlinienmessung 283

326 | *Stichwortverzeichnis*

- Kirchhoff'sches Strahlungsgesetz 27, 36
- Kleinkältemaschine 178, 182
- Kleinsignalersatzschaltung 96
- Koeffizient, thermoelektrischer 146
- Kohlendioxid-Konzentration 81
- Kombinationsmessgeräte 229
- Kontrast 260
  - thermischer 262
- Konvektion 317
- Korrekturparameter, pixelspezifische 285
- Kosinusterm 41
- Kreiskegel, gerader 38
- Kreisscheibe 45
- $k_{TC}$ -Rauschen 100
- Kühler, thermoelektrischer 175
- Kühlfinger 176, 179
- Kühlleistung 175, 180
- Kühlung der Sensoren 174
- Kühlverfahren 174
  
- L**
- Lambert-Beersches Gesetz 16
- Lambertsche Fläche 40, 72
- Lambertsches Kosinusetz 49, 65
- Lambert-Strahler 24
- Laservisier 234
- Leckstromrauschen 97
- Leistung, rauschäquivalente 106
- Leitwert, thermischer 105
- Lichtausbreitung 14
- Lichtgeschwindigkeit 14
- Lichtleiterpyrometer 228
- Lichtwellenleiterübertragung 215
- Linienkamera 248
- Lochblendendurchmesser 120
- Lock-In-Thermografie 318
  
- M**
- Materialgleichung 13
- Materialien
  - homogene 56
  - isotrope 56
  - opake 56
  - reale 57
- Maxwell'sche Gleichungen 2, 13
- Medien
  - aggressive 6
  - verlustbehaftete 16
  - verlustfreie 16
- Medizinpyrometer 229
- Mehrkanalpyrometer 197, 218
- Messfelddurchmesser 120, 225
- Messfeldmarkierung 233
- Messfleck 187, 223, 234, 263, 306
- Messfleckgröße 119, 306
- Messfleckhomogenität 217
- Messsignal 89
- Messstreckenlänge 79
- Messung
  - der wahren Temperatur 63
  - mit Referenzfläche 63
  - mit Referenzpunkt 63
  - pyrometrische 197, 235
- Messunsicherheit 220, 301
  - absolute 306
  - absolute/relative 221
- Microscan 254
- Mikrobolometer 150, 270
- Mikrobolometerarray 44, 106, 149, 250, 272
- Mikrobolometerkamera 128
- Mikrobolometerpixel 151, 271
- Mikroglühlampe 54
- Mikropyrometer 228
- Mikrowelle 318
- Miniaturstrahler 54
- Minibänder 160
- Mittelwertoperator 277
- Modulation 260
- Modulationstransferfunktion (MTF)
  - 256, 260
- Modulationsübertragungsfunktion 121
  - Definition 122
  - geometrische 126
  - Messung 131
  - optische 124
  - System-MTF 128
- Monochromator 6
  
- N**
- Nanopartikel 162
- Narcissus-Effekt 268
- Nearest Neighbor Replacement 276
- Noise-Equivalent Power (NEP) 106
- Normalkennlinie 279, 283

Normalverteilung 91  
 Nyquist-Frequenz 131  
 Nyquist-Grenzfrequenz 128  
 Nyquist-Rauschen 98  
 Nyquist-Shannon-Abtasttheorem 127

## O

Oberflächenstrahlung 191  
 Oberflächentemperatur 6, 235  
 Objekt, bewegtes 251  
 Objektstrahlung 142, 191  
 Objekttemperatur 88, 196, 198, 216  
 Öffnungswinkel 116  
 Offset 266, 285  
 Ohm'sche Verluste 99  
 Ohm'scher Widerstand 90  
 Online-Justage 279  
 Online-Thermografie 316  
 Ortsfrequenz 122, 127

## P

Peltier-Effekt 175  
 Peltier-Element 51  
 Permittivität, komplexe 18  
 Phasenwinkelthermografie 318  
 Photon 2, 22  
 Photonenstrahlung 35, 105  
     integrale 108  
 Photonenenergie 154  
 Photonensensor 85, 140, 153, 172  
     bildgebender 168  
     BLIP-Detektivität 109  
     BLIP-NETD 113  
     klassischer 154  
     quantenmechanischer 158  
     Wirkprinzipien 154  
     Zeitkonstante 134  
 Photonensensorarray 168  
 Photonensensorpixel 169  
 Piezoelektrika 147  
 PIN-Halbleiterdiode 166  
 Pixel 244, 263  
     defektes 272  
     totes 274  
 Pixelanzahl 264  
 Pixelfehler 273  
 Pixelraster 125

Pixelrauschen 287  
 Pixelsignal 281  
 Pixelspannung 285, 298  
 Planck-Gleichung 202  
 Planck-Kurve 33, 213  
 Planck'sches Strahlungsgesetz 7, 27, 28, 32,  
     46, 139, 204, 221, 257, 298  
     normierte 33  
 Planck'sches Wirkungsquantum 2  
 Poisson-Verteilung 93  
 Polarisation 16  
 Polynomkoeffizient 295  
 Polynomregression 295  
 Poynting'scher Vektor 15, 22  
 Präzisionspyrometer 196, 228  
 Punktbildfunktion 123  
 Punktstrahler 117  
 Pyrometer 62, 120, 135, 149, 187  
     Aufbau 187  
     Bauform 230  
     Baugruppen 231  
     Funktionsweise 188  
     Geräteklassen 230  
     Grundtypen 193  
     Kalibrierung 220  
     Kenngrößen 226  
     Klassifizierung 227  
     konstruktiver Aufbau 230  
     Kosten 173  
     Messgenauigkeit 228  
     Messverfahren 227  
     mit Festoptik 189  
     Temperaturmessbereich 228  
 Pyrometergleichung 192  
 Pyrometrie 1, 4, 187

## Q

Quantenpunkt 161  
     kolloidaler 162  
 Quantenpunktsensor (QDIP) 161  
 Quantentopfsensor (QWIP) 159  
 Quantentrog 159  
 Quantenwirkungsgrad 154, 159  
 Quotientenpyrometer 212, 240

328 | *Stichwortverzeichnis*

**R**

- Rangordnungsoperator 277
  - Raumwinkel 38
    - reduzierter 42, 266
  - Rauschanalyse 96
  - Rauschen 89
    - 1/ $f$ -Rauschen 101, 196
    - Berechnung 94
    - dielektrisches 99
    - Funkelrauschen 101
    - räumliches 285
    - rosa 101
    - thermisches 98
    - weißes 95, 104
  - Rauschleistungsichte 93
  - Rauschleistungsfluss 105
  - Rauschquelle 98
  - Rauschspannung 90, 97, 110, 288
    - normierte 98
  - Rauschstrom, normierter 94
  - Rayleigh-Kriterium 117, 125
  - Referenzstrahler 220, 279
  - Reflexion 26, 64
    - an dünnen dielektrischen Schichten 66
    - an Grenzflächen 65
    - gerichtete 65
  - Reflexionsgesetz 20
  - Reflexionsgrad 64, 69
  - Regenerations-Kombinations-Rauschen 164
  - Reintransmission 73
  - Reproduzierbarkeit 226
  - Rolling Frame 250, 251
- S**
- Scheinauflösung 129
  - Schicht, dünne dielektrische 66
  - Schichtstapel 160
  - Schottky-Diode 154
  - Schottky-Rauschen 100
  - Schrotrauschen 100
  - Seebeck-Effekt 140, 145
  - Seebeck-Koeffizient 145
  - Sekundärpyrometer 221
  - Sensor
    - gestaggerter 248
    - Kühlung 174
    - photonischer 170
    - pyroelektrischer 134, 141, 147
    - Strombetrieb 147
    - thermischer 107, 139, 170
      - BLIP-Detektivität 108
      - BLIP-NETD 112
      - Wirkprinzipien 140
      - Zeitkonstante 134
    - thermoelektrischer 145
  - Sensorarray 115, 244
  - Sensorausgangssignal 124
  - Sensordetektivität 108
  - Sensorelement 139
  - Sensorelement (Pixel) 44
  - Sensorfenster 145
  - Sensorik 43
  - Sensorkennwerte 85
  - Sensorrauschspannung 106
  - Sensorsignal 141
  - Sensortemperatur 176
  - Shutter 244, 250, 271
  - Shutterbild 288
  - Shutterjustage 288, 296
  - Shutterkennlinie 290
  - Shutterspannung 289
  - Sichtfenster 215
  - Siemensstern 129, 302
  - Signal, elektrisches 140
  - Signalintegration 170
  - Signal-Rausch-Abstand (SNR) 49, 107
  - Signal-Temperatur-Kennlinie 198
    - Bandstrahlungs-pyrometer 207
    - Bandstrahlungsthermobildgeräte 257
    - Spektralkamera 258
    - Spektralpyrometer 204
    - Verhältnisprometer 213
  - Signalübertragungsfunktion 88, 298
  - Signalverarbeitung 169, 190, 194
  - Signalverarbeitungsalgorithmus 291
  - Signalwert 89
  - Size-of-Source-Effekt (SSE) 223, 256, 302
  - Snapshot 251
  - Snellius'sches Brechungsgesetz 20
  - Sonnenstrahlung 237
  - Spaltbildfunktion 119
  - Spannungsbetrieb 148

- Spannungsempfindlichkeit 85, 144, 151
    - elektrische 144
    - spektraler 87
  - Spektralkamera 258, 314
  - Spektralpyrometer 197, 202
    - Temperaturabweichung 204
  - Spektrometer 6
  - Spektroskopie 2
  - Split-Rotary-Kühler 180
  - Standardpyrometer 228
  - Stefan-Boltzmann-Gesetz 28, 34, 49, 62, 88, 106, 142, 198, 260
  - Steradian 38
  - Stirling-Kühler 181
  - Stirling-Prozess 178
  - Strahlauftteilung 232
  - Strahldichte 30, 190, 202
    - normierte 208
  - Strahldichtemessung 196
  - Strahldichteverteilung 198, 319
  - Strahler
    - grauer 106, 260
    - schwarzer 25, 48, 191, 220, 304
    - thermischer 27
  - Strahlerfläche 44
  - Strahlertemperatur 302
  - Strahlstärke 23
  - Strahlung
    - elektromagnetische 1, 14, 17
    - monochromatische 87
    - thermische 2, 104, 234
    - unpolarisierte 22
  - Strahlungsanteile, parasitäre 191
  - Strahlungsbilanz 40
  - Strahlungsdetektor 153
  - Strahlungsemission 46
  - Strahlungsenergie 2
  - Strahlungsfluss 23, 85, 86, 143, 188
    - ausgetauschter 40
    - reflektierter 64
    - Temperaturkennlinie 143
  - Strahlungsflussänderung 140, 142
  - Strahlungsflusskontrast 260
  - Strahlungsgesetze 27
  - Strahlungsgröße 22
  - Strahlungskonstante 27
  - Strahlungsphysik 13
  - Strahlungspyrometer 230
  - Strahlungsquelle 4
  - Strahlungsrauschen 104, 140
  - Strahlungstemperatur 9
  - Strahlungsthermometer *siehe* Pyrometer
  - Streulicht 267
  - Strom, pyroelektrischer 147
  - Stromempfindlichkeit 85, 257
    - Photonensensoren 88
  - Stromrauschen 100
    - des Dunkelstroms 166
  - Subband 159
  - Subwindowing 255
- T**
- Tageslichtkamera 245
  - Teilbildmodus 255
  - Teildetektivität 108
  - Teilstrahlungspyrometer 196, 206
  - Temperaturabweichung 200, 205, 209
  - Temperaturänderung 140
  - Temperaturauflösung 200, 205, 263
    - Bandstrahlungsthermobildgerät 258
    - Spektralkamera 259
  - Temperaturbereich 4
  - Temperaturdifferenz 111
    - inhomogenitätsäquivalente 114
    - rauschäquivalente 110, 226
  - Temperaturrempfindlichkeit 88, 110, 299
  - Temperaturfluktuationsrauschen 105
  - Temperaturkoeffizient 222
  - Temperaturmessung 306
    - an Gläsern 239
    - an Kunststoffen 239
    - berührungslose 1, 6
    - von Flammen 239
  - Thermobild
    - radiometrisch justiertes 295
    - radiometrisches 288
  - Thermobildkamera 62, 243
    - Anwendungsgebiete 310
    - Aufbau 244
    - Bauarten 247
    - Bauform 310
    - Funktionsweise 245
    - gekühlte/ungekühlte 250

330 | *Stichwortverzeichnis*

Geräteklassen 308  
Jittern 252  
Kenngrößen 305  
Klassifikation 308  
konstruktiver Aufbau 310  
Kosten 173  
Messaufgabe 311  
Messverfahren 256, 308  
räumliche Auflösung 259  
scannende 247  
Scannersysteme 247  
starrende 249  
Temperaturmessbereich 308  
Wellenlängenbereich 308  
Thermodiffusionsstrom 145  
Thermografie 1, 4, 243  
  aktive 317  
  Auswertemethoden 318  
  IFOV 119  
  passive 315  
Thermokamera 11  
Thermokraft 145  
Thermopaare 146  
Thermosäule 146  
Thermospannung 145  
Thermoszene 244, 247, 263, 304, 306  
THz-Technik 3  
Toleranzband 223  
Transfermatrix 67  
Transferpyrometer 221, 228  
Transimpedanzverstärker 152, 169  
Transmission 26, 70, 192  
  der Atmosphäre 75  
  von Körpern 71  
Transmissionsgrad 20, 21, 70, 192  
Transmissionsverluste 194  
Transversalwellen 14  
Tunneleffekt 158

**U**

Übergitter 158, 160  
Übergittersensoren (T2SL) 160  
Übertragungsfunktion 123  
  optische 122  
Übertragungsstrecke 4, 192, 215  
Ultraschall 318  
Umfeldfaktor 222, 223

Umgebungsstrahlung 142  
Umgebungstemperatur 62, 192, 216,  
  222, 302  
Umgebungstemperaturstrahlung 191  
Ungleichförmigkeit 265, 297, 301, 307  
  Korrektur 279  
Universalpyrometer 228

**V**

Vergleichsstrahler 231  
Vergleichsstrahlertemperatur 196  
Verhältnispyrometer 197, 212  
  Emissionsgradeinfluss 213  
  Temperaturauflösung 218  
  Übertragungsstrecke 215  
  Umgebungstemperatur 216  
Verhältnistemperatur 217  
Verlustleistungsdichte 19  
Verlustwiderstand 99  
  dielektrischer 148  
Verzeichnung 268  
Volumenstrahlung 191

**W**

Wahrscheinlichkeitsdichte 93  
Wärmebildgerät 243  
Wärmebildtechnik 243  
Wärmefluss-Thermografie 317  
Wärmekapazität 134  
Wärmeleitung 317  
Wärmestrahlung 1, 10  
Wärmestrom 175  
Wasserdampf 80  
Wechsellichtmessung 87  
Wechsellichtpyrometer 194, 231, 288  
Wechselstromleitfähigkeit 18  
Welle  
  elektromagnetische 17  
  inzidente 19  
  p-polarisierte 16  
  s-polarisierte 16  
  transmittierte 20  
Wellenlänge  
  effektive 202, 207  
Wellenlängenbereich 34, 235  
Wellenlängenintervall 24  
Wellenzahl 2

Welle-Teilchen-Dualismus 2  
Widerstandsbolometer 150  
Widerstandsrauschen 98  
Wiener-Chinchine-Theorem 95  
Wien'sche Näherung 31, 203  
Wien'sches Verschiebungsgesetz 28, 32

## **Z**

Zeilenkamera 248  
Zeitkonstante 133  
    bei thermischen Sensoren 134  
    von Photonensensoren 134  
Zweifarbpyrometer 197  
Zwei-Punkt-Gradient 277  
Zweipunktkorrektur 281









