

**Ulrich Paasch**

# **MatheMedien**

**Fachbezogene Mathematik**

**für das Berufsfeld Medien/Drucktechnik**

**Verlag Beruf und Schule**

Verlag, Herausgeber und Verfasser weisen darauf hin, dass die in diesem Buch genannten Markennamen und Produktbezeichnungen in der Regel patent- und warenrechtlichem Schutz unterliegen.

Die Veröffentlichung aller Informationen und Abbildungen geschieht mit größter Sorgfalt. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Autor, Herausgeber und Verlag übernehmen für möglicherweise fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung. Sie sind jedoch dankbar für jeden Verbesserungsvorschlag.

## **Vierte, erweiterte und überarbeitete Auflage, 2004**

Alle Rechte vorbehalten

Herausgeber: Roland Golpon

© 1999, 2000, 2002 und 2004 by Verlag Beruf und Schule, Postfach 2008, D-25510 Itzehoe

[www.vbus.de](http://www.vbus.de), [www.verlag\\_beruf\\_schule.de](http://www.verlag_beruf_schule.de)

Druck: Druckhaus „Thomas Müntzer“ GmbH, D-99947 Bad Langensalza

**ISBN 3-88013-646-7**

## Vorwort

Zuerst einige Hinweise für die Arbeit mit diesem Buch: Das erste Kapitel liefert mathematische Grundlagen – wer sich hier halbwegs sicher fühlt, sollte es zunächst überspringen und nötigenfalls beim Durcharbeiten fachbezogener Abschnitte zurückblättern. Viele Sachgebiete verlangen gar keine umfangreichen mathematischen Kenntnisse; Grundrechenarten, Dreisatz- und Prozentrechnung reichen oft aus.

Wo immer es möglich und sinnvoll ist, zeigt dieses Buch zwei Lösungswege auf: Zuerst werden Beispiele in kurzen, mathematisch möglichst einfachen Schritten erklärt und durchgerechnet. Für alle, die lieber mit Formeln arbeiten, folgt dann die mathematisch formalisierte Darstellung. Ein Tipp: Versuchen Sie bitte nicht, möglichst viele Formeln auswendig zu lernen. Wird irgendwann eine bestimmte Formel gebraucht, haben Sie gerade diese wahrscheinlich vergessen. Wenn Sie aber den fachlichen Hintergrund einer Aufgabenstellung verstanden haben, können Sie den Lösungsweg, ausreichende mathematische Grundkenntnisse vorausgesetzt, jederzeit selbst entwickeln.

Beim Durcharbeiten der Übungsaufgaben kann durchweg auf die in den Beispielen erläuterten Lösungswege zurückgegriffen werden. Das gilt allerdings nicht für die Übungsaufgaben mit erhöhtem Schwierigkeitsgrad: Dort ist häufig die Fertigkeit gefragt, selbst einen geeigneten Lösungsweg zu finden.

Fachbezogene Mathematik soll kein Selbstzweck sein. Teils gehört sie zur alltäglichen beruflichen Arbeit: Höhe und Breite des Satzspiegels, Format und Aufteilung des Druckbogens, Größen oder Reproduktionsmaßstäbe von Bildern und vieles mehr werden rechnerisch bestimmt. Andere Fragestellungen sind etwas theoretischer: Dort geht es um das Verstehen von technologischen oder physikalischen Zusammenhängen, also um berufliches Hintergrundwissen.

Die Sachgebiete und Fragestellungen in diesem Buch orientieren sich an Ausbildungsordnungen, Rahmenlehrplänen und Prüfungsanforderungen des Berufsfelds Medien/Drucktechnik. Es enthält aber auch darüber hinausgehende Themen, die in der beruflichen Praxis von Interesse sein können oder geeignet erscheinen, fachliches Hintergrundwissen zu vermitteln.

Für die vierte Auflage wurde das Buch gründlich durchgesehen, teilweise überarbeitet und um einige Abschnitte ergänzt. Trotz aller Sorgfalt und Mühe seitens Verfasser, Herausgeber und Verlag, gibt es aber – wie bei jedem Buch – keine Garantie auf absolute Vollständigkeit und hundertprozentige Fehlerfreiheit. Verbesserungsvorschläge werden deshalb dankbar entgegengenommen.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Mathematische Grundlagen</b>	<b>15</b>
1.1	Grundrechenarten	15
1.1.1	Terminologie	15
1.1.2	Kommutativgesetze	16
1.1.3	Reihenfolge der Rechenarten	16
1.1.4	Klammern	16
1.1.5	Positive und negative Zahlen	18
1.1.6	Die Zahl Null	19
1.1.7	Übungsaufgaben zu Abschnitt 1.1	20
1.2	Rechnen mit gebrochenen Zahlen	21
1.2.1	Gemeine Brüche	21
1.2.2	Grundrechenarten mit gemeinen Brüchen	21
1.2.3	Kürzen von gemeinen Brüchen	22
1.2.4	Dezimalbrüche	23
1.2.5	Runden von Dezimalbrüchen	24
1.2.6	Übungsaufgaben zu Abschnitt 1.2	26
1.3	Höhere Rechenarten	27
1.3.1	Potenzen mit ganzzahligen Exponenten	27
1.3.2	Wurzeln	28
1.3.3	Potenzen mit gebrochenen Exponenten	29
1.3.4	Logarithmen	30
1.3.5	Exkurs: Logarithmen im Kopf	32
1.3.6	Reihenfolge der Rechenarten	32
1.3.7	Übungsaufgaben zu Abschnitt 1.3	33
1.4	Zahlen und Zahlensysteme	35
1.4.1	Natürliche, ganze, rationale und irrationale Zahlen	35
1.4.2	Zahlensysteme: dezimal, binär, hexadezimal	36
1.4.3	Umwandlung binär – dezimal	37
1.4.4	Umwandlung hexadezimal – dezimal	38
1.4.5	Umwandlung binär – hexadezimal	39
1.4.6	Römische Zahlen	40
1.4.7	Übungsaufgaben zu Abschnitt 1.4	42
1.5	Größen und Einheiten	43
1.5.1	Rechnen mit Größen	43
1.5.2	SI-Basiseinheiten und abgeleitete Einheiten	44
1.5.3	Metrische Längen-, Flächen- und Volumeneinheiten	46
1.5.4	Nichtmetrische Längeneinheiten	47
1.5.5	Zeiteinheiten	47
1.5.6	Umdrehungszahl, Frequenz, Auflösung	48
1.5.7	Bits und Bytes	50
1.5.8	Übungsaufgaben zu Abschnitt 1.5	51
1.6	Rechnen mit Variablen, Gleichungen, Funktionen	52

1.6.1	Rechnen mit Variablen	52
1.6.2	Lösung von linearen Gleichungen	54
1.6.3	Lösung von quadratischen Gleichungen	56
1.6.4	Umformulieren von Gleichungen mit Variablen	58
1.6.5	Funktionen, Koordinatensystem	60
1.6.6	Übungsaufgaben zu Abschnitt 1.6	62
1.7	Dreisatz- und Prozentrechnen	64
1.7.1	Verhältnisgleichungen	64
1.7.2	Schematische Dreisatzrechnung	65
1.7.3	Prozentrechnen	66
1.7.4	Übungsaufgaben zu Abschnitt 1.7	68
1.8	Geometrie	70
1.8.1	Flächen- und Volumenberechnungen	70
1.8.2	Formeln für ebene geometrische Körper	70
1.8.3	Formeln für räumliche geometrische Körper	72
1.8.4	Satz des Pythagoras	73
1.8.5	Ebene Winkel	74
1.8.6	Winkelfunktionen	75
1.8.7	Raumwinkel	79
1.8.8	Übungsaufgaben zu Abschnitt 1.8	80
1.9	Mittelwerte	82
1.9.1	Arithmetisches und geometrisches Mittel	82
1.9.2	Zentralwert	82
1.9.3	Übungsaufgaben zu Abschnitt 1.9	83
1.10	Taschenrechner	84
1.10.1	Allgemeines	84
1.10.2	Rechnen mit einfachen Taschenrechnern	85
1.10.3	Taschenrechner mit algebraischer Eingabe	85
1.10.4	Die Prozenttaste	87
1.10.5	Speicher	87
1.10.6	Rechengenauigkeit, Anzeige und Rundung	88
1.10.7	Exponentialanzeige	89
<b>2</b>	<b>Schriftsatz und Seitengestaltung</b>	<b>91</b>
2.1	Typografische Einheitensysteme	91
2.1.1	PostScript, Pica und Didot	91
2.1.2	Umwandlung innerhalb typografischer Einheitensysteme	92
2.1.3	Umwandlung typografischer in metrische Einheiten	92
2.1.4	Umwandlung metrischer in typografische Einheiten	93
2.1.5	Geviert	94
2.1.6	Übungsaufgaben zu Abschnitt 2.1	94
2.2	Größe und Raumbedarf der Schrift	95
2.2.1	Vertikaler Raumbedarf und Zeilenabstand	95
2.2.2	Satzhöhe	96

2.2.3	Zeilen und Zeilenabstand bei vorgegebener Satzhöhe	97
2.2.4	Laufweite und Zeilenbreite	98
2.2.5	Übungsaufgaben zu Abschnitt 2.2	99
2.3	Teilungsverhältnisse und Formate	101
2.3.1	Goldener Schnitt	101
2.3.2	Formatberechnung nach vorgegebenem Seitenverhältnis	102
2.3.3	Seitenformat und Satzspiegel als ähnliche Rechtecke	103
2.3.4	Satzspiegel und Ränder: Teilungsmethode	104
2.3.5	Verteilung der Formatränder	105
2.3.6	Übungsaufgaben zu Abschnitt 2.3	106
2.4	Manuskript- und Satzumfang	107
2.4.1	Vorbemerkung	107
2.4.2	Manuskriptumfang	107
2.4.3	Werkumfang	108
2.4.4	Umfang bei mehrspaltigem Satz	109
2.4.5	Werkumfang bei verändertem Umbruch	110
2.4.6	Übungsaufgaben zu Abschnitt 2.4	110
2.5	Tabellensatz	113
2.5.1	Terminologie	113
2.5.2	Spalten- und Tabellenbreite	114
2.5.3	Spaltenbreite bei vorgegebener Tabellenbreite	115
2.5.4	Tabellenhöhe	116
2.5.5	Übungsaufgaben zu Abschnitt 2.5	119

### **3 Bild, Video und Audio 122**

3.1	Maßstabs- und Bildgrößenberechnungen	122
3.1.1	Allgemeines	122
3.1.2	Prozentualer Maßstab	123
3.1.3	Numerischer Maßstab	124
3.1.4	Abbildungsverhältnis	124
3.1.5	Proportionalität von Breite und Höhe	125
3.1.6	Verändertes Seitenverhältnis: Wegfall oder Ergänzung	126
3.1.7	Nochmals: Wegfall oder Ergänzung	129
3.1.8	Maßstabsrechnen nach Layout	131
3.1.9	Übungsaufgaben zu Abschnitt 3.1	132
3.2	Digitale Bilderfassung	136
3.2.1	Rechnen mit Auflösungen	136
3.2.2	Umwandlung von Auflösungen	137
3.2.3	Pixelauflösung und Detailauflösung digitaler Bilder	137
3.2.4	Auflösung digitaler Bilder für den Druck	137
3.2.5	Scanning-Auflösung für den Druck	139
3.2.6	Maximale Vergrößerung beim Scannen	140
3.2.7	Bild- und Scanning-Auflösung für Web und Multimedia	141
3.2.8	Auflösung, Größe und Skalierung digitaler Bilder	142

3.2.9	Abtastgeschwindigkeit und Abtastzeit	144
3.2.10	Pixelgröße und Abtastpunktgröße des Trommelscanners	145
3.2.11	Übungsaufgaben zu Abschnitt 3.2	146
3.3	Bilddaten	149
3.3.1	Datentiefe und Farbtiefe	149
3.3.2	Datenmenge	150
3.3.3	Dateigröße und Speicherplatzbedarf	151
3.3.4	Dateiumfang nach Vergleichsdatei mit gleicher Auflösung	153
3.3.5	Dateiumfang nach Vergleichsdatei mit gleicher Bildgröße	153
3.3.6	Übungsaufgaben zu Abschnitt 3.3	154
3.4	Datenkompression	157
3.4.1	Kompressionsfaktor, -verhältnis und -rate	157
3.4.2	Komprimierte Dateigröße	159
3.4.3	Übungsaufgaben zu Abschnitt 3.4	160
3.5	Video und Audio	162
3.5.1	Dateigröße Video	162
3.5.2	Dateigröße Audio	163
3.5.3	Datenrate	164
3.5.4	Übungsaufgaben zu Abschnitt 3.5	165
3.6	Datenübertragung	166
3.6.1	Übertragungsrates und Übertragungszeit	166
3.6.2	Kompression	167
3.6.3	Übertragungskosten	169
3.6.4	Übungsaufgaben zu Abschnitt 3.6	170
3.7	Gammafehler und Gammakorrektur	172
3.7.1	Grundlagen	172
3.7.2	Gammakorrektur	173
3.7.3	Ermittlung des Gammafehlers	174
3.7.4	Tonwertkorrektur in Bildbearbeitungsprogrammen	175
3.7.5	Übungsaufgaben zu Abschnitt 3.7	176

#### **4 Datenausgabe und Druckformherstellung 178**

4.1	Vorbemerkung: Auflösungen	178
4.2	Rasterberechnungen	178
4.2.1	Rasterfrequenz, Rasterkonstante und Rasterzelle	178
4.2.2	Fläche und Flächendeckungsgrad des Rasterpunkts	180
4.2.3	Rasterprojektionen	182
4.2.4	Übungsaufgaben zu Abschnitt 4.2	183
4.3	Film- und Computer-to-Plate-Belichter, Drucker	185
4.3.1	Auflösung und Recorderelement	185
4.3.2	Rasterfrequenz und Rasterzelle	186
4.3.3	Tonwertstufen	188
4.3.4	Spotgröße	190
4.3.5	Aufzeichnungsgeschwindigkeit	192

4.3.6	Aufzeichnungszeit	194
4.3.7	Übungsaufgaben zu Abschnitt 4.3	196
4.4	Fotografisches Material	199
4.4.1	Vorbemerkung	199
4.4.2	Verarbeitungszeit	199
4.4.3	Entwicklungszeit	200
4.4.4	Chemikalienverbrauch	201
4.4.5	Übungsaufgaben zu Abschnitt 4.4	202
4.5	Monitor	204
4.5.1	Bildgröße	204
4.5.2	Horizontal- und Vertikalfrequenz	205
4.5.3	Größe des Monitorbilds und Zoomfaktor	206
4.5.4	Übungsaufgaben zu Abschnitt 4.5	208

## **5 Papier 210**

5.1	DIN-Formate	210
5.1.1	Endformate und Rohbogenformate	210
5.1.2	Nutzenberechnung mit DIN-Formaten	212
5.1.3	Masseberechnungen mit DIN-Formaten	212
5.1.4	Übungsaufgaben zu Abschnitt 5.1	213
5.2	Nutzen- und Bogenberechnungen	214
5.2.1	Nutzenberechnung ohne Vorgabe der Nutzenstellung	214
5.2.2	Ausnutzen von Reststreifen	215
5.2.3	Nutzenberechnung bei vorgegebener Laufrichtung	216
5.2.4	Mehrseitige Drucksachen	217
5.2.5	Greiferrand, Druckkontrollleiste und Beschnitt	218
5.2.6	Bogenberechnung	220
5.2.7	Übungsaufgaben zu Abschnitt 5.2	220
5.3	Masse und Dicke des Papiers	222
5.3.1	Flächenmasse und Bogenmasse	222
5.3.2	Tausend-Bogen-Masse	222
5.3.3	Dicke und spezifisches Volumen	223
5.3.4	Übungsaufgaben zu Abschnitt 5.3	225
5.4	Papierbedarf und -preis	227
5.4.1	Papierbedarf	227
5.4.2	Papierpreis	228
5.4.3	Übungsaufgaben zu Abschnitt 5.4	229
5.5	Rollenberechnungen	231
5.5.1	Masse und Länge von Papierrollen	231
5.5.2	Rollendurchmesser und Rollenlänge	232
5.5.3	Übungsaufgaben zu Abschnitt 5.5	233
5.6	Luftfeuchte	235
5.6.1	Vorbemerkung	235
5.6.2	Absolute und relative Luftfeuchte	235

- 5.6.3 Temperatur und relative Luftfeuchte 236
- 5.6.4 Kondensation 237
- 5.6.5 Übungsaufgaben zu Abschnitt 5.6 238

## **6 Drucktechnik 239**

- 6.1 Maschinenleistung und Druckzeit 239
  - 6.1.1 Zylinderumdrehungen und Druckgeschwindigkeit 239
  - 6.1.2 Maschinenleistung in Druck, Bogen, Seiten pro Stunde 240
  - 6.1.3 Druckzeiten 241
  - 6.1.4 Übungsaufgaben zu Abschnitt 6.1 242
- 6.2 Zylinderabwicklung im Offsetdruck 244
  - 6.2.1 Grundlagen 244
  - 6.2.2 Berechnung der Druckbildlängenänderung 246
  - 6.2.3 Berechnung der Aufzugsänderung 248
  - 6.2.4 Berechnungen mit dem Umspannungswinkel 249
  - 6.2.5 Überschlägige Berechnungen 251
  - 6.2.6 Übungsaufgaben zu Abschnitt 6.2 252
- 6.3 Kraftübertragung 254
  - 6.3.1 Einfache Getriebe 254
  - 6.3.2 Getriebe mit Mehrfachübersetzung 256
  - 6.3.3 Übersetzungsverhältnis einfacher Getriebe 258
  - 6.3.4 Übersetzungsverhältnis bei Mehrfachübersetzung 259
  - 6.3.5 Übungsaufgaben zu Abschnitt 6.3 260
- 6.4 Druckfarbe 263
  - 6.4.1 Mischen von Druckfarbe 263
  - 6.4.2 Druckfarbenverbrauch: Offset- und Siebdruck 264
  - 6.4.3 Druckfarbenverbrauch: Rakeltiefdruck 265
  - 6.4.4 Übungsaufgaben zu Abschnitt 6.4 267

## **7 Messen und Prüfen 269**

- 7.1 Fotometrie (Lichtmessung) 269
  - 7.1.1 Fotometrische Größen und Einheiten 269
  - 7.1.2 Lichtstrom 270
  - 7.1.3 Beleuchtungsstärke, fotometrisches Entfernungsgesetz 271
  - 7.1.4 Beleuchtungsstärke bei schrägem Lichteinfall 274
  - 7.1.5 Belichtung und Bestrahlung 275
  - 7.1.6 Leuchtdichte 277
  - 7.1.7 Übungsaufgaben zu Abschnitt 7.1 278
- 7.2 Grundlagen der Densitometrie 281
  - 7.2.1 Transmissionsfaktor und Reflexionsfaktor 281
  - 7.2.2 Dichte 282
  - 7.2.3 Densitometer 284
  - 7.2.4 Dichteumfang und Kontrastverhältnis 285
  - 7.2.5 Addition von Dichten 287

7.2.6	Dynamikumfang	287
7.2.7	Übungsaufgaben zu Abschnitt 7.2	289
7.3	Densitometrie in Vorstufe und Druck	291
7.3.1	Rastertonwert im Film	291
7.3.2	Rastertonwert im Druck (Murray-Davies-Formel)	293
7.3.3	Tonwertzunahme im Druck und Druckkennlinie	295
7.3.4	Relativer Druckkontrast	296
7.3.5	Messfeldgröße bei integraler Messung	297
7.3.6	Übungsaufgaben zu Abschnitt 7.3	298
7.4	Farbmetrik	300
7.4.1	Vorbemerkung und Einführung	300
7.4.2	Das CIELAB-System	301
7.4.3	Buntheit und Buntton	302
7.4.4	CIELAB-Farbabstand	304
7.4.5	Helligkeits-, Buntheits- und Bunttonbeitrag	305
7.4.6	Nochmals: CIELAB-Farbabstand und Beiträge	307
7.4.7	Farbabstand CIE-1994	308
7.4.8	Übungsaufgaben zu Abschnitt 7.4	309
7.5	Standardisierung des Offsetdrucks	311
7.5.1	Soll-Werte und Abweichungstoleranzen	311
7.5.2	Schwankungstoleranzen	312
7.5.3	Stichprobengröße und Aussagesicherheit	313
7.5.4	Übungsaufgaben zu Abschnitt 7.5	314
7.6	Schall	316
7.6.1	Schalldruck, Schallintensität und Schallpegel	316
7.6.2	Lautstärkepegel, bewerteter Schallpegel und Lautheit	317
7.6.3	Übungsaufgaben zu Abschnitt 7.6	319

## **8 Optik und Fotografie 320**

8.1	Refraktion und Reflexion	320
8.1.1	Refraktion (Lichtbrechung)	320
8.1.2	Teilreflexion	321
8.1.3	Totalreflexion	322
8.1.4	Übungsaufgaben zu Abschnitt 8.1	323
8.2	Linsen und Bilder	324
8.2.1	Brennweite und Brechwert	324
8.2.2	Reelle Bilder	325
8.2.3	Normalbrennweite, Vergleichsbrennweite, Brennweitenverlängerung	328
8.2.4	Übungsaufgaben zu Abschnitt 8.2	330
8.3	Blende, Belichtung, Schärfentiefe	332
8.3.1	Wirksame Blendenöffnung und Blendenzahl	332
8.3.2	Blende und Belichtung	333
8.3.3	Bildweite, Abbildungsfaktor und Belichtungszeit	334
8.3.4	Schärfentiefe	336

8.3.5	Übungsaufgaben zu Abschnitt 8.3	340
8.4	Eigenschaften fotografischer Materialien	342
8.4.1	Allgemeinempfindlichkeit	342
8.4.2	Gradation	344
8.4.3	Übungsaufgaben zu Abschnitt 8.4	347
<b>9</b>	<b>Energie</b>	<b>348</b>
9.1	Elektrizität	348
9.1.1	Spannung, Stromstärke, Widerstand	348
9.1.2	Elektrische Leistung und elektrische Arbeit	349
9.1.3	Stromverbrauch und -kosten	350
9.2	Erdgas	351
9.3	Übungsaufgaben zu Abschnitt 9	352
<b>10</b>	<b>Geld</b>	<b>354</b>
10.1	Preisberechnung	354
10.1.1	Rabatt, Mehrwertsteuer, Skonto	354
10.1.2	Anzeigenpreis	356
10.1.3	Übungsaufgaben zu Abschnitt 10.1	357
10.2	Arbeitsentgelt	359
10.2.1	Vorbemerkung	359
10.2.2	Lohn	359
10.2.3	Gehalt und Monatslohn	362
10.2.4	Übungsaufgaben zu Abschnitt 10.2	363
10.3	Zins- und Währungsrechnen	364
10.3.1	Zins	364
10.3.2	Zinseszins	365
10.3.3	Euro und Deutsche Mark	365
10.3.4	Andere Währungen	366
10.3.5	Übungsaufgaben zu Abschnitt 10.3	367
<b>11</b>	<b>Anhang</b>	<b>369</b>
	Tabelle 11-1: Mathematische Zeichen	369
	Tabelle 11-2: Wichtige Rechenregeln	370
	Tabelle 11-3: Griechische Buchstaben	373
	Tabelle 11-4: Physikalische Größen und Einheiten	374
	Tabelle 11-5: Formate für Geschäftsdrucksachen, Zeitungen und Plakate	376
	Tabelle 11-6: ISO-Codes einiger Währungen	377
	<b>Register</b>	<b>378</b>