

## Bezeichnungen

$A$	Fläche, Querschnittsfläche
$a$	Beschleunigung, Schallgeschwindigkeit
$B, b$	Breite
$c_f$	Reibungsbeiwert
$c_p$	spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck, Druckbeiwert
$c_v$	spezifische Wärmekapazität bei konstantem Volumen
$c_w$	Widerstandsbeiwert
$c$	Geschwindigkeit in Stromfadenrichtung
$D, d$	Durchmesser, Länge
$e$	spezifische innere Energie
$F$	Kraft
$f$	Frequenz
$F_A$	Auftriebskraft
$F_D$	Druckkraft
$F_I$	Impulskraft
$Fr$	Froude-Zahl
$G$	Gewichtskraft
$g$	Erdbeschleunigung
$H$	Höhe
$h$	Höhe, spezifische Enthalpie
$J$	Flächenträgheitsmoment
$k_s$	mittlere Sandkornrauigkeit
$M$	Mach-Zahl, Moment
$m$	Masse
$M_I$	Impulsmoment
$\dot{m}$	Massenstrom
$n$	polytropen Exponent
$\mathbf{n}$	Normalenvektor
$p$	Druck
$Pr$	Prandtl-Zahl
$Q$	Quellstärke, Senkenstärke
$R$	Radius, spezifische Gaskonstante
$r$	Radius
$Re$	Reynolds-Zahl
$s$	spezifische Entropie, Stromfadenkoordinate, Spaltbreite
$Str$	Strouhal-Zahl
$T$	Temperatur, Periodendauer
$t$	Zeit

$V$	Volumen
$\dot{V}$	Volumenstrom
$X$	Dampfgehalt
$x$	kartesische Koordinate
$y$	kartesische Koordinate
$z$	kartesische Koordinate
$U$	Anströmgeschwindigkeit, Geschwindigkeit eines Körpers in $x$ -Richtung
$u$	Geschwindigkeitskomponente in $x$ -Richtung
$V$	Anströmgeschwindigkeit, Geschwindigkeit eines Körpers in $y$ -Richtung
$v$	Geschwindigkeitskomponente in $y$ -Richtung
$\mathbf{v}$	Geschwindigkeitsvektor
$W$	Anströmgeschwindigkeit, Geschwindigkeit eines Körpers in $z$ -Richtung, Widerstand
$w$	Geschwindigkeitskomponente in $z$ -Richtung
$\alpha$	Winkel
$\Delta$	Dicke der viskosen Unterschicht
$\Delta l$	spezifische Arbeit
$\Delta p_v$	Druckverlust
$\delta$	Grenzschichtdicke
$\epsilon$	Dissipationsrate
$\Gamma$	Wirbelstärke, Zirkulation
$\kappa$	Verhältnis der spezifischen Wärmen, Isentropenexponent
$L$	Länge, Leistung
$l$	Länge, Mischungsweglänge
$\lambda$	Verlustbeiwert, Wärmeleitfähigkeit
$\mu$	dynamische Zähigkeit
$\mu_t$	turbulente Zähigkeit
$\nu$	kinematische Zähigkeit
$\Phi$	Potentialfunktion
$\phi$	Störpotential
$\Psi$	Dissipationsfunktion, Stromfunktion
$\sigma$	Oberflächenspannung, Normalspannung
$\rho$	Dichte
$\tau$	Schubspannung, charakteristische Zeit
$\tau_w$	Wandschubspannung
$\theta$	Winkel
$\omega$	Drehung, Winkelgeschwindigkeit
$\varphi$	Winkel
$\zeta$	Verlustkoeffizient

---

'	Schwankungsgröße, Störgröße
"	massengemittelte Schwankungsgröße
*	kritische Größe, dimensionslose Größe
^	Wellenamplitude
-	zeitlich gemittelte Größe
~	zeitlich massengemittelte Größe
∞	Anströmgröße

## Ausgewählte Literatur

### Strömungsmechanik Lehrbücher

- G. K. Batchelor.* An Introduction to Fluid Dynamics. Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- H. Oertel jr.* Introduction to Fluid Mechanics. Vieweg-Verlag, Braunschweig, Wiesbaden, 2001.
- H. Oertel jr., M. Böhle.* Strömungsmechanik - Methoden und Phänomene. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1995.
- H. Oertel jr., M. Böhle.* Strömungsmechanik. 2. Auflage, Vieweg-Verlag, Braunschweig, Wiesbaden, 2002.
- H. Oertel jr., E. Laurien.* Numerische Strömungsmechanik. 2. Auflage, Vieweg-Verlag, Braunschweig, Wiesbaden, 2002.
- H. Oertel jr., J. Delfs.* Strömungsmechanische Instabilitäten. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1996.
- L. Prandtl, H. Oertel jr., ed.* Prandtl - Führer durch die Strömungslehre. 11. Auflage, Vieweg-Verlag, Braunschweig, Wiesbaden, 2002.
- L. Prandtl, H. Oertel jr.* Essentials of Fluid Mechanics.. 10. edition, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2003.
- H. Schlichting, K. Gersten.* Grenzschicht-Theorie. 9. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1997.
- H. Schlichting, K. Gersten.* Boundary Layer Theory. 8. edition, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2000.
- J. H. Spurk.* Strömungslehre. 4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1996.
- J. H. Spurk.* Fluid Mechanics. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1997.

### Strömungsmechanik Übungsbücher

- H. Oertel jr., M. Böhle.* Übungsbuch Strömungsmechanik. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1993.
- H. Oertel jr., M. Böhle, U. Dohrmann.* Übungsbuch Strömungsmechanik. 3. Auflage, Vieweg-Verlag, Braunschweig, Wiesbaden, 2001.
- J. H. Spurk.* Aufgaben zur Strömungslehre. 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1996.

## Sachwortverzeichnis

- $k - \epsilon$ -Turbulenzmodell, 190, 191  
 Ähnlichkeitsgesetz, 145, 146  
 Aerodynamik, 32, 301  
 Aerostatik, 11, 24, 301  
 Akustik-Gleichung, 245, 247  
 Anfangs-Randwertproblem, 266, 284  
 Anfangsbedingung, 35, 37, 42, 43,  
     204, 205, 266, 279,  
     282–285, 288, 289  
 Ansatzfunktion, 262, 263, 267–273  
 Anstellwinkel, 4, 5, 212  
 Approximation, 267, 269, 276, 277,  
     280  
 Atmosphäre, 12, 24, 25, 28–31, 66,  
     72, 74, 97, 124, 128  
     isotherme, 24–27  
     polytrope, 24, 26, 28, 29  
 Atmosphärendruck, 15, 66, 67, 74,  
     125, 131  
 Außenströmung, 3, 8, 54, 65, 95, 201,  
     210, 227  
 Auftriebsbeiwert, 212  
 Auftriebskraft, 15, 16, 22–24, 27, 29,  
     214  
 Ausfluss, 48, 51, 125  
 Austrittsverlust, 131  
 Baldwin-Lomax-Turbulenzmodell,  
     189  
 Bernoulli-Gleichung, 55, 63, 98, 108,  
     110, 112, 123, 127, 130,  
     131, 133, 135, 206, 248, 249  
     inkompressible Strömung, 44,  
     45, 47–49, 51, 57, 58, 60,  
     67, 96, 99, 124, 128, 130,  
     132, 226, 230, 232  
     instationäre Strömung, 46, 49,  
     51  
     kompressible Strömung, 65  
     stationäre Strömung, 48, 65  
 Blasius, 200  
 Blasius-Formel, 80, 198, 200  
 Blasius-Gleichung, 203  
 Boussinesq-Annahme, 83, 84, 187,  
     188, 190, 191  
 Boussinesq-Gleichungen, 251  
 Charakteristik, 287  
     linksläufige, 211, 213, 216  
     rechtsläufige, 211, 213  
 Couette-Strömung, 92  
 Düsenströmung, 69, 70, 72, 224  
 Dampfdruck, 130  
 Deltaflügel, 259, 260  
 Differenzen-Methode, 276, 278, 282,  
     284, 304  
 Differenzenquotient, 276–278, 280,  
     284  
 Diffusor, 51, 52  
 Dimensionsanalyse, 2, 237, 304  
 Dipolströmung, 227, 228, 231  
 Dissipationsfunktion, 193  
 Drehimpulssatz, 114–116, 118, 120,  
     122, 302  
 Drehtisch, 22, 23  
 Drehung, 32  
 Drehungsfreiheit, 155, 156, 218  
 Druck, statischer, 5, 8, 9, 70, 75, 104,  
     159, 260  
 Druckabfall, 10  
 Druckbeiwert, 4, 5, 62, 63, 210, 212,  
     213, 215, 228, 230, 248, 250  
 Druckgradient, 159, 161, 162,  
     164–166, 168, 175, 176,  
     206, 207, 256

- Druckkraft, 13, 14, 54, 98, 100, 102,  
104, 110, 113, 148, 168,  
216, 233
- Druckstörung, 245
- Druckverhältnis, 67, 69  
kritisches, 67
- Druckverlust, 101, 127
- Druckverteilung, 214, 215, 225–227,  
230, 232, 233
- Druckwiderstand, 62, 91, 148, 149
- DuFort-Frankel-Methode, 280, 282,  
283
- Eckenströmung, 219
- Eigenfrequenz, 150
- Eigenfunktion, 257
- Eigenwert, 257
- Eigenwertproblem, 256, 257
- Einlaufströmung, 101
- Einlaufverlust, 130, 131, 134
- Energiegleichung, 192, 193, 195, 197,  
208, 209, 251, 252, 303
- Energiesatz, 71
- Energiezufuhr, 60, 131
- Euler-Gleichung, 245, 246, 293, 294
- Fehler, 264, 276, 277  
numerischer, 209, 276, 281
- Flüssigkeitsschicht, 251
- Flüssigkeitsstrahl, 111
- Fokus, 259, 261
- Freistrah, 56, 59
- Freistrahling, 57, 58, 61
- Froude-Zahl, 242
- Galerkin-Methode, 262, 266–269,  
271–273, 278, 304
- Gas, ideales, 25, 30, 31, 75, 77, 156,  
208, 249
- Gasgleichung, ideale, 67, 71, 72, 77,  
128, 157
- Gaskonstante, spezifische, 24, 29, 66,  
69, 75, 249
- Gasströmung, 9, 10, 66
- Gesamtdruck, 69, 70, 72–74, 78, 79
- Gesamtwiderstand, 81, 90–92, 148,  
149
- Goldstein-Regel, 260, 261
- Grenzschichtdicke, 86, 87, 103, 107,  
198, 200, 243
- Grenzschichtgleichung, 2, 198, 201,  
202, 206, 207, 303
- Grenzschichtprofil, 3, 88, 200
- Grenzschichtströmung, laminar, 207
- Haftbedingung, 8, 160, 163, 164, 175,  
193, 201, 205
- Halbkörper, 220
- Halbsattel, 259, 261
- Hydraulisch glatt, 126, 128, 129, 137
- Hydrodynamik, 32, 301
- Hydrostatik, 11, 301
- Impulsleichung, 94, 96, 100, 183,  
190, 251, 252
- Impulskraft, 94–98, 100, 102–106,  
110, 113, 114
- Impulsmoment, 115, 117–121
- Impulssatz, 94, 98, 100–103, 106,  
109, 110, 113–115, 198, 302
- Instabilität, 254, 257
- Isentropenexponent, 66, 69, 75, 209,  
248
- Kanalströmung, 82, 159, 262, 277,  
279
- Kegelventil, 15
- Kennzahl, 237–244
- Kessel, 66–68, 72, 73
- Knotenpunkt, 258, 261
- Kontinuitätsgleichung, 44, 47, 49, 52,  
58, 67, 70, 96, 97, 99, 108,

- 110, 112, 113, 122, 124,  
 126, 131, 133, 135, 155,  
 156, 159, 163, 167, 170,  
 174, 179, 182, 183, 193,  
 201, 202, 205, 207, 218,  
 221, 245, 246, 255, 293, 303  
 Kontrollfläche, 100, 103, 115, 118,  
 120, 122  
 Kontrollraum, 94–98, 100, 102–104,  
 106, 109, 110, 113, 115–117  
 Kontrollvolumen, 94, 96, 102, 103  
 Kopfwelle, 77  
 Krümmer, 97, 114–116, 123, 124, 130  
 Krümmerverlust, 125  
 Kraftfahrzeugumströmung, 260  
 Kreiszyylinder, 143, 227, 228, 230  
 Kreiszyylinderumströmung, 228  
 Kugel, 105, 147, 237  
 Kugelumströmung, 147, 237, 239  
 Kugelwiderstand, 148  
  
 Laval-Düse, 66, 69, 70, 72, 74–76  
 Luftdruck, 16, 27, 29, 126  
  
 Mach-Zahl, 4, 5, 65, 68–71, 73–78,  
 210, 212, 214, 242, 248, 250  
 Massenstrom, 66–71, 75, 76, 104,  
 105, 118, 159, 161, 162  
  
 Navier-Stokes-Gleichung, 2, 123, 147,  
 159, 163, 167, 170, 174,  
 177, 179, 181, 182, 190,  
 205, 207, 236, 251, 254, 303  
 Newtonscher Reibungsansatz, 88,  
 166–169, 199  
 Nikuradse-Diagramm, 127, 128, 137  
  
 Parabelprofil, 214  
 Parallelströmung, 3–5, 42, 214, 215  
 Parallelstrahl, 69  
 Plattengrenzschicht, 80, 86, 90, 104,  
 200, 201  
  
 Polytropenexponent, 26, 27, 29  
 Potentialfunktion, 218, 221–223  
 Potentialgleichung, 2, 209, 217, 304  
     linearisierte, 210–212  
 Potentialströmung, 218, 220  
 Potentialwirbel, 54, 55, 224, 225,  
 230, 231, 266, 284  
 Prandtl-Formel, 128, 129  
 Prandtl-Schlichtingsches  
     Widerstandsgesetz, 81  
 Prandtl-Zahl, 194  
 Prandtlsche Mischungsweglänge, 82,  
 92  
 Prandtlscher Mischungsweg, 83, 85,  
 89, 93, 187  
 Profilmgrenzschicht, 4, 5  
 Pumpe, 59–61, 129–132, 134  
 Pumpenlaufrad, 119, 120  
 Pumpenleistung, 130–134  
  
 Quelle, 221–223  
 Quellen-Senkenströmung, 222, 223  
 Quellenstärke, 220, 222  
 Quellenströmung, 221  
 Querschnitt, engster, 67, 68, 70, 72,  
 74, 76  
  
 Randbedingung, 35, 38, 40, 112, 160,  
 161, 164, 166–169, 171,  
 172, 175, 194, 201, 202,  
 204, 205, 262, 263, 266,  
 267, 272, 275, 277–279,  
 282–290  
 Randwertproblem, 266, 267, 269  
 Rayleigh-Stokes-Problem, 167, 169,  
 203, 205  
 Reibungswiderstand, 62, 80, 81, 90,  
 91, 148, 149  
 Residuum, 264  
 Reynolds-Zahl, kritische, 90

- Reynolds-Ansatz, 82, 83, 181, 182,  
184, 186, 236
- Reynolds-Gleichung, 176, 177, 179,  
181, 236, 303
- Reynolds-Stress-Modell, 191
- Reynolds-Zahl, 56, 58, 75, 81, 87,  
107, 126–129, 137, 144,  
146, 147, 150, 151, 212,  
239, 240, 242, 257  
kritische, 81, 86, 91
- Reynoldssche scheinbare  
Schubspannungen, 84, 92
- Rohreinlaufströmung, 101
- Rohrhydraulik, 123, 302
- Rohrleitungssystem, 56, 57, 59–61
- Rohrreibung, 123
- Rohrreibungsverlust, 124, 125,  
130–132
- Rohrströmung, 101, 102, 118, 132
- Ruhedruck, 75
- Sandkornrauigkeit, 125–127, 129,  
134, 137
- Sattelpunkt, 259, 261
- Schallgeschwindigkeit, 67, 68, 71–74,  
76, 78, 209, 217, 243,  
245–249
- Schallwelle, 245
- Schleppwiderstand, 240, 241
- Schnittufer, 168
- Schubspannung, 147, 166–168, 175,  
207  
scheinbare, 181, 187, 188, 191
- Schubspannungskraft, 148, 168
- Schubumkehr, 111
- Schwankungsgröße, 181–184, 187,  
190, 191, 195, 236
- Senke, 222, 223
- Senkenstärke, 222
- singulären Punkte, 260
- Stabilität, 251, 254  
numerische, 280, 285
- Stabilitätsanalyse, 2, 254, 257, 304
- Stabilitätsdiagramm, 257
- Starrkörperwirbel, 55
- Staudruck, 77
- Stoß-Grenzschicht-Wechselwirkung,  
242
- Stoßgleichungen, 71, 78
- Strömung  
drehungsfrei, 33, 39, 155, 156,  
209, 218  
ebene, 34, 37, 39, 62, 193, 222  
inkompressibel, 5, 9, 10, 43–45,  
47–49, 51, 54, 57, 58, 60,  
61, 66–68, 96, 99, 124, 128,  
130, 132, 146, 147, 155,  
160, 163, 170, 174, 179,  
181, 186, 193, 198, 200,  
201, 204, 206, 207, 217,  
226, 230, 232, 262, 302–304  
instationär, 34, 37, 46, 49, 51,  
176, 177, 179, 204, 279  
kompressibel, 9, 10, 65, 66, 68,  
184, 195, 206–209, 236,  
247, 248, 293, 297, 302, 304  
quasi-stationär, 46, 176, 184,  
195  
stationär, 5, 6, 36, 39, 48, 65,  
69, 75, 111, 118, 120, 155,  
156, 159, 160, 163, 170,  
173, 174, 176, 181, 201,  
206, 237, 262, 277
- Strömungsmaschinen, 303
- Stromfaden, 65, 67, 96, 98, 99,  
108–110, 123, 124, 127,  
130, 131, 133, 135, 226
- Stromfadentheorie, 2, 32, 70, 301
- Stromfunktion, 201, 202, 218, 222,  
223, 225, 227–229, 231
- Stromlinie, 5–8, 32–42, 54, 63, 91,



- 220–222, 224, 225,  
228–232, 258
- Strouhal-Zahl, 150, 240
- Strukturanalyse, 2, 257
- technische Strömungen, 302
- Teilchenbahn, 34, 40
- Topologie, 260
- Tornado, 53–55
- Tragflügel, 65, 242, 248
- Tragflügelprofil, 4, 242, 247, 250
- Tragflügelumströmung, 65, 189, 247
- Translationsströmung, 221–223, 227,  
228, 231
- Triebwerk, 111
- Turbine, 134–136
- turbulente Zähigkeit, 84, 85, 89, 90
- U-Rohr, 11, 12, 43
- U-Rohrmanometer, 43, 44
- Überdruck, 12
- Übergang, laminar-turbulenter, 87,  
91, 143
- Überlagerungsprinzip, 223, 225, 228
- Überschallmessstrecke, 68
- Überschallströmung, 73, 210, 212,  
214
- Umlenkverlust, 131
- Umströmungen, 303
- Unterschallströmung, 70, 242
- Unterschicht, viskose, 86, 88, 126,  
129, 137
- Verdichtungsstoß, 69, 71–74, 77–79,  
242, 243
- Wandschubspannung, 62, 88, 91,  
166, 174, 198, 199, 243
- Widerstand, 62, 64, 81, 90, 91, 103,  
148, 198, 237
- Widerstandsbeiwert, 62, 91, 92, 143,  
144, 212
- Widerstandskraft, 104, 145, 146, 214,  
237
- Wiedereintrittsflugzeug, 77
- Wirbel, 190, 224, 225, 239, 259, 260
- Wirbelablösung, 150, 239
- Wirbelströmung, 55, 231
- Wirbelstraße, 150, 239
- Zirkulation, 231, 232
- Zustandsänderung  
    isentrope, 245, 246, 248, 249  
    polytrope, 25
- Zylindernachlaufströmung, 239
- Zylinderspaltströmung, 169
- Zylinderumströmung, 239

# INDUSTRIELLE CFD ANWENDUNG

Das Kernstück unserer globalen Aktivitäten bildet der technologisch führende, vielseitige und völlig unstrukturierte CFD-Code STAR-CD. Für komplexe Geometrien und komplizierte physikalische Vorgänge, wie z.B. Mehrphasenströmung, Freie Oberflächen, Sprays, Strahlung und Verbrennung bietet STAR-CD eine einzigartige Kombination von:

- Präzision, Schnelligkeit und Zuverlässigkeit
- Unübertroffene Auswahl an Vernetzungswerkzeugen
- Hohes Maß an CAE Integration
- Große Vielfalt an physikalischen Modellen
- Einfach anwendbare GUI Umgebung

Welche Strömungsanwendung Sie auch untersuchen, unser erfahrenes CFD-Team würde Ihnen gerne zeigen, wie Sie die bestmöglichen technischen CFD-Lösungen erhalten.

**Germany - +49 (0)911 946 433**  
**[www.cd-adapco.com](http://www.cd-adapco.com)**

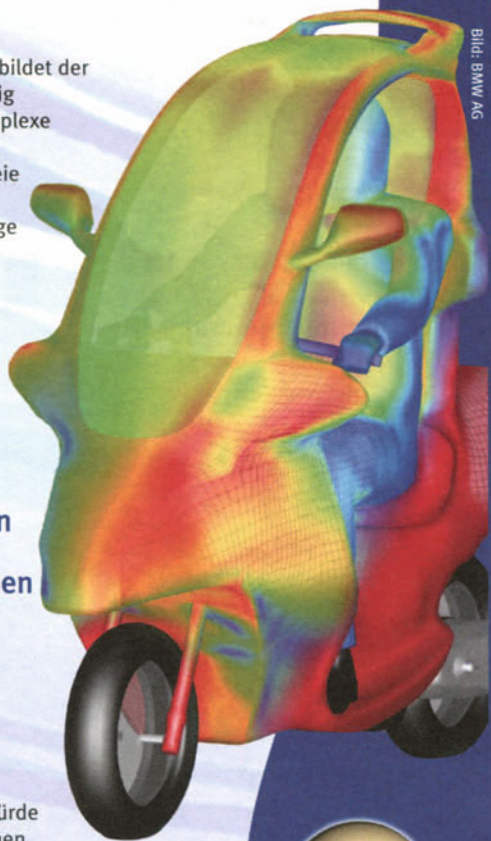


Bild: BMW AG



CD adapco  
Group

# Strömungsmechanik

Böswirth, Leopold

## **Technische Strömungslehre**

Lehr- u. Übungsbuch  
4., durchges. u. erw. Aufl. 2001.  
XII, 296 S. Mit 146 Abb. u. 38 Tab.  
Br. € 29,00  
ISBN 3-528-34925-5

Oertel, Herbert / Böhle, Martin /  
Dohrmann, Ulrich

## **Übungsbuch Strömungsmechanik**

Analytische und Numerische  
Lösungsmethoden, Softwarebeispiele  
3., überarb. u. erw. Aufl. 2001.  
VIII, 305 S. mit 153 Abb. Br. € 21,00  
ISBN 3-528-17435-8

Oertel, Herbert / Laurien, Eckart

## **Numerische Strömungsmechanik**

Grundgleichungen - Lösungsmethoden  
- Softwarebeispiele  
2., neu bearb. Aufl. 2003. VIII, 257 S.  
Mit 145 Abb. Br. € 24,90  
ISBN 3-528-03936-1

Oertel, Herbert (Hrsg.)

## **Prandtl - Führer durch die Strömungslehre**

Grundlagen und Phänomene  
Unter Mitarbeit von Böhle, Martin /  
Etling, Dieter / Oertel, Herbert /  
Müller, Ulrich / Riedel, Uwe /  
Sreenivasan, K.R. / Warnatz, Jürgen  
11., überarb. u. erw. Aufl. 2002. XIV,  
704 S. mit 527 Abb. Geb. € 84,90  
ISBN 3-528-48209-5

Oertel, Herbert / Böhle, Martin

## **Strömungsmechanik**

Grundlagen - Grundgleichungen -  
Lösungsmethoden - Softwarebeispiele  
2., überarb. und erw. Aufl. 2002.  
VIII, 347 S. mit 224 Abb. Br. € 27,90  
ISBN 3-528-13893-9



Abraham-Lincoln-Straße 46  
65189 Wiesbaden  
Fax 0611.7878-420  
www.vieweg.de

Stand März 2003.  
Änderungen vorbehalten.  
Erhältlich im Buchhandel oder im Verlag.