

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| Vorwort | V |
| Autorenverzeichnis | VII |
| 0 Vorbemerkungen zu Drücken und Temperaturen | 1 |
| 0.1 Bezugsbasis und Einheiten für Drücke | 1 |
| 0.2 Bezugsbasis und Einheiten für Temperaturen | 2 |
| 0.3 Definition der zulässigen Parameter | 2 |
| 0.4 Definition der Arbeitsparameter | 3 |
| 0.5 Definition der Konstruktionsparameter | 4 |
| 0.6 Definition der Berechnungsparameter | 5 |
| 0.7 Definition der Ratingparameter | 6 |
| 0.8 Definition der Prüfparameter | 7 |
| 1 Strömungstechnische Berechnungen | 9 |
| 1.1 Grundgleichungen für den Druckverlust | 9 |
| 1.2 Wasserleitungen | 26 |
| 1.2.1 Kaltwasserleitungen | 26 |
| 1.2.2 Feuerlöschwasserleitungen | 36 |
| 1.2.3 Warm- und Heißwasserleitungen | 36 |
| 1.2.4 Leitungen für Sattwasser (Siedewasser) | 39 |
| 1.3 Ölleitungen und andere Flüssigkeitsleitungen | 42 |
| 1.4 Dampfleitungen | 44 |
| 1.5 Luft- und Gasleitungen | 51 |
| 1.6 Feststoffleitungen | 59 |
| 1.6.1 Einteilung, Kenngrößen | 59 |
| 1.6.2 Homogene und pseudohomogene hydraulische Förderung | 65 |
| 1.6.3 Heterogene hydraulische Förderung | 65 |
| 1.6.4 Pneumatische Förderung | 67 |
| 1.6.5 Praktische Berechnung | 69 |
| 1.7 Warmhalteleitungen | 71 |
| 1.7.1 Allgemeines | 71 |
| 1.7.2 Berechnung | 72 |
| 1.7.3 Beispiel | 75 |
| 1.8 Berechnung von Dampfableitungen | 78 |
| 2 Berechnung der Wärme- und Temperaturverluste | 85 |
| 2.1 Wärmeverluste nichtgedämmter Rohrleitungen | 85 |
| 2.2 Wärmeverluste gedämmter Rohrleitungen | 85 |
| 2.3 Temperaturveränderung längs einer Rohrleitung | 92 |
| 2.4 Oberflächentemperatur | 95 |
| 2.5 Bestimmung der Dämmschichtdicke zur Vermeidung von Tauwasserbildung | 96 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 2.6 | Auskühlzeiten abgesperrter Wasserleitungen | 96 |
| 2.7 | Wirtschaftliche Dämmschichtdicke | 97 |
| 3 | Zulässige Spannungen und Bruchhypothesen für Festigkeitsberechnungen | 101 |
| 3.1 | Werkstoffkennwerte | 101 |
| 3.1.1 | Stahl | 101 |
| 3.1.2 | Stahlguss | 106 |
| 3.1.3 | Gusseisen | 106 |
| 3.1.4 | Kupfer und Aluminium | 107 |
| 3.1.5 | Thermoplastische Kunststoffe | 107 |
| 3.1.6 | Duroplastische Kunststoffe | 108 |
| 3.2 | Festigkeits-hypothesen | 109 |
| 3.3 | Zulässige Spannungen | 111 |
| 3.4 | Primärspannungen, Sekundärspannungen und Spannungsspitzen | 113 |
| 3.5 | Bruchmechanik – Ziele, Grundlagen, Konzepte, Methoden | 118 |
| 3.5.1 | Aufgaben der Bruchmechanik | 118 |
| 3.5.2 | Grundlagen | 118 |
| 3.5.3 | Bruchmechanische Konzepte | 122 |
| 3.5.4 | Berechnungsmethoden | 123 |
| 3.5.5 | Anforderungen an die Prüftechnik zur Feststellung von Ungängen | 124 |
| 3.5.6 | Anwendungsbeispiele | 124 |
| 4 | Festigkeitsberechnung von Rohren und Rohrleitungsbauteilen | 127 |
| 4.1 | Grundlegende Betrachtungen zum geraden Rohr unter Innendruckbelastung | 127 |
| 4.1.1 | Grundgleichungen | 127 |
| 4.1.2 | Schweißnahtfaktor | 133 |
| 4.1.3 | Bestellwanddicke s_n | 133 |
| 4.1.4 | Unrundheit | 135 |
| 4.1.5 | Aufdachungen und Abflachungen (Einbeulungen) | 136 |
| 4.2 | Berechnung von Rohrbogen und -biegungen sowie Segmentkrümmern auf Innendruck | 136 |
| 4.2.1 | Wanddickenbestimmung unter Anwendung des Kräftegleichgewichts (Flächenvergleichsmethode) | 136 |
| 4.2.2 | Wanddickenbestimmung nach der rechnerischen Mindestwanddicke des geraden Rohres | 141 |
| 4.2.3 | Formabweichungen durch Unrundheit | 141 |
| 4.2.4 | Wellenbildung am Intrados in Längsrichtung der Biegung | 145 |
| 4.2.5 | Berücksichtigung von Biegemomenten aus dem Rohrleitungssystem | 146 |
| 4.2.6 | Berechnung von Segmentkrümmern auf Innendruck | 146 |
| 4.3 | Reduzierungen (Erweiterungen) | 148 |
| 4.4 | Ebene Böden | 150 |
| 4.4.1 | Geflanschte Böden | 150 |
| 4.4.2 | Verschweißte Böden (Vorschweißblinddeckel) | 153 |
| 4.5 | Gewölbte Böden | 155 |
| 4.6 | Abzweige und Ausschnitte | 156 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.6.1 | Allgemeines | 156 |
| 4.6.2 | Bauformen | 161 |
| 4.6.3 | Berechnung | 163 |
| 4.7 | Kugelformstücke, Ausschnitte in Böden und zylindrische Y-Formstücke | 164 |
| 4.8 | Rohre unter äußerem Überdruck | 166 |
| 4.9 | Nocken und Knaggen als integrale Halterungsanschlüsse | 171 |
| 4.9.1 | Grundlagen | 171 |
| 4.9.2 | Allgemeine Randbedingungen und zulässige Spannungen | 172 |
| 4.9.3 | Definitionen und spezielle Randbedingungen | 172 |
| 4.9.4 | Bestimmung der lokalen Spannungen | 176 |
| 4.9.5 | Spannungsanalyse für das Grundrohr unter Einbeziehung der lokalen Spannungen | 177 |
| 4.10 | Ermüdung | 178 |
| 4.10.1 | Grundlagen | 178 |
| 4.10.2 | Spitzenspannungen durch Innendruck | 180 |
| 4.10.3 | Spitzenspannungen durch Temperaturbelastung | 182 |
| 4.10.4 | Lineare Temperaturänderungen | 182 |
| 4.10.5 | Kombination von Druck- und Temperaturschwankungen; Erschöpfungsgrad | 184 |
| 4.11 | Kriechen und Relaxieren | 185 |
| 5 | Berechnung von Flanschverbindungen | 189 |
| 5.1 | Allgemeines | 189 |
| 5.2 | Berechnungsgrundlagen | 190 |
| 5.3 | Nachweis der Tragfähigkeit und der Dichtheit der Flanschverbindung | 194 |
| 5.4 | Zulässige Innendrucke für Flanschverbindungen | 198 |
| 5.5 | Erforderliches Schraubenanzugsmoment zur Sicherung der Dichtheit | 201 |
| 6 | Statische Rohrsystemanalyse | 203 |
| 6.1 | Allgemeines | 203 |
| 6.2 | Elastizität des Rohrleitungssystems | 204 |
| 6.3 | Belastungen des Rohrleitungssystems | 206 |
| 6.4 | Beanspruchung des Rohrleitungssystems | 208 |
| 6.4.1 | Allgemeines | 208 |
| 6.4.2 | Spannungen auf Grund ständig wirkender Belastungen | 209 |
| 6.4.3 | Spannungen auf Grund ständig und gelegentlich wirkender Belastungen | 209 |
| 6.4.4 | Spannungen infolge von Wärmedehnung und Wechselbeanspruchung | 210 |
| 6.4.5 | Zusätzlicher Nachweis für den Zeitstandbereich | 211 |
| 6.4.6 | Spannungen infolge einmaliger Lagerstellenverschiebung | 211 |
| 6.4.7 | Nachweis der Anschlussbelastungen | 211 |
| 6.5 | Beanspruchbarkeit eines Rohrleitungssystems | 212 |
| 6.6 | Wärmespannungen | 212 |
| 6.7 | Vereinfachte Berechnung von ebenen Systemen | 214 |
| 6.8 | Vereinfachte Berechnung von U-, Z- und L-Ausgleichern | 216 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.9 | Ermittlung der Lasten für Bauangaben | 216 |
| 6.9.1 | Übersicht der Lastfälle | 216 |
| 6.9.2 | Bezeichnung der Lasten für Bauangaben | 221 |
| 6.9.3 | Lastfall „Eigengewicht“ | 223 |
| 6.9.4 | Lastfall „Behinderte Wärmedehnung“ | 223 |
| 6.9.5 | Lastfall „Reibung“ | 224 |
| 6.9.6 | Lastfall „Innendruck“ | 226 |
| 6.9.7 | Spezielle Belastungen | 226 |
| 6.10 | Berücksichtigung von Erdbebenbelastungen | 226 |
| 6.10.1 | Allgemeine Vorgehensweise | 226 |
| 6.10.2 | Berechnung auf der Grundlage von DIN EN 13480-3 | 226 |
| 6.10.3 | Berechnung nach KTA-Regelwerk | 227 |
| 6.11 | Rechenprogramme für rohrstatische Berechnungen | 227 |
| 7 | Berechnung von Rohrhalterungen | 229 |
| 7.1 | Allgemeines | 229 |
| 7.2 | Belastungsannahmen | 229 |
| 7.3 | Belastungsfälle | 230 |
| 7.4 | Bauangaben aus den Belastungen der Unterstützungs konstruktion ... | 231 |
| 7.5 | Auflagerarten und Belastungen | 232 |
| 7.6 | Stützweitenberechnung | 234 |
| 7.7 | Berechnungsgrundlagen für Rohrhalterungen | 238 |
| 7.7.1 | Spannungsnachweise | 238 |
| 7.7.2 | Bemessungsspannung dynamisch beanspruchter Bauteile | 243 |
| 7.7.3 | Stabilitätsnachweise | 243 |
| 7.7.4 | Vergleich verschiedener Regelwerke | 244 |
| 7.7.5 | Experimentelle Auslegung und Überprüfung von Standardrohrhalte- rungen | 245 |
| 7.8 | Berechnung von Stützkonstruktionen | 246 |
| 8 | Berechnung von Kompensatoren | 247 |
| 8.1 | Allgemeines | 247 |
| 8.1.1 | Auslegungsvorschriften | 247 |
| 8.1.2 | Standard-Baureihen | 247 |
| 8.2 | Ermittlung der Bewegungsgrößen | 248 |
| 8.2.1 | Wärmedehnungen | 248 |
| 8.2.2 | Druckdehnungen | 250 |
| 8.2.3 | Schwingungen | 250 |
| 8.2.4 | Sonstige Bewegungen | 251 |
| 8.2.5 | Reale Gesamtbewegungen | 252 |
| 8.3 | Gelenksysteme | 252 |
| 8.4 | Regeln für die Kompensator-Auswahl | 253 |
| 8.4.1 | Schiebe- und Dreh-Kompensatoren | 254 |
| 8.4.2 | Weichstoff-Kompensatoren | 256 |
| 8.4.3 | Gummi-Kompensatoren | 257 |
| 8.4.4 | PTFE-Kompensatoren | 259 |
| 8.4.5 | Metall-Kompensatoren | 260 |
| 8.5 | Festpunktkräfte | 266 |
| 8.5.1 | Axiale Druckkraft | 266 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 8.5.2 | Verstellkraft von Kompensatoren und Kompensationssystemen | 267 |
| 8.5.3 | Reibungskraft zwischen Rohrleitung und Auflagern | 268 |
| 8.5.4 | Zentrifugalkraft und sonstige anlagenbedingte Kräfte | 268 |
| 8.6 | Berechnung der Anschlusskräfte und -momente für Metall-Kompensatoren | 269 |
| 8.6.1 | Bezugsbasis der Berechnungsgleichungen | 269 |
| 8.6.2 | Berechnungsmodell | 269 |
| 8.6.3 | Zwei-Gelenk-System | 270 |
| 8.6.4 | Drei-Gelenk-System in U-Anordnung | 272 |
| 8.6.5 | Räumliches Drei-Gelenk-System in L-Anordnung | 273 |
| 8.7 | Führungen bei kompensierten Leitungen | 274 |
| 9 | Fluiddynamische Berechnungen | 279 |
| 9.1 | Instationäre Strömungsvorgänge, Druckstoß | 279 |
| 9.2 | Vereinfachte Berechnungen | 279 |
| 9.2.1 | Ermittlung der Schallgeschwindigkeit | 280 |
| 9.2.2 | Druckstöße und dynamische Kräfte | 288 |
| 9.3 | Rechenverfahren für komplexe Systeme | 290 |
| 9.4 | Berechnungsbeispiele | 291 |
| 9.4.1 | Pumpenausfall | 291 |
| 9.4.2 | Turbinenschnellschluss | 291 |
| 9.5 | Fluid-Struktur-Wechselwirkung | 296 |
| 10 | Erdverlegte Kunststoffmantelrohrsysteme | 305 |
| 10.1 | Allgemeines | 305 |
| 10.2 | Verlegungsmethoden | 305 |
| 10.2.1 | Kaltverlegung | 307 |
| 10.2.2 | Verlegung mit Vorwärmung | 308 |
| 10.2.3 | Konventionelle Verlegung | 309 |
| 10.2.4 | Einmalkompensatoren (E-Muffen) | 310 |
| 10.2.5 | Dauerkompensatoren zur Teilentlastung | 310 |
| 10.3 | Kompensation der Endverschiebungen | 311 |
| 10.4 | Systemgerechte Trassierung | 313 |
| 10.5 | Abzweige und Hausabgänge | 315 |
| 10.6 | Grundlagen der Elastizitätsberechnung bei KMR-Systemen | 317 |
| 10.6.1 | Reibungskraft F_R bei Axialverschiebung | 317 |
| 10.6.2 | Axialkräfte infolge inneren Überdruckes | 322 |
| 10.6.3 | Bettungskraft Q_v infolge Querverschiebung | 326 |
| 10.6.4 | Resultierender Bettungswiderstand | 329 |
| 11 | Berechnung warmgehender erdverlegter Stahlmantelrohrsysteme | 335 |
| 11.1 | Allgemeines | 335 |
| 11.2 | Lagerung des Mediumrohres im Mantelrohr | 335 |
| 11.3 | Lagerbelastungen infolge Eigengewicht | 337 |
| 11.4 | Querbelastungen in abgewinkelten Vorspannstrecken | 338 |
| 11.5 | Querbelastungen infolge behinderter Dehnung | 338 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 11.6 | Reaktionen und Verschiebungen an den Kompensationsstellen | 338 |
| 11.7 | Axialbelastungen der Koppelpunkte | 339 |
| 11.7.1 | Grundlagen der Berechnung von Vorspannstrecken | 339 |
| 11.7.2 | Mechanisches Vorspannen | 341 |
| 11.7.3 | Thermisches Vorspannen | 344 |
| 11.7.4 | Verschiebung und Belastung des Koppelpunktes bei Betrieb | 350 |
| 11.7.5 | Berechnung der Verschiebungen und Belastungen mit Computer- Programmen | 354 |
| 11.8 | Anwendungsbeispiel | 356 |
| 12 | Berechnung kaltgehender erdverlegter Rohr- leitungen | 359 |
| 12.1 | Mechanisches System „Fahrbahn-Boden-Rohr“ | 359 |
| 12.1.1 | Mechanische Eigenschaften der Rohrwerkstoffe | 360 |
| 12.1.2 | Mechanische Eigenschaften der Boden und Verfüllmaterialien | 363 |
| 12.1.3 | Verlege- und Einbaubedingungen | 366 |
| 12.1.4 | Belastungsverhältnisse | 368 |
| 12.2 | Berechnungsmethoden für erdverlegte Rohrleitungen | 373 |
| 12.2.1 | Grundlagen | 373 |
| 12.2.2 | Berechnung gegen Innendruck | 374 |
| 12.2.3 | Berechnung mit vereinfachten Verfahren | 376 |
| 12.2.4 | Berechnung mit analytischen Verfahren | 387 |
| 12.2.5 | Berechnung mit der Finite-Elemente-Methode | 388 |
| 12.3 | Rohrkennfelder für erdverlegte Rohre | 389 |
| 12.4 | Sicherheitskonzepte für erdverlegte Rohrleitungen | 392 |
| 12.4.1 | Konventionelles Sicherheitskonzept | 392 |
| 12.4.2 | Statistisches Sicherheitskonzept | 393 |
| 13 | Lärm bei Rohrleitungen | 395 |
| 13.1 | Vorbemerkungen | 395 |
| 13.2 | Lärmquellen bei Rohrleitungen | 395 |
| 13.3 | Lärmemission von Armaturen | 398 |
| 13.3.1 | Grundlagen, Voraussetzungen | 398 |
| 13.3.2 | Armaturen für Gase und Dämpfe | 399 |
| 13.3.3 | Armaturen für Flüssigkeiten | 401 |
| 13.3.4 | Absperr- und Rückschlagarmaturen | 405 |
| 13.4 | Strömungslärm | 406 |
| 13.4.1 | Gase und Dämpfe | 406 |
| 13.4.2 | Flüssigkeiten | 407 |
| 13.4.3 | Feststoffe | 408 |
| 13.5 | Schallübertragung innerhalb der Rohrleitung | 408 |
| 13.6 | Schall in geschlossenen Räumen | 408 |
| 13.6.1 | Schallabstrahlung und Schalldämmung | 408 |
| 13.6.2 | Luftschallausbreitung im Raum | 410 |
| 13.6.3 | Überlagerung von Schalleistungspegeln | 411 |
| 13.7 | Zulässige Schallemissionen | 412 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 14 | Auslegung der Rohrleitungen von Abblasesystemen | 415 |
| 14.1 | Vorbemerkungen | 415 |
| 14.2 | Zuleitung zum Sicherheitsventil | 415 |
| 14.2.1 | Auslegungsgrundlagen | 415 |
| 14.2.2 | Innendurchmesser der Zuführungsleitung | 418 |
| 14.2.3 | Maximal zulässige Länge der Zuführungsleitung | 420 |
| 14.2.4 | Berechnungsbeispiel | 422 |
| 14.3 | Abblaseleitung und -schacht | 424 |
| 14.3.1 | Auslegungsgrundlagen | 424 |
| 14.3.2 | Innendurchmesser des Abblaseschachtes | 424 |
| 14.3.3 | Eigengegendruck | 426 |
| 14.3.4 | Kontrolle auf unzulässige Schallgeschwindigkeit | 428 |
| 14.3.5 | Dimensionierung von Staufufen | 429 |
| 14.4 | Notwendigkeit eines Abblaseschalldämpfers | 430 |
| 14.4.1 | Austrittsquerschnitt der Abblasemündung | 430 |
| 14.4.2 | Berechnung der Austrittsgeschwindigkeit | 430 |
| 14.4.3 | Schalleistungspegel | 431 |
| 14.4.4 | Schallausbreitung im Freien | 431 |
| 14.4.5 | Zulässige Immissionsrichtwerte | 433 |
| 14.4.6 | Erfordernis eines Abblaseschalldämpfers | 434 |
| 14.5 | Kräfte beim Abblasevorgang | 434 |
| 15 | Auslegung von Ausblasesystemen | 437 |
| 15.1 | Beschreibung des Reinigungsverfahrens | 437 |
| 15.2 | Berechnungsgrundlage | 438 |
| 15.2.1 | Sauberheitskriterium | 438 |
| 15.2.2 | Erforderlicher Massenstrom zum Ausblasen | 441 |
| 15.3 | Strömungstechnische Berechnung des Ausblasesystems | 442 |
| 15.3.1 | Ausblasemündung | 442 |
| 15.3.2 | Gegendruck nach Drosselventil | 442 |
| 15.3.3 | Auslegungsdruck der provisorischen Ausblaseleitung | 444 |
| 15.3.4 | Kontrolle auf unzulässige Schallgeschwindigkeit | 444 |
| 15.3.5 | Auslegungsdruck und Druckverlust der Zuführungsleitung | 445 |
| 15.3.6 | Berechnungsablauf | 445 |
| 15.4 | Ermittlung der Schallemission | 446 |
| 15.5 | Kräfte an der Ausblasemündung | 446 |
| 16 | Häufig angewendete Berechnungs-Software | 447 |
| 16.1 | Strömungstechnische Berechnungen | 447 |
| 16.1.1 | Programmsystem SINETZ, SIFLOW, FWNETZ und SPRINK | 447 |
| 16.1.2 | Programm SISHYD zur hydraulischen und thermischen Rohrnetzbe- rechnung | 448 |
| 16.1.3 | LV-Programme: Module Bereich Strömungstechnik | 449 |
| 16.2 | Berechnung der Dämmung und der Wärmeverluste | 449 |
| 16.2.1 | Programm ROBERT und WANDA | 449 |
| 16.2.2 | LV-Programme: Modul Bereich Wärmeleitung | 450 |
| 16.2.3 | Programm FERO: Modul zur Berechnung von Dämmdicken | 450 |
| 16.3 | Festigkeitsberechnungen | 450 |
| 16.3.1 | Programmsystem FERO | 450 |
| 16.3.2 | Programm PROBAD | 451 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 16.3.3 | Mathcad-Dateien KONDRÖL | 452 |
| 16.3.4 | LV-Programme: Module Festigkeitsberechnungen | 453 |
| 16.3.5 | Programm AD | 453 |
| 16.3.6 | Programm CENFLA für Flanschverbindungen | 453 |
| 16.3.7 | Programm ADRIESS und ACRIESS | 454 |
| 16.3.8 | FEM-Programmpaket ANSYS | 454 |
| 16.4 | Rohrsystemanalyse | 455 |
| 16.4.1 | Programmsystem ROHR2 und R2STOSS | 455 |
| 16.4.2 | Programmsystem KWUROHR | 456 |
| 16.4.3 | Programmsystem P10 (Pipe-Stress-Analysis) | 457 |
| 16.4.4 | Programmsystem EASYPIPE und KEDRU | 457 |
| 16.4.5 | Programmsystem CAESAR II | 458 |
| 16.4.6 | Programmsystem AutoPIPE | 459 |
| 16.5 | Betriebsbegleitende Berechnungen | 459 |
| 16.5.1 | Programm ConLife zur Lebensdauerüberwachung | 459 |
| 16.5.2 | Programm „Boiler Life“ zur Lebensdauerüberwachung | 460 |
| 16.5.3 | Programm FERO: Modul zur Betriebsüberwachung | 461 |
| 16.6 | Programm FLEXPERTE zur Auswahl von Kompensatoren | 461 |
| 16.7 | Berechnung von Rohrhalterungen | 461 |
| 16.7.1 | Berechnung von Hilfs- und Stützkonstruktionen (Stahltragwerken) | 461 |
| 16.7.2 | Programm LICAD zur Auswahl und Berechnung von Standardhalterungen | 462 |
| 16.7.3 | Programm PSS 2005 zur Auswahl und Berechnung von Standardhalterungen | 463 |
| 16.7.4 | Programm CASCADE zur Auswahl und Berechnung von Standardhalterungen | 463 |
| 16.7.5 | Programm HTA zur Auswahl und Berechnung von Ankerschienen, Applikationen für Powerclick | 463 |
| 16.8 | Berechnung erdverlegter Rohrleitungen | 464 |
| 16.8.1 | Software-Paket KEROHR zur statischen Berechnung erdverlegter Rohrleitungen | 464 |
| 16.8.2 | Software-Paket MARC und MENTAT zur Strukturanalyse erdverlegter Rohrleitungen | 464 |
| 16.8.3 | Programm sisKMR zur Berechnung warmgehender Kunststoff- und Stahlmantel-Rohrleitungen | 465 |
| 16.8.4 | Programm FERO: Modul für eingeedete Rohrleitungen | 466 |
| 17 | Verzeichnis der Normen und Regeln | 467 |
| 17.1 | Deutsche Normen | 467 |
| 17.2 | Deutsche Regeln | 472 |
| 17.3 | Ausländische Normen und Regeln | 476 |
| 17.4 | Ungültige Normen und Regeln | 476 |
| 18 | Literaturverzeichnis | 477 |
| | Stichwortverzeichnis | 485 |