

# Inhalt

<b>Vorwort zur 3. Auflage</b> .....	V
<b>Vorwort zur 1. Auflage</b> .....	VI
<b>Einleitung</b> .....	VIII
<b>Autorenverzeichnis</b> .....	IX
<b>1 Grundlagen</b> .....	1
1.1 Aufgabe einer Dichtung .....	2
1.2 Einflüsse auf eine Dichtung oder Dichtverbindung .....	2
1.3 Ursachen von Leckage .....	4
1.4 Typische Dichtungswerkstoffe .....	9
1.5 Einteilung der Dichtverbindungen .....	10
<b>2 Angewandte Werkstoffe der Dichtungstechnik</b> .....	11
2.1 Gummiwerkstoffe .....	12
2.1.1 Einführung .....	12
2.1.2 Polymere .....	12
2.1.2.1 Entropie und Energieelastizität .....	14
2.1.2.2 Glasübergangstemperatur .....	14
2.1.3 Kautschuke .....	15
2.1.3.1 Gruppe der Dienkautschuke .....	16
2.1.3.2 Olefin-Kautschuke .....	17
2.1.3.3 Siliconkautschuk .....	18
2.1.3.4 Thermoplastische Elastomere .....	18
2.1.4 Werkstoffeigenschaften .....	19
2.1.4.1 Mischungsaufbau .....	19
2.1.4.2 Werkstoffbeschreibung .....	20
2.1.5 Wechselwirkungen .....	24
2.1.5.1 Anforderungen .....	24
2.1.5.2 Werkstoffauswahl .....	25
2.2 Kunststoffe .....	25
2.2.1 Polytetrafluorethylen .....	25
2.2.1.1 Chemischer Aufbau .....	29
2.2.1.2 Strukturelle Beschaffenheit .....	30
2.2.2 Hexafluor-Ethylen-Propylen .....	30
2.2.3 Modifizierte PTFE-Werkstoffe .....	31
2.2.3.1 Art der Füllstoffe .....	31
2.2.4 Werkstoffeigenschaften .....	33
2.2.4.1 Verhalten bei Langzeitbeanspruchung .....	34
2.2.4.2 Thermische Eigenschaften .....	34
2.2.4.3 Dauergebrauchstemperaturen .....	35
2.2.4.4 Chemische Eigenschaften .....	35
2.2.4.5 Strahlenbeständigkeit .....	37
2.2.5 Mechanische Eigenschaften .....	37

2.2.5.1	Adhäsionsverhalten .....	38
2.2.5.2	Gleitverhalten .....	38
2.2.5.3	Verschleißverhalten .....	38
2.2.5.4	Quenchen .....	39
2.2.5.5	Permeabilität .....	40
2.2.5.6	Physiologisches Verhalten .....	40
2.2.5.7	Verarbeitung von PTFE .....	40
2.2.6	Hochpolymere Dichtungswerkstoffe .....	42
2.2.6.1	Perfluor-Alkoxypolymer .....	42
2.2.6.2	Polytetrafluorethylen .....	43
2.2.6.3	Ethylen-Tetrafluorethylen .....	43
2.2.6.4	Polychlortrifluorethylen .....	43
2.2.6.5	Polyacetal .....	44
2.2.6.6	Polyamid .....	44
2.2.6.7	Ultra-hochmolekulares Polyethylen .....	45
2.2.6.8	Polyetheretherketone .....	45
2.2.7	Duroplaste .....	45
2.2.7.1	Gewebeverbundwerkstoffe .....	46
<b>2.3</b>	<b>Chemie- und Naturfasern für Dichtungen .....</b>	<b>47</b>
2.3.1	Einleitung .....	47
2.3.2	Chemiefasern .....	47
2.3.2.1	P-Aramidfasern .....	50
2.3.2.2	Kohlenstofffasern .....	56
2.3.2.3	PTFE-Fasern .....	59
2.3.2.4	Mineralfasern .....	60
2.3.2.5	Cellulosefasern .....	64
2.3.3	Naturfasern .....	65
<b>2.4</b>	<b>Flexibler Graphit .....</b>	<b>66</b>
2.4.1	Struktur .....	66
2.4.2	Herstellung .....	66
2.4.3	Allgemeine Eigenschaften .....	67
<b>2.5</b>	<b>Werkstoffe für Gleit- und Gegenringe in Gleitringdichtungen .....</b>	<b>68</b>
2.5.1	Einleitung .....	68
2.5.2	Werkstoffpaarungen .....	69
2.5.3	Anforderungen an einen optimalen Gleitringwerkstoff aus Kohlenstoff .....	70
2.5.4	Einteilung, Herstellung und Eigenschaften der Gleitringwerkstoffe aus Kohlenstoff .....	70
2.5.4.1	Kunstharzgebinder Kohlenstoff .....	70
2.5.4.2	Pechgebundener Kohlenstoff .....	70
2.5.4.3	Eigenschaften von Kohlenstoff .....	72
2.5.5	Einteilung, Herstellung und Eigenschaften der Gegenringwerkstoffe .....	74
2.5.5.1	Chromguß .....	74
2.5.5.2	Aluminiumoxid .....	74
2.5.5.3	Wolframkarbid .....	75
2.5.5.4	Siliziumkarbid .....	75
2.5.6	Zusammenfassung der physikalischen Daten aller relevanten Gleit- und Gegenringwerkstoffe .....	76
2.5.7	Ergebnisse .....	76
2.5.7.1	Verschleißrate von Gleitringen im Langzeitversuch .....	76
2.5.7.2	Verschleißrate bei unterschiedlichen Werkstoffpaarungen .....	77

2.5.7.3	Werkstoffe für Trockenlaufeinsatz .....	80
2.5.7.4	All Carbon .....	84
2.5.7.5	Blistering .....	85
2.5.7.6	Geräuschuntersuchung .....	87
2.5.7.7	Losbrech- und Reibmomentuntersuchungen an KFT-Gleitringdichtungen mit verschiedenen Werkstoffpaarungen .....	88
2.5.8	Einsatzempfehlungen .....	90
2.5.9	Schlußfolgerungen .....	91
<b>3</b>	<b>Statische Dichtungen .....</b>	<b>95</b>
<b>3.1</b>	<b>Einführung .....</b>	<b>96</b>
<b>3.2</b>	<b>Dichtungen im Krafthauptschluß .....</b>	<b>97</b>
3.2.1	Flachdichtungen .....	97
3.2.2	Dichtungstechnische Eigenschaften typischer Flachdichtungswerkstoffe .....	98
3.2.2.1	Faserverstärkte Dichtungen .....	98
3.2.2.2	Flexibler Graphit .....	118
3.2.2.3	Fluorpolymere .....	124
3.2.2.4	Gesickte Metaldichtungen mit Elastomerbeschichtung .....	136
3.2.3	Prüfverfahren und Lieferbedingungen zur Charakterisierung von Flachdichtungen .....	147
3.2.3.1	DIN 28090 Prüfverfahren / DIN 28091 Lieferbedingungen .....	148
3.2.3.2	Ergänzende Methoden .....	151
3.2.4	Auslegung von Flanschverbindungen im Krafthauptschluß .....	155
3.2.4.1	Einführung .....	155
3.2.4.2	Gestaltung von Flanschverbindungen mit Dichtungen im Krafthauptschluß .....	157
3.2.4.3	Berechnung von Flanschverbindungen im Krafthauptschluß .....	157
3.2.4.4	Auslegung von Flanschverbindungen nach europäischer Normung .....	159
3.2.4.5	Bestimmung von Berechnungsgrößen .....	159
3.2.4.6	Auswahlhilfe für Dichtungen unter Berücksichtigung der Schrauben und der Flanschgeometrie .....	164

<b>3.3</b>	<b>Dichtungen im Kraftnebenschluß</b>	185
3.3.1	Allgemeine Eigenschaften von Dichtungen im Kraftnebenschluß	185
3.3.2	Einteilung der Dichtungen im Kraftnebenschluß nach Werkstoffen	186
3.3.3	O-Ringe	186
3.3.3.1	Allgemeine Zusammenhänge zur Wirkungsweise von O-Ringen	186
3.3.3.2	Konstruktive Hinweise zur Nutgestaltung	187
3.3.3.3	Hinweise zur Montage von O-Ringen	192
3.3.3.4	Beständigkeitskriterien	194
3.3.3.5	Qualitätsbestimmende Eigenschaften von O-Ringen	202
3.3.3.6	Schäden an O-Ringen, Ausfallsursachen und Abhilfemaßnahmen	203
3.3.4	Spiraldichtungen für Kraftnebenschluß-Anwendungen	208
3.3.4.1	Einführung	208
3.3.4.2	Die richtige Dichtungskonzeptionierung	210
3.3.4.3	Der Einfluß des Dichtungswerkstoffs	215
3.3.4.4	Der Einfluß der Dichtungsfertigung	216
3.3.5	Zusammenfassung	217
<b>4</b>	<b>Stopfbuchspackungen</b>	221
<b>4.1</b>	<b>Einführung</b>	222
<b>4.2</b>	<b>Packungsmaterialien</b>	222
4.2.1	Faserwerkstoff	222
4.2.1.1	Natürliche organische Fasern	222
4.2.1.2	Natürliche anorganische Fasern	223
4.2.1.3	Synthetische organische Fasern	224
4.2.1.4	Synthetische anorganische Fasern	225
4.2.1.5	Verbundgarne	225
4.2.2	Imprägnierungen	226
4.2.3	Einlaufgleitmittel	227
<b>4.3</b>	<b>Packungsarten</b>	227
4.3.1	Geflechtpackungen	228
4.3.2	Vliesstoffpackungen	230
4.3.3	Knetpackungen	230
4.3.4	Extrudierte Packungen	231
4.3.5	Graphitexpandatpackungen	232
<b>4.4</b>	<b>Einsatzbedingungen und Betriebsparameter</b>	233
4.4.1	Packungen für Rotationsanwendungen und Plungerpumpen	234
4.4.2	Packungen für Armaturen, Spindel-, Deckel- und Gehäuseabdichtungen	235
<b>4.5</b>	<b>Die Wirkungsweise von Stopfbuchspackungen</b>	237
4.5.1	Typische Leckagewege von Packungen	237
4.5.2	Mechanisches Druckverhalten der Packungen	238
4.5.3	Der Querverformungsfaktor $k$ und der Reibfaktor $\mu$	238
4.5.4	Berechnung von Spannungen und Reibkräften an formgepreßten Ringen	239
4.5.5	Die Spannungssituation bei zugeschnittenen Packungsringen	242
4.5.6	Innendruckverhalten von Packungen	243
4.5.7	Die Dimensionierung der Packungsstopfbuchse	244
<b>4.6</b>	<b>Konstruktive Gestaltungsmöglichkeiten für Stopfbuchsräume</b>	247
4.6.1	Toleranzen, Oberflächen und Spaltbreiten	247
4.6.2	Grundausführung einer Stopfbuchse	247

4.6.3	Stopfbuchse mit unterschiedlichen Packungstypen .....	248
4.6.4	Stopfbuchsen mit Laternenringen .....	248
4.6.5	Stopfbuchse mit Federn .....	250
4.6.6	Stopfbuchse mit Außenmantelkühlung .....	250
4.6.7	Selbstdichtender Deckelverschluß mit Grafitexpandtringen .....	251
<b>4.7</b>	<b>Typische Anwendungsfälle für Stopfbuchspackungen .....</b>	<b>251</b>
4.7.1	Armaturen .....	251
4.7.2	Rotationspumpen .....	255
4.7.3	Hochdruckpumpen, Plungerpumpen .....	262
4.7.4	Rührwerke, Mischer, Filter .....	263
4.7.5	Sonstige Anwendungen .....	264
<b>4.8</b>	<b>Praktische Handhabung von Packungen .....</b>	<b>264</b>
4.8.1	Montage und Einbauhinweise .....	264
4.8.2	Vorspannen der Packung .....	266
4.8.3	Einfahren von neu verpackten Wellenabdichtungen .....	266
4.8.4	Wartung von Stopfbuchspackungen .....	266
4.8.5	Entsorgung von Packungen .....	267
<b>4.9</b>	<b>Ausgewählte typische Schäden bei Verwendung von Stopfbuchspackungen .....</b>	<b>268</b>
<b>4.10</b>	<b>Vergleichende Betrachtung Packungen und Gleitringdichtungen .....</b>	<b>272</b>
<b>5</b>	<b>Gleitringdichtungen .....</b>	<b>275</b>
<b>5.1</b>	<b>Einführung .....</b>	<b>276</b>
<b>5.2</b>	<b>Werkstoffe .....</b>	<b>279</b>
5.2.1	Gleitwerkstoffe, Werkstoffpaarungen .....	279
5.2.2	Sekundärdichtelemente .....	282
5.2.3	Gehäuse-, Dichtungsbauteile und Federn .....	283
<b>5.3</b>	<b>Flüssigkeitsgeschmierte Gleitring-Dichtungen .....</b>	<b>284</b>
5.3.1	Nicht entlastete / entlastete Gleitringdichtungen .....	284
5.3.2	Einzeldichtungen .....	287
5.3.3	Doppeldichtungen .....	288
5.3.4	Tandemdichtungen .....	301
5.3.5	Versorgungssysteme für flüssigkeitsgesperrte Doppel- und Tandemdichtungen .....	303
<b>5.4</b>	<b>Betriebsverhalten flüssigkeitsgeschmierter GLRD .....</b>	<b>307</b>
5.4.1	Auslegung von Gleitringdichtungen .....	307
5.4.1.1	Einführung .....	307
5.4.1.2	Belastungsfaktor .....	307
5.4.1.3	Gleitflächenabmessungen .....	309
5.4.1.4	Federkräfte .....	310
5.4.1.5	Gleitdruck .....	310
5.4.1.6	Reibungsbeiwert .....	311
5.4.1.7	Gleitgeschwindigkeit .....	311
5.4.1.8	Reibleistung .....	311
5.4.1.9	Volumenstrom .....	311
5.4.1.10	Losbrech-/Anfahrmoment .....	311
5.4.1.11	Berechnungsbeispiel für eine GLRD .....	312
5.4.1.12	Mantelreibung .....	313

5.4.2	Bedingungen im Dichtspalt .....	315
5.4.3	Einflüsse auf die Verhältnisse im Dichtspalt .....	317
5.4.3.1	Konstruktive Ausführung der Dichtfläche .....	317
5.4.3.2	Konstruktive Ausführung der Dichtungs Umgebung .....	318
5.4.3.3	Spezifische Flächenpressung .....	321
5.4.3.4	Gefügemerkmale der Gleitkörper und Läppung von Gleitflächen .....	321
5.4.3.5	Betriebsbedingungen .....	322
5.4.3.6	Charakteristik des Abdichtmediums .....	322
5.4.4	Leckagen .....	324
5.4.5	Standzeiten und Verschleiß .....	326
<b>5.5</b>	<b>Gasgeschmierte Gleitring-Dichtungen</b> .....	327
5.5.1	Gasgeschmierte Verdichter-GLRD .....	328
5.5.1.1	Einzel-Gasdichtung .....	328
5.5.1.2	Tandem-Gasdichtung .....	329
5.5.1.3	Doppel-Gasdichtung .....	330
5.5.1.4	Tandem-Gasdichtung mit internem Labyrinth .....	331
5.5.2	Gasgesperrte Pumpendichtungen .....	332
5.5.3	Gasgesperrte Rührwerksdichtungen .....	333
<b>5.6</b>	<b>Betriebsverhalten gasgesperrter Gleitringdichtungen</b> .....	335
5.6.1	Nutformen, Kräfte und Bedingungen im Dichtspalt .....	337
5.6.2	Leckagen .....	339
5.6.3	Standzeiten, Verschleiß .....	340
5.6.4	Versorgungssysteme für gasgesperrte Gleitringdichtungen .....	341
<b>5.7</b>	<b>Schadensanalyse an Gleitring-Dichtungen</b> .....	343
5.7.1	Voraussetzungen für eine gesicherte Schadensanalyse an GLRD .....	343
<b>5.8</b>	<b>Formelzeichen</b> .....	344
<b>6</b>	<b>Radialwellendichtringe</b> .....	347
<b>6.1</b>	<b>Anfänge des Radialwellendichtrings</b> .....	348
<b>6.2</b>	<b>Dichtungstechnische Begriffe und Grundlagen</b> .....	350
6.2.1	Statische und dynamische Abdichtung .....	350
6.2.2	Starrer und dynamischer Dichtspalt und hydrodynamische Spaltbildung .....	350
6.2.3	Passive und aktive Abdichtung .....	351
6.2.4	Natürlicher Dichtmechanismus .....	352
6.2.5	Radialkraft, Reibung und Verlustleistung .....	353
<b>6.3</b>	<b>Einflußfaktoren auf die Funktion des RWDR</b> .....	356
6.3.1	Betriebsbedingungen .....	357
6.3.1.1	Temperatur .....	357
6.3.1.2	Drehzahl .....	358
6.3.1.3	Koaxialität und Rundlauf toleranz der Welle .....	359
6.3.1.4	Überdruck .....	359
6.3.2	Abzudichtende Medien .....	360
6.3.2.1	Motorenöl .....	360
6.3.2.2	Getriebeöl .....	360
6.3.2.3	Schmierstoffe für den Tieftemperaturbereich .....	361
6.3.2.4	Biologisch abbaubare Schmierstoffe .....	361
6.3.2.5	Schmierfett .....	361
6.3.3	Gegenauflfläche .....	361

6.3.3.1	Stahlwellen als Gegenauflflächen .....	363
6.3.3.2	Thermische Spritzschichten als Gegenauflflächen .....	367
6.3.4	Konstruktive Auslegung des RWDR .....	372
6.3.4.1	Einsatz moderner Simulationsmethoden .....	372
6.3.4.2	Haftteil .....	374
6.3.4.3	Dichtlippe .....	375
6.3.4.4	Anpreßkraft der Dichtlippe .....	376
<b>6.4</b>	<b>Bauformen</b> .....	376
6.4.1	Typische Bauformen .....	376
6.4.2	Sonderbauformen und ihre Einsatzgrenzen .....	377
6.4.3	Sonderbauformen zum Abdichten unter Druck stehender Medien .....	379
6.4.4	Sonderbauformen für Kraftfahrzeuge .....	382
6.4.4.1	Kurbelwellendichtungen .....	383
6.4.4.2	Dichtungen für Getriebe, Achsen und Radlager .....	384
<b>6.5</b>	<b>Vorschläge zur anwendungsgerechten Auswahl der Dichtringe und typische Anwendungsfälle</b> .....	385
6.5.1	Vorgehensweise bei der Auswahl eines geeigneten RWDR .....	385
6.5.2	Typische Anwendungsfälle für RWDR aus Elastomer und PTFE .....	386
<b>6.6</b>	<b>Hinweise zur Konstruktion des Dichtungsumfeldes und der Montage von RWDR</b> .....	388
6.6.1	Welle .....	388
6.6.2	Spritzschutz der Dichtlippe .....	390
6.6.3	Aufnahmebohrung .....	390
6.6.4	Montage .....	390
6.6.5	Allgemeines .....	391
<b>6.7</b>	<b>Schadensfälle</b> .....	393
6.7.1	Schäden durch Transport und Lagerhaltung .....	393
6.7.2	Schäden durch Montagefehler .....	393
6.7.3	Schäden im Betrieb .....	394
6.7.3.1	Schäden durch mechanische Einwirkung .....	394
6.7.3.2	Schäden durch thermische Einwirkung .....	395
6.7.3.3	Schäden durch chemischen Angriff .....	395
<b>6.8</b>	<b>Ausblick</b> .....	396
<b>7</b>	<b>Hydraulik- und Pneumatikdichtungen</b> .....	399
<b>7.1</b>	<b>Einführung</b> .....	400
<b>7.2</b>	<b>Hydraulikdichtungen</b> .....	404
7.2.1	Statische Dichtungen .....	404
7.2.2	Dynamische Dichtungen .....	409
7.2.2.1	Plunger- und Stangendichtungen .....	409
7.2.2.2	Abstreifer .....	417
7.2.2.3	Dichtsysteme .....	418
7.2.2.4	Kolbendichtungen .....	420
7.2.2.5	Rotationsdichtungen .....	421
7.2.3	Führungen .....	421
7.2.3.1	Funktionale Zusammenhänge zwischen Führung und Dichtung .....	422
7.2.3.2	Rotorführungen .....	423
7.2.3.3	Zylinderführungen .....	424

7.2.3.4	Hydraulikzylinder mit beidseitig gelenkiger Aufhängung .....	424
7.2.3.5	Hydraulikzylinder mit fest angebautem Zylinderteil .....	430
7.2.3.6	Teleskopzylinder .....	432
7.2.3.7	Hinweise zur Berechnung der Führungskräfte .....	433
<b>7.3</b>	<b>Pneumatikdichtungen</b> .....	434
7.3.1	Einleitung .....	434
7.3.2	O-Ringe .....	435
7.3.2.1	O-Ringe für statische Abdichtungen .....	437
7.3.2.2	O-Ringe für wechselseitig bewegte Abdichtungen .....	437
7.3.2.3	O-Ringe für Pneumatik-Abdichtung .....	439
7.3.2.4	Werkstoffauswahl .....	439
7.3.2.5	O-Ring Montage .....	443
7.3.3	Lippendichtungen .....	445
7.3.3.1	Dicht-Abstreifsatz E8 .....	446
7.3.3.2	Dämpfungsring PP .....	447
7.3.3.3	Kolbendichtung E4 .....	447
7.3.3.4	Komplettkolben .....	448
7.3.3.5	Kolbendichtung PZ .....	449
7.3.3.6	Kolbendichtsatz OA .....	450
7.3.4	Einflußfaktoren auf den Dichtvorgang .....	451
7.3.4.1	Einfluß der Konstruktion .....	451
7.3.4.2	Einfluß der Fertigungsgenauigkeit .....	454
<b>7.4</b>	<b>Richtlinien für die Lagerung von Gummi</b> .....	457
<b>7.5</b>	<b>Schäden an Dichtungen</b> .....	458
7.5.1	Schäden durch Verschleiß .....	458
7.5.2	Schäden durch andere Ursachen .....	458
<b>7.6</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	465
<b>8</b>	<b>Berührungsfreie Dichtungen</b> .....	467
<b>8.1</b>	<b>Einführung</b> .....	468
8.1.1	Zum Begriff „berührungsfreie Dichtung“ .....	468
8.1.2	Vor- und Nachteile berührungsfreier Dichtungen .....	469
8.1.3	Einteilung berührungsfreier Dichtungen .....	470
<b>8.2</b>	<b>Berührungsfreie Dichtungen für Fluide unter Druck</b> .....	471
8.2.1	Funktionsprinzip und physikalische Wirkungsweise .....	471
8.2.2	Drosseldichtungen .....	471
8.2.2.1	Spaltdichtungen .....	471
8.2.2.2	Labyrinthdichtungen .....	473
8.2.2.3	Labyrinthspaltdichtungen .....	475
8.2.2.4	Berechnung von Drosseldichtungen .....	475
8.2.2.5	Einflüsse auf den Durchfluß beim Drosselspalt .....	476
8.2.3	Sperrdichtungen .....	479
8.2.3.1	Flüssigkeitgesperrte Drosseldichtungen .....	480
8.2.3.2	Zentrifugal-Wellendichtungen .....	480
8.2.3.3	Gewindewellendichtungen .....	481
8.2.3.4	Berechnung von Sperrdichtungen .....	481
<b>8.3</b>	<b>Fanglabyrinth</b> .....	482
8.3.1	Wirkprinzipien bei Fanglabyrinth-Dichtungen .....	482
8.3.2	Gestaltung von Fanglabyrinth-Dichtungen .....	484



8.3.2.1	Der Eingangsbereich .....	486
8.3.2.2	Der Innenbereich .....	489
8.3.2.3	Der Ausgangsbereich .....	492
8.3.2.4	Der Ablaufbereich .....	493
8.3.2.5	Ablaufkanäle bei nicht-horizontaler Wellenlage .....	495
8.3.3	Maßnahmen im Umfeld der Dichtung .....	498
8.3.3.1	Die Einbauumgebung .....	498
8.3.3.2	Das weitere Umfeld .....	499
8.3.4	Analyse der Abdichtbedingungen und der Funktion .....	500
8.3.5	Exemplarisches Ergebnis experimenteller Untersuchungen .....	501
8.3.6	Von der Fanglabyrinth-Dichtung zur Schutzdichtung .....	502
8.3.7	Handelsübliche berührungsfreie Wellendichtelemente .....	504
8.3.8	Die Entlüftung – ein Sonderfall .....	506
8.3.9	Zusatzelemente zu Fanglabyrinth-Dichtungen .....	507
8.3.9.1	Erhöhung der Dichtsicherheit mit Sperrluft .....	507
8.3.9.2	Funktionsweise einer Sperrluftdichtung .....	507
8.3.9.3	Systematische Darstellung der Gestaltungsvarianten .....	509
8.3.9.4	Spezielle Gestaltungshinweise .....	510
8.3.9.5	Berechnung von Sperrluft-Dichtungen .....	511
8.3.9.6	Anwendung .....	513
8.3.10	Anwendungs- und Praxisbeispiele .....	513
8.4	<b>Zusammenfassung</b> .....	516
9	<b>Spezielle Abdichtelemente und Dichtungszubehör</b> .....	521
9.1	<b>Faltenbälge</b> .....	522
9.1.1	Einleitung .....	522
9.1.2	Elastomer-Faltenbälge .....	522
9.1.3	Faltenbälge aus PTFE .....	522
9.1.4	Metallfaltenbälge .....	523
9.1.5	Einbaubeispiele .....	525
9.2	<b>Membranen</b> .....	526
9.2.1	Einleitung .....	526
9.2.2	Grundformen und Typen von Membranen .....	527
9.2.3	Membranwerkstoffe .....	529
9.2.4	Anwendungsbeispiele .....	530
9.3	<b>O-Ring-Stützring-Dichtsystem</b> .....	533
9.3.1	Bedeutung des O-Ring-Stützring-Dichtsystems .....	533
9.3.2	Stützring-Definition und grundsätzliche Funktionsweise .....	533
9.3.3	Druck-Durchmesserspiel-Diagramm .....	534
9.3.4	Stützring-Werkstoff .....	535
9.3.5	Konstruktionshinweise .....	535
9.3.6	Montage .....	537
9.3.6.1	Einbauhinweise .....	537
9.3.6.2	Schmierung .....	537
9.3.7	Bedeutung der Auswahl der richtigen Dichtung .....	537
9.4	<b>PTFE-Nutringe mit Federvorspannung in Armaturen</b> .....	538
9.4.1	Genereller Aufbau .....	538
9.4.2	Typischer Einsatz .....	539
9.4.3	Bauformen im Überblick .....	540
9.4.4	PTFE-Nutring mit V-Feder .....	540

9.4.5	PTFE-Nutring mit Rund-Feder .....	542
9.4.6	PTFE-Nutring mit U-Feder .....	542
9.4.7	Sonderformen der PTFE-Nutringe .....	544
<b>10</b>	<b>Sonderdichtungen und neuartige Dichtungslösungen .....</b>	<b>547</b>
<b>10.1</b>	<b>Dichtungen in Anwendungen für Lebensmittel, Trinkwasser und in der Biotechnologie .....</b>	<b>548</b>
10.1.1	Einleitung .....	548
10.1.2	Werkstoffauswahl .....	548
10.1.3	Allgemeine Gestaltungsrichtlinien .....	550
10.1.4	Gestaltung von statischen Dichtstellen .....	551
10.1.5	Gestaltung von dynamisch belasteten Dichtstellen .....	552
<b>10.2</b>	<b>Dichtungen an Armaturen .....</b>	<b>554</b>
10.2.1	Anforderungen an Gummimischungen .....	554
10.2.2	Bauformen von Dichtungen für Armaturen und Formstücke .....	555
10.2.2.1	Rohrdichtungen .....	555
10.2.2.2	Abdichtung von Wellendurchführungen an Armaturen .....	557
10.2.2.3	Absperrkörper in Armaturen .....	557
10.2.2.4	Gehäusedichtungen .....	561
10.2.2.5	Sonderbauformen .....	561
<b>10.3</b>	<b>Spezial-Armaturen-Dichtungen .....</b>	<b>564</b>
10.3.1	Einleitung .....	564
10.3.2	Sitzdichtungen für Hochdruckschieber .....	564
10.3.3	Sitzdichtungen für Kugelhähne .....	566
10.3.4	Abdichtung der Absperrklappe .....	570
10.3.5	Abdichtung der Drosselklappe .....	570
10.3.6	Spindelabdichtungen für Hochdruckventile und -schieber .....	571
<b>10.4</b>	<b>Hochdruck-Abdichtungen von Rohrleitungen und Apparaten .....</b>	<b>573</b>
10.4.1	Einleitung .....	573
10.4.2	Hochdruck-Abdichtungen von Rohrleitungen und Apparaten ohne Selbstdichtungswirkung .....	574
10.4.2.1	Metall-Profilabdichtungen .....	574
10.4.2.2	Konusflanschverbindungen .....	576
10.4.2.3	Kegelverbindungen .....	576
10.4.3	Hochdruck-Abdichtungen von Rohrleitungen und Apparaten mit selbsthelfender Wirkung .....	577
10.4.3.1	„O“-Ringe bei statischen Hochdruck-Abdichtungen .....	577
10.4.3.2	Delta Ring-Dichtung .....	579
10.4.3.3	Grayloc-Dichtung .....	580
10.4.3.4	Keilring-Dichtung .....	580
10.4.3.5	Besondere Abdichtungsarten .....	582
10.4.4	Hochdruck-Verschlüsse für Großapparate .....	583
10.4.4.1	Einfachkonus-Dichtung .....	583
10.4.4.2	Selbstdichtender Verschluß .....	584
10.4.4.3	Doppelkonusverschluß .....	584
<b>10.5</b>	<b>Aufblasbare Dichtungen .....</b>	<b>585</b>
10.5.1	Einleitung .....	585
10.5.2	Aufbau und Wirkungsprinzip .....	585
10.5.3	Werkstoffe .....	587
10.5.4	Anwendungsbeispiele .....	588

<b>10.6</b>	<b>Magnetdichtungen</b>	589
10.6.1	Einleitung	589
10.6.2	Beispiele von Konstruktionslösungen bei Magnetdichtungen	589
<b>10.7</b>	<b>Magnetflüssigkeitsdichtungen</b>	593
10.7.1	Einleitung	593
10.7.2	Magnetflüssigkeiten	594
10.7.3	Aufbau und Wirkungsprinzip der Magnetflüssigkeitsdichtung	595
10.7.4	Beispiele neuer Konstruktionen von Magnetflüssigkeitsdichtungen	600
10.7.4.1	Drehdurchführungen mit Magnetflüssigkeitsdichtungen	600
10.7.4.2	Ferromagnetische Schutzdichtungen für Wälzlager	603
10.7.4.3	Magnetflüssigkeitsdichtungen für Wellen mit Axial- und Radialverschiebungen	606
10.7.4.4	Ferromagnetische Gleitringdichtungen	607
10.7.4.5	Ferromagnetische Fliehkraftdichtungen	608
10.7.4.6	Dichtungen, die aus einer herkömmlichen Dichtung und einer Magnetflüssigkeitsdichtung bestehen	610
10.7.4.7	Anwendungsbeispiele von Magnetflüssigkeitsdichtungen	613
<b>10.8</b>	<b>Klebende Dichtstoffe</b>	617
10.8.1	Einleitung	617
10.8.2	Funktion	617
10.8.3	Wirkungsweise	617
10.8.4	Einteilung der Dichtstoffe	619
10.8.5	Spezielle Dichtstoffarten	621
<b>10.9</b>	<b>Ringraumdichtungen</b>	627
10.9.1	Allgemeines	627
10.9.2	Anforderungen an die Dichtflächen	627
10.9.3	Anforderungen an Dichtsysteme	631
10.9.4	Typen von Dichtsystemen	635
10.9.4.1	Rohrdurchführungen	635
10.9.4.2	Kabeldurchführungen	641
10.9.4.3	Kombinationen	642
10.9.4.4	Sonder-Dichtungen	643
10.9.4.5	Dachdurchführungen	644
10.9.4.6	Rohrdurchführungen in Kernkraftwerken	645
<b>11</b>	<b>Anhang</b>	653
<b>11.1</b>	<b>Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Dichtungstechnik in Deutschland</b>	654
<b>11.2</b>	<b>Fachtagungen / -veranstaltungen auf dem Gebiet der Dichtungstechnik</b>	654
<b>11.3</b>	<b>Fachverbände / Arbeitskreise</b>	655
<b>11.4</b>	<b>Fachliteratur / Richtlinien / Normen</b>	656
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	659
	<b>Marktspiegel</b>	667
	<b>Inserentenverzeichnis</b>	689