

Inhalt

Vorwort	VII
Geleitwort	IX
Autorenverzeichnis	X
A Anlagen	1
1. Schmelzen	2
1.1 Eisen	2
1.1.1 Kupolofen	2
1.1.1.1 Stoff- und Energiebilanz	3
1.1.1.2 Auslegung und Betrieb eines Kupolofens.....	7
1.1.1.3 Ofensysteme und Gesamtanlagen	12
1.1.1.4 Prozessleittechnik.....	20
1.1.1.5 Umweltschutz	22
1.1.2 Induktionsöfen	25
1.1.2.1 Direkte Energieübertragung: Umweltverträglich und effizient	25
1.1.2.2 Induktive Badbewegung.....	27
1.1.2.3 Feuerfestauskleidung.....	28
1.1.2.4 Auslegung von Fassungsvermögen, Leistung und Betriebsfrequenz	30
1.1.2.5 Betrieb des MF-Induktionstiegelofens.....	31
1.1.2.6 Erschmelzen von Stahlguss.....	35
1.1.2.7 Flüssigisenversorgung von automatischen Formanlagen.....	36
1.2 Stahl	43
1.2.1 Lichtbogenöfen	43
1.2.1.1 Geschichtliche Entwicklung der Elektrostahlerzeugung.....	43
1.2.1.2 Gegenüberstellung von Dreh- und Gleichstromofen	44
1.2.1.3 Wesentliche Anlagenbauteile von Lichtbogenöfen	49
1.2.1.4 Einsatzstoffe für die Elektrostahlerzeugung.....	62
1.2.1.5 Stoff- und Energiebilanz	64
1.2.1.6 Elektrische Fahrweise	68
1.2.1.7 Metallurgie des Lichtbogenofens.....	75
1.2.1.8 Entwicklungstendenzen	77
1.2.2 Induktionsöfen	81
1.2.2.1 Der Induktionsofen im Vergleich zum Lichtbogenofen	81
1.2.2.2 Herstellung verschiedener Stahlsorten.....	81
1.2.2.3 Schmelzen von Ferrolegierungen	83
1.2.2.4 Beispiel einer Induktions-Schmelzanlage zur Produktion von Baustahlknüppeln	85
1.2.3 Sonderschmelzverfahren	87
1.2.3.1 Einschmelzen.....	87
1.2.3.2 Umschmelzen	88

1.2.3.3	Elektroschlacke-Umschmelzen	90
1.2.3.4	Vakuum-Lichtbogen-Umschmelzen	94
1.2.3.5	Elektronenstrahl-Umschmelzen	95
1.3	NE-Metalle	97
1.3.1	Induktionsöfen für Kupfer, Aluminium, Zink, Magnesium, Silizium	97
1.3.1.1	Einsatzgebiete und Ofentypen	97
1.3.1.2	Kupfer	99
1.3.1.3	Aluminium	112
1.3.1.4	Zink	119
1.3.1.5	Magnesium	123
1.3.1.6	Silizium	126
1.3.2	Elektrisch widerstandsbeheizte Tiegelöfen	128
1.3.2.1	Prinzipieller Aufbau	128
1.3.2.2	Ofentypen	132
1.3.2.3	Temperaturerfassung und Regelung von Schmelz und Warmhalteöfen	134
1.3.2.4	Verfahren und Anwendungen	134
1.3.2.5	Zusammenfassung	136
1.3.3	Vakuumöfen	136
1.3.3.1	Vakuum Induktions-Tiegelöfen	137
1.3.3.2	Vakuum-Kaltwand-Induktions-Tiegelöfen	140
1.3.3.3	Vakuum-Lichtbogenöfen	141
1.3.3.4	Vakuum-Lichtbogen Skull Melter	142
1.3.3.5	Elektronenstrahlschmelzöfen	143
1.3.3.6	Widerstandsbeheizte Öfen	145
1.3.4	Brennstoffbeheizte Öfen	146
1.3.4.1	Ein- und Zweikammeröfen zum Schmelzen von Sekundäraluminium	146
1.3.4.1.1	Einkammer-Gießöfen	151
1.3.4.1.2	Einkammer-Schmelzöfen	152
1.3.4.1.3	Mehrkammer-Schmelzöfen	153
1.3.4.2	Aluminium-Schachtschmelzöfen	162
1.3.4.3	Schmelz- und Raffinationsöfen für Kupfer	167
1.3.4.4	Elektromagnetisches Rühren in Aluminiumschmelzöfen	183
1.3.5	Feinguss – Gießverfahren für Sonderlegierungen	191
1.3.5.1	Anlagentechnik für das Gießen von Titan und Titanlegierungen	192
1.3.5.2	Präzisions-Feinguss nach dem Wachs ausschmelzverfahren – ein Überblick	194
1.3.5.3	Herstellung der Gießformen für das Wachs ausschmelzverfahren	196
1.3.5.4	Schmelztiegel	197
1.3.5.5	Vakuum und Schutzgas	197
1.3.5.6	Induktives Schmelzen	198
1.3.5.7	Schleuder-Gießvorgang	198
1.4	Widerstandsbeheizte Öfen für die Produktion von Halbleitermaterialien	199
1.4.1	Züchtung von monokristallinen Siliziumingots	200

1.4.2	Züchtung von polykristallinen Siliziumingots.....	201
1.4.3	Produktion monokristalliner Ingots durch gerichtete Erstarrung	203
2.	Wärmen	205
2.1	Anlagen zum Erwärmen von Stahl	206
2.1.1	Anlagen zum Erwärmen von Halbzeugen vor dem Walzen	206
2.1.1.1	Allgemeine Übersicht.....	206
2.1.1.2	Hubherdöfen, Hubbalkenöfen.....	206
2.1.1.3	Stoßdöfen	210
2.1.1.4	Drehherdöfen	221
2.1.1.5	Methoden zur Wärmerückgewinnung.....	213
2.1.1.6	Ofenregelung	214
2.1.1.7	Ofenanlagen für Verfahren zum endabmessungsnahen Gießen	221
2.1.1.8	Induktiv beheizte Banderwärmungsanlagen.....	230
2.1.1.9	Nacherwärmung von Langprodukten in Mini-Mills.....	237
2.1.2	Anlagen zum Erwärmen von Vormaterial zum Schmieden	249
2.1.2.1	Gasbeheizte Schmiedeöfen.....	249
2.1.2.2	Induktionsanlagen.....	262
2.2	Anlagen zum Erwärmen von Nichteisenmetallen	279
2.2.1	Bammenerwärmung und -homogenisierung	279
2.2.2	Bolzenerwärmungsanlagen	285
2.2.2.1	Gasbeheizte Bolzenerwärmungsanlagen mit direkter Flammen- beaufschlagung (DFI)304	286
2.2.2.2	Gasbeheizte Bolzenerwärmungsanlagen mit Düsenfeld (Konvektionsofen)	287
2.2.2.3	Induktive Bolzenerwärmung	288
2.2.2.4	Hybrid Heating	289
3.	Wärmebehandeln	295
3.1	Wärmebehandlungsanlagen für Stahl.....	296
3.1.1	Haubenöfen	296
3.1.1.1	Haubenöfen für Blechbunde.....	296
3.1.1.2	Haubenöfen für Draht	309
3.1.2	Durchlauföfen	313
3.1.2.1	Durchlauföfen für nicht rostenden Stahl und Kohlenstoffstahl	313
3.1.2.2	Durchlauföfen zum Wärmebehandeln von Elektroblech.....	323
3.1.2.3	Öfen für Rohre, Stäbe und andere Halbzeuge.....	331
3.1.2.4	Grobblechvergütung.....	348
3.1.2.5	Öfen für Rohre, Stäbe und andere Halbzeuge.....	353
3.1.3	Wärmebehandlungsöfen für Stück- und Schüttgut.....	363
3.1.3.1	Wärmebehandlungsöfen für Schüttgüter.....	374
3.1.3.2	Induktionsöfen zum Härten und Anlassen.....	385

3.1.3.3	Einkammer-Vakuumofen.....	414
3.1.3.4	Vakuum-Mehrkammervakuumöfen.....	436
3.1.3.5	Mehrzweckkammerofen	452
3.1.3.6	Rollenherdöfen für Stückgüter.....	458
3.1.3.7	Durchstoßöfen	462
3.1.3.8	Weitere Öfen für Stückgüter	467
3.1.3.9	Vergüteanlagen	473
3.1.4	Reinigungsanlagen	480
3.2	Wärmebehandlungsanlagen für NE Metalle	484
3.2.1	Haubenöfen	484
3.2.2	Kammeröfen für Flachprodukte.....	485
3.2.3	Durchlauföfen für Flachprodukte	489
3.2.3.1	Aluminiumlegierungen	489
3.2.3.2	Kupferlegierungen.....	494
3.2.4	Kammeröfen für Langprodukte.....	497
3.2.5	Durchlauföfen für Langprodukte.....	499
3.2.6	Öfen für Guss- und Schmiedeteile	502
3.2.6.1	Kammeröfen für Guss- und Schmiedeteile	503
3.2.6.2	Durchlauföfen für Guss- und Schmiedeteile.....	504
3.2.6.3	Durchlauföfen mit Jet-Heating für die Erwärmung und die Wärmebehandlung von Schmiede- und Gussteilen aus Aluminium.....	507
3.3	Thermische Veredlung von Flachglas	512
3.4	Öfen und Brennprozesse für die Keramik	524
3.4.1	Brennstoff beheizte Keramiköfen.....	524
3.4.1.1	Werkstoffe für den Ofenbau.....	525
3.4.1.2	Durchlauföfenanlagen für die keramische Industrie	529
3.4.1.3	Chargenöfen für die keramische Industrie.....	534
3.4.1.4	Berechnung von Ofenanlagen	537
3.4.1.5	Brennprozesse keramischer Materialien.....	543
3.4.2	Drehrohröfen	579
3.5	Mikrowellenerwärmung und dielektrische Hochfrequenzerwärmung	587
3.5.1	Mikrowellenanlagen	587
3.5.1.1	Probenaufbereitung mit Mikrowellentrocknern in der Minenindustrie	588
3.5.1.2	Mikrowellentrocknung von Dialysatoren.....	589
3.5.1.3	Bedeutung der Handlingsysteme für Mikrowellen-Batchanlagen für den UpScale	590
3.5.1.4	Strangzieh Anlagen von faserverstärkten Polymerwerkstoffen mit Mikrowellen	591
3.5.1.5	Ultraschnelle Erhitzung von flüssigen Produkten zur Reaktionsbeschleunigung, Pasteurisation, Sterilisation mit Mikrowellen Flowheatern	592
3.5.1.6	Kontinuierliche Mikrowellentrocknung wabenkeramischer Produkte	593
3.5.1.7	Mikrowellentrocknung von Lebensmitteln	594
3.5.1.8	Kontinuierliche Endtrocknung im ppm-Bereich chemischer Vorprodukte.....	595
3.5.1.9	Semi-kontinuierliche Mikrowellen-Vakuumtrocknung mit Trommel.....	596

3.5.1.10	Kontinuierliche Mikrowellen-Vakuumtrocknung mit Spiraltrommel	598
3.5.1.11	Mikrowellen-Vakuumtrocknung von API im Pharmabereich unter ExSchutz	598
3.5.1.12	Entbindern von Hartmetallen mit Mehretagen Mikrowellen Hybridofen	599
3.5.2	Dielektrische Hochfrequenzerwärmung.....	601
3.5.2.1	Design, Modellierung, Produktion	603
3.5.2.2	Anwendungsbeispiele der dielektrischen Hochfrequenzerwärmung für die Holzverleimung	605
3.5.2.3	Weitere Anwendungen der dielektrischen Hochfrequenzerwärmung.....	607
3.6	Plasmaöfen zur Wärmebehandlung	608
3.6.1	Verfahrenstechnik	609
3.6.2	Ablauf des Plasmanitrierens	609
3.6.3	Gasnitrieren und Plasmanitrieren im Vergleich	610
3.6.4	Konzeptionierung von Plasmanitrieranlagen	611
3.6.5	Arbeits- und Umweltschutz	614
3.6.6	Energieeffizienz.....	614
3.6.7	Trends und Zukunftsperspektiven	617

3.7	Öfen für die Pulvermetallurgie und Sinterwerkstoffe	618
3.7.1	Öfen für die Pulvermetallurgie	618
3.7.1.1	Anlagen zur Pulverherstellung	619
3.7.2	Öfen zum Sintern	628
3.7.2.1	Prinzipielle Prozessschritte	628
3.7.2.2	Anlagen zum Sintern	634
3.7.3	Drehrohrsinteröfen für Ferrite	640
3.7.3.1	Vorsintern im Drehrohröfen	640
3.7.3.1.1	Kalzinieren von Hartferriten	641
3.8	Öfen für die Herstellung von Kohlenstofffasern	647
3.8.1	Einführung	647
3.8.2	Prozess	648
3.8.3	Öfen zur Herstellung von Kohlenstofffasern	650
3.8.3.1	Oxidationsöfen	650
3.8.3.2	Niedertemperatur-Karbonisierungsöfen	651
3.8.3.3	Hochtemperatur-Karbonisierungsöfen	652
3.9	Infraroterwärmungsanlagen	654
3.9.1	Kunststoffverarbeitung	657
3.9.2	Lackrocknung	657
3.9.3	Lebensmittelindustrie	658
3.9.4	Spezialanwendung	659
3.9.5	Reinraumanwendung	660
3.9.6	Zusammenfassung und Ausblick	660
4	Oberflächentechnik	661
4.1	Feuerverzinkungsanlagen	662
4.1.1	Feuerverzinkungsprozess	662
4.1.2	Feuerverzinkungsstraße	666
4.1.3	Glühverfahren	667
4.1.4	Glühtechnologie	668
4.2	Öfen zum Tauchverzinnen	672
4.3	Lackrockner	675
4.3.1	Grundsätzliche Bauarten	675
4.3.2	Effizienter Einsatz von Energie und Prozessmedien	676
4.3.3	Wärmeübertragungsarten	680
4.4	Öfen zur Pulverbeschichtung	686
4.5	Induktives Erwärmen bei beschichteten Bändern	688
4.6	PVD-Verfahren zur Abscheidung von verschleiß- und reibungsmindernden sowie dekorativen Schichten	689

Inhalt	XXV
4.6.1 Verfahrenstechnische Grundlagen.....	689
4.6.1.1 Erzeugung des Teilchenflusses.....	690
4.6.1.2 Charakteristika des Plasmas	692
4.6.1.3 Industrielle Plasmaerzeugung.....	692
4.6.2 Beschichtungsprozess.....	694
4.6.2.1 Zonenmodel.....	694
4.6.2.2 Wirkung von hochenergetischen Teilchen beim Schichtwachstum.....	695
4.6.3 Plasma und -ionengestützte PVD-Beschichtungsverfahren.....	697
4.6.3.1 Elektronenstrahlverdampfung mit Plasma- und Ionenaktivierung.....	697
4.6.3.2 Bogenentladung für die Beschichtung	702
4.6.3.3 Sputterverfahren	713
4.6.4 PVD-Beschichtungstechnologie.....	718
4.6.4.1 Teilprozesse von PVD-Beschichtungsprozessen.....	718
4.6.4.2 Energetische Betrachtungen: Beispiel kathodische Vakuum- Bogenentladungsverdampfung	720
5 Fügen und Trennen	725
5.1 Löten	726
5.1.1 Einsatz und Anwendungsbeispiele von Lötöfen.....	726
5.1.2 Vakuum Hochtemperaturlöten.....	731

5.1.2.1	Lötprozesse	731
5.1.2.2	Vakuumlöten	732
5.1.2.3	Lote	732
5.1.2.4	Einkammer-Vakuumöfen	732
5.1.2.5	Vakuumlöten von Plattenwärmetauschern	735
5.1.2.6	Fazit	738
5.2	Induktionsverfahren zum Schweißen	738
5.2.1	Induktives Längsnahtschweißen von Rohren	738
B	Komponenten	745
1.	Brennstoff-Erwärmung	746
1.1	Industriebrenner	746
1.1.1	Ausführungsformen	746
1.1.1.1	Kaltluftbrenner	746
1.1.1.2	Warmluftbrenner	760
1.1.1.3	Rekuperatorbrenner	771
1.1.1.4	Regeneratorbrenner	781
1.1.2	Armaturen und Elektronik	787
1.1.2.1	Gas- und Luftversorgung	782
1.1.2.2	Automatische Absperrarmaturen	792
1.1.2.3	Dichtheitskontrolle	795
1.1.2.4	Brennerregelung	796
1.1.2.5	Brennerzündung und -überwachung	799
1.1.3	Sicherheitsaspekte der Betrieblichen Gasversorgung mit Erdgas	804
1.1.3.1	Gesetzliche Vorschriften und Regelwerke	804
1.1.3.2	Gas-Druckregel- und Messanlagen in Industriebetrieben	808
1.1.3.3	Erdgasleitungen auf dem Werksgelände	812
1.1.4	Verbrennung mit reinem Sauerstoff – Oxyfuel	816
1.1.4.1	Grundlagen	817
1.1.4.2	Flammlöse Verbrennung	824
1.1.4.3	Anwendungen	826
1.1.4.4	Brennersysteme	831
1.2	Abwärmenutzung	833
1.2.1	Zentral-Rekuperatoren	833
1.2.1.1	Rekuperatorbauarten	835
1.2.1.2	Temperaturregelung und Rekuperatorschutz	844
1.2.1.3	Werkstoffe für Rekuperatoren	849
1.2.1.4	Korrosionen an Rekuperatoren	852
1.2.1.5	Betriebskostensenkung durch den Einsatz von Zentral-Rekuperatoren	855
1.2.2	Regeneratoren	856
1.2.2.1	PulsReg® Klassische Regeneratoren	856
1.2.2.2	PulsReg® Central-Regeneratoren	858

1.2.2.3	PulsReg® Medusa Regeneratoren.....	858
1.2.2.4	RegClean® Reinigung der Wärmetauscherfüllung während des Betriebes	859
1.2.2.5	EcoReg® Drehbett-Regenerator	861
1.2.2.6	MidiReg® Regenerator-Brenner	863
1.3	Schutz- und Reaktionsgase.....	864
1.3.1	Liefergase – Technische Gase	864
1.3.2	Kryogene Produktion von Luftgasen	866
1.3.3	Alternative Verfahren zur Gewinnung von Luftgasen.....	867
1.3.4	Wasserstofferzeugung	869
1.3.5	Versorgung-Lieferformen	869
1.3.6	Sicherer Umgang mit Technischen Gasen.....	870
1.3.2	Schutz- und Reaktionsgasanlagen.....	872
1.3.2.1	Herstellung von Schutz- und Reaktionsgasen	873
1.3.2.2	Liefergas- und Gasmischanlagen	875
1.3.2.3	Schutzgaserzeugung im Arbeitsraum.....	876
1.3.2.4	Anwendungen von Schutz- und Reaktionsgasen.....	876
1.4	Strahlheizrohre.....	877
1.4.1	Strahlrohrbauformen	877

1.4.2	Wärmerückgewinnung bei Strahlheizrohren	880
1.4.3	Temperaturgleichmäßigkeit	883
1.4.4	Regelung von Strahlheizrohren	884
1.4.5	Strahlrohranordnung und Auslegung	884
1.4.6	Simulationsmethoden zur Auslegung von Strahlheizrohren	888
1.4.6.1	Einfache Modelle zur Berechnung von Strahlheizrohren	888
1.4.6.1.1	Thermospannung durch Temperaturgradienten über die Blechdicke	888
1.4.6.1.2	Thermospannung durch Temperaturunterschiede über die Oberfläche	889
1.4.6.2	Fluid-Struktur-Kopplung	891
1.4.6.3	Strömungssimulation (FVM/CFD-Modell)	893
1.4.6.4	Strukturmechaniksimulation (FEM-Modell)	897
1.4.6.5	Auswirkungen der Brennerposition in rezirkulierenden Rohren	901
1.4.6.6	Auswirkungen der optimalen Form	902
1.4.6.7	Berücksichtigung thermischer Lastwechsel	903
1.4.6.8	Berücksichtigung der Umgebung von Strahlheizrohren	908
2.	Elektrische Erwärmung	915
2.1	Energieversorgung für Induktionsanlagen	916
2.1.1	Grundlagen der Energieversorgung für die induktive Erwärmung	916
2.1.2	NF-Energieversorgung	919
2.1.2.1	NF-Schaltanlagen in konventioneller Technik	919
2.1.2.2	NF-Umrichtertechnik	920
2.1.3	MF-Umrichter	925
2.1.3.1	Parallelschwingkreis-Umrichter	925
2.1.3.2	Serienschwingkreis-Umrichter	928
2.1.3.3	Umrichter mit L-LC-Lastschaltung	929
2.1.4	HF-Umrichter	930
2.1.4.1	Serienschwindkreis-Umrichter für HF-Anwendungen	931
2.2	Grundlagen der Steuerungs- und Regelungstechnik für widerstandsbeheizte industrielle Ofenanwendungen	933
2.2.1	Grundlagen der allgemeinen Regelungstechnik	933
2.2.1.1	Grundprinzip einer Regelung in Thermprozessanlagen	933
2.2.1.2	Typen von Reglern	934
2.2.1.3	Kaskadenregelung	936
2.2.2	Verschaltungsmöglichkeiten von Heizelementen	936
2.2.2.1	Grundlagen	936
2.2.2.2	Dreieckschaltung	936
2.2.2.3	Sternschaltung	937
2.2.2.4	Reihen- und Parallelschaltung von ohmschen Verbrauchern	937
2.2.3	Leistungsstellung von Heizelementen	938
2.2.3.1	Schützsteuerung	938
2.2.3.2	Thyristorsteuerung	938

Inhalt	XXIX
2.2.4	Regelungstechnisches Verhalten unterschiedlicher Heizsysteme..... 940
2.2.4.1	Heizleiter aus metallischen Widerstandsmaterial 940
2.2.4.2	Heizleiter aus keramischen Widerstandsmaterial (SiC) 941
2.2.4.3	Heizleiter aus metallisch-keramischen Widerstandsmaterial (MoSi ₂)..... 942
C	Sicherheit und Normung von Thermoprozessanlagen..... 945
1.	Anlagensicherheit bei dem Einsatz brennbarer Schutzgase 946
1.1	Grundlagen des Explosionsschutzes..... 946
1.2	Beurteilung der Explosionsgefahr 948
1.2.1	Grundsatz 948
1.2.2	Stoffeigenschaften 948
1.2.3	Beurteilung der Prozessschritte in der Anlage..... 950
1.2.4	Beispiele 952
1.3	Schutzmaßnahmen 952
1.3.1	Grundlagen 952
1.3.2	Beispiele zu den Schutzmaßnahmen..... 954
1.3.2.1	Primärer Explosionsschutz 954

1.3.2.2	Vermeiden von Zündquellen	955
1.3.2.3	Begrenzung der Explosionsauswirkungen auf ein unbedenkliches Maß	960
1.4	Sicherheitskonzepte	965
2.	Explosionsschutz bei Thermoprozessanlagen.....	969
2.1	Hauben- und Kammeröfen.....	969
2.2	Durchlauföfen mit Schleusen für den Gutein- und -austritt	971
2.3	Durchlauföfen mit mechanischen Abdichtungen am Ein- und Austritt	973
2.4	Durchlauföfen mit offenen Übergängen, Strahlvorhängen und Streifenabdichtungen.....	973
3.	Hilfseinrichtungen zur Vermeidung von Explosionen bei Thermoprozessanlagen	977
3.1	Gaswarneinrichtungen	977
3.2	EMSR/PLT-Einrichtungen	980
3.3	Sicherheit von Brenngasinstallationen	983
3.4	Abgasanlagen.....	985
3.5	Zusammenfassung	987
4.	Steuern, Regeln, Überwachen und Visualisieren von Thermoprozessanlagen	989
4.1	Automatisierungspyramide: Einordnung der Systeme.....	989
4.2	Automatisierungstechnik: Steuern, Regeln und Überwachen	989
4.3	Fehlersichere Schutzsysteme: Das Primat der Sicherheit.....	989
4.4	HMI: Bedienen und Beobachten.....	990
4.5	Condition Monitoring: Ausfallkritische Bauteile überwachen	991
4.6	PLS: Archivieren, Dokumentieren, Optimieren und Analysieren	991
4.7	Modernisierung von Steuerungen.....	991
5.	Normen und gesetzliche Vorschriften	993
5.1	Normungsorganisationen	993
5.2	Normen, Normungsbezeichnungen und deren Wirkungsbereich	995
5.2.1	DIN-Norm.....	996
5.2.2	EN-Norm und DIN EN-Norm.....	996
5.2.3	ISO-Norm, DIN ISO-Norm, EN ISO-Norm und DIN EN ISO-Norm.....	996
5.3	Grundsätzliches zur europäischen Normungsarbeit.....	997
5.3.1	EG-Binnenmarkt-Richtlinien und -Verordnungen	997
5.3.2	Grundlegende Konzeption der sicherheitsgerichteten Richtlinien, Verordnungen und Normen.....	997
5.3.3	Zusammenhang zwischen Richtlinie/Verordnung und Normung.....	998
5.3.4	Anwendung europäischer harmonisierter Normen	999

Inhalt	XXXI
5.4 Die EG-Maschinenrichtlinie	999
5.4.1 Struktur der Maschinenrichtlinie	999
5.4.2 Allgemeine Anforderungen an Maschinen	1001
5.4.3 Grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen	1001
5.4.4 Konformitätsbewertungsverfahren	1003
5.4.5 Verfahren für unvollständige Maschinen	1005
5.4.6 CE-Kennzeichen	1006
5.4.7 Schutzklauselverfahren	1006
5.4.8 Betrieb von Anlagen unter der Betriebssicherheitsverordnung sowie dem Vorschriften- und Regelwerk der gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)	1006
5.4.9 Vermutungswirkung	1007
5.4.10 Normungsstruktur zur Maschinenrichtlinie	1007
5.4.11 Aufbau einer Typ C-Norm	1008
5.5 Weitere EG-Richtlinien	1009
5.5.1 Druckgeräte richtlinie (PED)	1009
5.5.2 Gasgeräteverordnung (GAR)	1010
5.6 Übersicht von Normen für Thermoprozessanlagen mit Bezug zur Maschinenrichtlinie	1010
5.7 Übersicht von Normen für Thermoprozessanlagen mit Bezug zur Elektrotechnik	1011
5.8 Übersicht von ISO-Normen für Thermoprozessanlagen	1013
Alphabetisches Firmenverzeichnis	1017
Inserentenverzeichnis	1023