

Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie

4., neubearbeitete und erweiterte Auflage

Band 3

Verfahrenstechnik II und Reaktionsapparate

81.072
U 41 (4)
3

Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie

4., neubearbeitete und erweiterte Auflage

Band 3

Verfahrenstechnik II und Reaktionsapparate

3K33/1.6



Verlag Chemie, Weinheim/Bergstr.

Dieses Buch enthält 614 Abbildungen und 118 Tabellen.

ISBN 3-527-20000-2 (Gesamtwerk)
3-527-20003-7 (Band 3)

Library of Congress Catalog Card No. 70-189832

Copyright © 1973 by Verlag Chemie GmbH, Weinheim/Bergstr.

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form — durch Photokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren — reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. All rights reserved (including those of translation into foreign languages). No part of this book may be reproduced in any form — by photoprint, microfilm, or any other means — nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publishers.

Warenzeichen. Wenn Namen, die in der Bundesrepublik Deutschland als Warenzeichen eingetragen sind, in dieser Encyklopädie ohne besondere Kennzeichnung wiedergegeben werden, so berechtigt die fehlende Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß der Name nicht geschützt ist und von jedermann verwendet werden darf.

Schutzumschlag: Werbe- und Graphikteam José Steinbach, Schriesheim
Herstellungsleitung, Typographie und Einband: Maximilian Montkowski
Satz und Druck: Großdruckerei Erich Spandel, Nürnberg
Buchbinderarbeiten: Großbuchbinderei Monheim, Monheim/Schwaben

Printed in Germany

Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie

4., neubearbeitete und erweiterte Auflage

Herausgegeben

von

Prof. Dr. E. Bartholomé
Badische Anilin- & Soda-Fabrik AG, Ludwigshafen

Prof. Dr. E. Biekert
Knoll AG - Chemische Fabriken, Ludwigshafen

Prof. Dr. H. Hellmann
Chemische Werke Hüls AG, Marl

Dr. H. Ley
Metallgesellschaft AG, Frankfurt/Main

Redaktion

Dr. Hertha Buchholz-Meisenheimer
Dr. Jörg Frenzel, Dr. Rudolf Pfefferkorn



Verlag Chemie, Weinheim/Bergstr.

Vorwort

Nachdem in Band 2 die eigentlichen Grundoperationen, die das Zerkleinern, Trennen, Mischen und Stückigmachen betreffen, sowie die Heiz- und Kühltechnik als erster Teil der Verfahrenstechnik behandelt wurden, folgen im vorliegenden Band 3 Beiträge über Werkstoff-Fragen sowie über die Druck- und Vakuumtechnik, das Fördern und die Kältetechnik, die im erweiterten Sinn noch den Grundoperationen zuzurechnen sind.

Etwa die Hälfte des Bandes nehmen die Reaktionsapparate ein. Die theoretische Durchdringung der technischen Reaktionsführung hat seit dem letzten Krieg einen großen Aufschwung genommen, wie den Beiträgen dieses Bandes sowie dem schon in Band 1 erschienenen Artikel über die Grundlagen der Reaktionstechnik zu entnehmen ist. Die Verfahrensentwicklung, worunter die Ausarbeitung eines Verfahrens von ersten Versuchen bis zur technischen Anlage verstanden werden soll, ist Thema von Band 4.

Sonderkapitel in Band 3 sind der Elektrolyse und den Photoreaktionen gewidmet. Die Elektrolyse wird von einem recht ausführlichen Kapitel über elektrochemische Gesetzmäßigkeiten eingeleitet, die Voraussetzung für das Verständnis der elektrolytischen Prozesse sind.

Wie schon die vorangehenden Bände enthält auch dieser Band neben dem deutschen ein englisches Register.

Der Ullmann verwendet jetzt einheitlich das SI-Einheitensystem. Nur bei Tabellen und Abbildungen, die aus der Literatur übernommen wurden, ist zum Teil auf eine Umrechnung verzichtet worden. Für manchen Leser wird die Umstellung auf die neuen gesetzlichen Einheiten eine Belastung bedeuten. Eine weitere Verwendung der bisher gewohnten Einheiten würde aber den Ullmann in wenigen Jahren als veraltet erscheinen lassen.

Wir haben uns wieder bemüht, in allen Artikeln Theorie und Praxis in wohl abgewogenem Maß nebeneinander zu stellen und den Inhalt so zu gestalten, daß Chemiker und Ingenieure in gleicher Weise Gewinn davon haben. Wir danken allen Autoren für ihre Mitwirkung und die gute Zusammenarbeit.

Herausgeber, Redaktion und Verlag

19943

Band 1: Allgemeine Grundlagen der Verfahrens- und Reaktionstechnik

Band 2: Verfahrenstechnik I (Grundoperationen)

Band 3: Verfahrenstechnik II und Reaktionsapparate

Band 4: Verfahrensentwicklung und Planung von Anlagen

Band 5: Physikalische und physikalisch-chemische Analysenverfahren

Band 6: Meßverfahren und Umweltschutz

Band 7: Acaricide - Äthylen

Band 8 und folgende: Weitere Stichworte von A—Z in alphabetischer Reihenfolge

Zwischenregister nach je drei alphabetischen Bänden

Gesamtregister

Symbole

Die wichtigsten, in der Encyklopädie im allg. verwendeten Symbole sind folgende:

<i>a</i>	Aktivität
<i>A</i>	Arbeit
<i>c</i>	Konzentration
<i>C</i>	Kapazität
<i>c_p, c_v</i>	Spez. Wärme bei konst. Druck bzw. konst. Volumen
<i>C_p, C_v</i>	Molwärme bei konst. Druck bzw. konst. Volumen
<i>d</i>	Durchmesser
<i>d</i>	relative Dichte ($\rho/\rho_{\text{H}_2\text{O}}$)
<i>D</i>	Diffusionskoeffizient
<i>E</i>	Energie
<i>E</i>	elektrische Feldstärke
<i>E</i>	elektromotorische Kraft
<i>E_A</i>	Aktivierungsenergie
<i>f</i>	Aktivitätskoeffizient
<i>F</i>	freie Energie
<i>F</i>	Fläche
<i>F</i>	FARADAY-Konstante
<i>g</i>	Erdbeschleunigung
<i>G</i>	freie Enthalpie
<i>h</i>	Höhe
<i>H</i>	Enthalpie
<i>I</i>	elektrische Stromstärke
<i>k</i>	Stoffdurchgangskoeffizient
<i>k</i>	Geschwindigkeitskonstante chemischer Reaktionen
<i>k</i>	BOLTZMANN-Konstante
<i>k_m</i>	Stoffübergangskoeffizient (auch β)
<i>K</i>	Gleichgewichtskonstante (ggf. mit Indices, z. B. K_p , K_c)
<i>L</i>	Länge
<i>M</i>	relative Molekülmasse („Molekulargewicht“)
<i>m</i>	Masse
<i>n</i>	Anzahl, z. B. Molzahl
<i>N_A</i>	LOSCHMIDTSche Zahl
<i>p</i>	Druck
<i>p_a</i>	Überdruck
<i>Q</i>	Wärme
<i>r</i>	Reaktionsgeschwindigkeit
<i>r</i>	Radius
<i>R</i>	Gaskonstante
<i>R</i>	elektrischer Widerstand
<i>S</i>	Entropie
<i>t</i>	Zeit
<i>T</i>	Temperatur (in K; ϑ für °C)
<i>u</i>	Geschwindigkeit
<i>U</i>	elektrische Spannung
<i>U</i>	innere Energie
<i>V</i>	Molvolumen
<i>v</i>	Gesamtvolumen
<i>x</i>	Molenbruch in Flüssigkeiten
<i>y</i>	Molenbruch in der Dampfphase
<i>z</i>	Anzahl elektrischer Elementarladungen

Symbols

The most important symbols used in the Encyclopedia are:

<i>a</i>	activity
<i>A</i>	work
<i>c</i>	concentration
<i>C</i>	capacity
<i>c_p, c_v</i>	specific heat at constant pressure and constant volume
<i>C_p, C_v</i>	molar heat capacity at const. pressure and const. volume
<i>d</i>	diameter
<i>d</i>	relative density ($\rho/\rho_{\text{H}_2\text{O}}$)
<i>D</i>	diffusion coefficient
<i>E</i>	energy
<i>E</i>	electric field strength
<i>E</i>	electromotive force
<i>E_A</i>	activation energy
<i>f</i>	activity coefficient
<i>F</i>	HELMHOLTZ function
<i>F</i>	area
<i>F</i>	FARADAY constant
<i>g</i>	acceleration of free fall
<i>G</i>	GIBBS free energy
<i>h</i>	height
<i>H</i>	enthalpy
<i>I</i>	electric current
<i>k</i>	overall mass transfer coefficient
<i>k</i>	rate constant of chemical reaction
<i>k</i>	BOLTZMANN constant
<i>k_m</i>	mass transfer coefficient (also β)
<i>K</i>	equilibrium constant (if necessary with indices, e. g. K_p , K_c)
<i>L</i>	length
<i>M</i>	relative molecular mass
<i>m</i>	mass
<i>n</i>	number, e. g. number of gram molecules
<i>N_A</i>	AVOGADRO constant
<i>p</i>	pressure
<i>p_a</i>	superpressure
<i>Q</i>	heat
<i>r</i>	reaction rate
<i>r</i>	radius
<i>R</i>	gas constant
<i>R</i>	resistance
<i>S</i>	entropy
<i>t</i>	time
<i>T</i>	temperature (in K; ϑ for °C)
<i>u</i>	velocity
<i>U</i>	potential difference
<i>U</i>	internal energy
<i>V</i>	molar volume
<i>v</i>	total volume
<i>x</i>	mole fraction in liquids
<i>y</i>	mole fraction in the vapor phase
<i>z</i>	valency of an ion

α	linearer Ausdehnungskoeffizient
α	Wärmeübergangskoeffizient (Wärmeübergangszahl)
α	Dissoziationsgrad
α	Trennfaktor
β	Stoffübergangskoeffizient (auch k_m)
γ	kubischer Ausdehnungskoeffizient
η	dynamische Viskosität
θ	Temperatur (in °C)
κ	c_p/c_v
λ	Wärmeleitfähigkeit
μ	chemisches Potential
ν	stöchiometrische Molekülzahl
ν	Frequenz
ν	kinematische Viskosität (η/ρ)
π	osmotischer Druck
ρ	Dichte
σ	Oberflächenspannung
τ	Schubspannung
φ	elektrisches Potential
φ	Fugazitätskoeffizient
χ	Kompressibilität

Indices

0	als Index für reine Stoffe und zur Bezeichnung eines Anfangszustandes
—	für Mittelwerte, z. B. $\bar{x}$
·	für Differentialquotienten, als $x = dx/dt$
G	für Gasphase
L	für Flüssigphase
S	für feste Phase
k	kritischer Punkt

α	linear expansion coefficient
α	heat transfer coefficient (heat transfer number)
α	degree of dissociation
α	separation factor
β	mass transfer coefficient (also k_m)
γ	cubic expansion coefficient
η	viscosity
θ	temperature (in °C)
κ	c_p/c_v
λ	thermal conductivity
μ	chemical potential
ν	stoichiometric number of molecules
ν	frequency
ν	kinematic viscosity (η/ρ)
π	osmotic pressure
ρ	density
σ	surface tension
τ	shear stress
φ	electric potential
φ	fugacity coefficient
χ	compressibility

Indices

0	as index for pure substances (components), and as symbol for initial state
—	marking for mean value, e. g. $\bar{x}$
·	marking for differential quotients
G	for gaseous phase
L	for liquid phase
S	for solid phase
k	critical point

Abkürzungen

Für *Patente* werden folgende Länderabkürzungen verwendet:

AU	Australien
BE	Belgien
CA	Kanada
CH	Schweiz
CS	Tschechoslowakei
DK	Dänemark
DL	Deutschland (DDR)
DT	Deutschland (Bundesrepublik Deutschland)
FR	Frankreich
BG	Großbritannien
HU	Ungarn
IL	Israel
IT	Italien
JA	Japan
NL	Niederlande
OE	Österreich
SU	Sowjetunion
SW	Schweden
US	Vereinigte Staaten von Amerika

Für *Zeitschriften* werden die in Chem. Abstracts üblichen Abkürzungen benutzt.

Abbreviations

The following abbreviations are used in references to *patents*:

AU	Australia
BE	Belgium
CA	Canada
CH	Switzerland
CS	Czechoslovakia
DK	Denmark
DL	German Democratic Republic
DT	German Federal Republic
FR	France
GB	Great Britain
HU	Hungary
IL	Israel
IT	Italy
JA	Japan
NL	Netherlands
OE	Austria
SU	Soviet Union
SW	Sweden
US	United States of America

Journal titles are abbreviated in the same style as is used in Chem. Abstracts.

Einheiten

Units

Umrechnung der wichtigsten bisher üblichen Einheiten auf das hier generell verwendete SI-System:

Conversion of the most important previously used into the now generally adopted SI units.

Kraft – Force: **1 kp = 9,80665 N $\approx$ 10 N**

$$1 \text{ dyn} = 10^{-5} \text{ N}$$

Druck: Anstelle des offiziellen Pa (Pascal) bevorzugen wir das bar ($1 \text{ Pa} = 10^{-5} \text{ bar}$). – Pressure: Instead of the officially adopted Pa we prefer the bar ($1 \text{ Pa} = 10^{-5} \text{ bar}$).

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kp/cm}^2 = 0,980665 \text{ bar} \approx 1 \text{ bar}$$

$$1 \text{ atm} = 1,01325 \text{ bar}$$

$$1 \text{ Torr} = 1 \text{ mmHg} = 1,33322 \text{ mbar} \approx 1,33 \text{ mbar}$$

$$1 \text{ mm WS} \approx 0,1 \text{ mbar}$$

Mechanische Spannung – Mechanical tension:

$$1 \text{ kp/mm}^2 = 9,80665 \text{ N/mm}^2 \approx 10 \text{ N/mm}^2$$

Dynamische Viskosität – Dynamic viscosity:

$$1 \text{ cP} = 1 \text{ mPa}\cdot\text{s}$$

Kinematische Viskosität – Kinematic viscosity:

$$1 \text{ cSt} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Arbeit, Energie, Wärmemenge – Work, Energy, Quantity of heat:

$$1 \text{ kp m} = 9,80665 \text{ J} \approx 10 \text{ J} \quad (1 \text{ J} = 1 \text{ Ws})$$

$$1 \text{ kcal} = 4,1868 \text{ kJ} \approx 4,2 \text{ kJ}$$

Leistung – Power:

$$1 \text{ PS} \approx 0,74 \text{ kW}$$

Werkstoffe und Lärmschutz

Materials and Noise Suppression

Werkstoffe in der chemischen Industrie — Materials in the Chemical Industry 1

Mechanische Eigenschaften metallischer Werkstoffe und ihre Prüfung — Mechanical Properties and Testing of Metals 52

Schall- und Schwingungsisolierung — Soundproofing and Vibration Insulation 71

Inhaltsverzeichnis – Contents

Werkstoffe und Lärmschutz Materials and Noise Suppression

Werkstoffe in der chemischen Industrie — Materials in the Chemical Industry 1

Priv.-Doz. Dr. H. GRÄFEN unter Mitarbeit von Dipl.-Met. K. GERISCHER, Dr. E.-M. HORN, Dr. H. SCHINDLER, Leverkusen

1. Anforderungen an die Werkstoffe	2	Materials Requirements	2
2. Normung und Prüfung	4	Standardization and Testing	4
3. Eigenschaften und Anwendung der Werkstoffe	14	Properties and Application of Materials	14
4. Elektrochemische Korrosionsschutz- maßnahmen	40	Electrochemical Anticorrosion Processes	40
5. Literatur	44	References	44
6. Beratungsstellen für Werkstoff-Fragen	50	Consultants for Questions Relating to Materials	50

Mechanische Eigenschaften metallischer Werkstoffe und ihre Prüfung — Mechanical Properties and Testing of Metals 52

Prof. Dr. rer. nat. H. SPÄHN und Dipl.-Phys. E. MÜLLER, Ludwigshafen

1. Prüfung der mechanischen Werkstoff- eigenschaften	53	Testing the Mechanical Properties	53
2. Die Bedeutung der mechanischen Werkstoff- eigenschaften für die Werkstoffbeurteilung und die Berechnung von Konstruktionsteilen	69	The Significance of Mechanical Properties for Assessing Materials and Strength Calculation of Constructional Components	69
3. Literatur	70	References	70

Schall- und Schwingungsisolierung — Soundproofing and Vibration Insulation 71

Dipl.-Ing. J. WALSDORFF, Ludwigshafen

1. Grundlagen	70	Fundamental Principles	70
2. Schallschutz und Schwingungsisolierung	77	Sound Proofing and Vibration Insulation	77
3. Literatur	82	References	82

Druck- und Vakuumtechnik High-Pressure and High-Vacuum Techniques

Drucktechnik — High-Pressure Techniques 83

Dipl.-Ing. G. SCHULZE, Ludwigshafen

1. Anwendung hoher Drücke in der Chemie und Druckbereiche	83	Use of High Pressures in Chemistry and Pressure Stages	83
2. Druckgefäße	84	Pressure Vessels	84
3. Maschinen der Drucktechnik	87	Pressure Machinery	87
4. Druckrohrleitungen und -armaturen	95	Pressure Piping and Pressure Pipe Fittings	95
5. Druckdichtungen	96	Pressure Gaskets	96
6. Literatur	98	References	98

Vakuumtechnik — Vacuum Techniques 99

Dr. G.-W. OETJEN, Köln-Bayental

1. Grundlagen	99	Fundamental Principles	99
2. Vakuumgeräte	107	Vacuum Equipment	107
3. Vakuumanlagen und -verfahren	124	Vacuum Plant and Processes	124
4. Literatur	128	References	128

Fördern**Conveying Materials****Fördern — Conveying Materials 131**

Dr.-Ing. E. MUSCHELKNAUTZ und Dipl.-Ing. H. WOJAHN, Leverkusen

1. Mechanische Stetigförderer	132	Mechanical Continuous Conveyers	132
2. Pneumatische und hydraulische Förderung	140	Pneumatic and Hydraulic Conveyers	140
3. Pumpen	155	Pumps	155
4. Rohrleitungen	173	Piping	173
5. Dichtungen und Packungen	177	Seals and Packings	177
6. Literatur	182	References	182

Kälte- und Tieftemperaturtechnik**Refrigeration and Cryogenics****Kältetechnik — Refrigeration 185**

Dr. H. HENRICI und Dipl.-Ing. S. HAAF, Sürth bei Köln

1. Kälteerzeugung	186	Refrigeration	186
2. Bauelemente von Kaldampfmaschinen	197	Components of Compression Refrigeration Cycles	197
3. Kälteanwendung	207	Refrigeration Applications	207
4. Literatur	215	References	215

Tieftemperaturtechnik — Cryogenics 219

Dipl.-Phys. M. STREICH, Höllriegelskreuth

1. Kälteerzeugung	220	Refrigeration	220
2. Tieftemperatur-Trennmethode	238	Low Temperature Separation Methods	238
3. Literatur	250	References	250

Elektrolyse; Photoreaktionen**Electrolysis; Photoreactions****Elektrolyse — Electrolysis 253**

Prof. Dr. H. WENDT, Darmstadt

1. Theoretische Grundlagen	255	Theoretical Principles	255
2. Technische Elektrolysen	277	Industrial Electrolysis	277
3. Literatur	303	References	303

Photoreaktionen — Photoreactions 305

Dr. M. FISCHER und Dr. H. BARZYNSKI, Ludwigshafen

1. Photochemische Synthesen	305	Photochemical Syntheses	305
2. Lichtinduzierte Polymerisation	314	Light-Induced Polymerization	314
3. Literatur	318	References	318

Reaktionsapparate**Reactors****Homogene Gas- und Flüssigphasereaktionen — Homogeneous Gas and Liquid Phase Reactions 321****Nicht katalysierte homogene Gasreaktionen — Uncatalyzed Homogeneous Gas Reactions 321**

Prof. Dr. F. FETTING, Darmstadt

1. Reaktoren für exotherme Reaktionen	322	Reactors for Exothermic Reactions	322
2. Reaktoren für endotherme Reaktionen	328	Reactors for Endothermic Reactions	328
3. Literatur	341	References	341

Reaktionsapparate für homogene Reaktionen in flüssiger Phase — Equipment for Homogeneous Liquid Phase Reactions 342

Dr. J. WEIKARD, Leverkusen

1. Einleitung	342	Introduction	342
2. Reaktoren	345	Reactors	345
3. Auftreten von neuen Phasen	353	Formation of a second Phase	353
4. Literatur	353	References	353

Flüssig-Flüssig- und Gas-Flüssig-Reaktionen — Liquid-Liquid and Gas-Liquid Reactions 355**Reaktionsapparate für Flüssig-Flüssig-Reaktionen — Equipment for Liquid-Liquid Reactions 355**

Dr. J. WEIKARD, Leverkusen

1. Kinetik	355	Kinetics	355
2. Reaktoren	356	Reactors	356
3. Literatur	356	References	356

Reaktionsapparate für Gas-Flüssig-Reaktionen — Equipment for Gas-Liquid Reactions 357

Dr. H. KÜRTE und Dr. P. MAGNUSSEN, Ludwigshafen

1. Auswahlkriterien	358	Selection Criteria	358
2. Reaktionsapparate und Anwendungsbeispiele	365	Reaction Apparatuses and Examples of Their Application	365
3. Literatur	392	References	392

Nichtkatalytische Reaktionen mit Feststoffen — Uncatalyzed Reactions with Solids 395**Schachtöfen — Blast Furnaces 395**

Dr. A. MELIN, Stolberg

1. Eisenhüttenwesen	396	Metallurgy of Iron	396
2. Nichtisenmetallurgie	397	Non-iron Metallurgy	397
3. Literatur	399	References	399

Konverter — Converters 400

Dr. A. MELIN, Stolberg

1. Konvertertypen	400	Converter Types	400
2. Anwendungsbeispiele	401	Applications	401
3. Literatur	405	References	405

Röstverfahren — Roasting Processes 406

Dipl.-Ing. C.-A. MAELZER, Frankfurt

Etagen-, Staubröst- und Schwebeschmelzöfen — Multiple Hearth Furnaces, Dust Roasters, Suspension Furnaces 408

Dr. U. H. ESCH † und Dipl.-Ing. C.-A. MAELZER, Frankfurt

1. Etagenöfen	408	Multiple Hearth Furnaces	408
2. Staubröstöfen	411	Dust Roasters	411
3. Schwebeschmelzöfen	412	Suspension Furnaces	412
4. Literatur	414	References	414

Drehrohröfen — Rotary Furnaces 415

Dr. U. H. ESCH †, Dipl.-Ing. H. J. KÖNIG, Dipl.-Ing. L. UHL und Dipl.-Ing. D. WERNER, Frankfurt

1. Konstruktion und Betrieb	415	Construction and Operation	415
2. Einzelne Anwendungen	420	Individual Applications	420
3. Literatur	431	References	431

Wirbelschichtreaktoren für nichtkatalytische Reaktionen — Fluidized-Bed Reactors for Uncatalyzed Reactions 433

Dr.-Ing. L. REH, Frankfurt

1. Einleitung	434	Introduction	434
2. Verfahrenstechnische Grundlagen	438	Process Technology	438
3. Wirbelschichtverfahren	449	Fluidized-Bed Processes	449
4. Literatur	458	References	458

Reaktoren mit direkter Beheizung durch umlaufende Wärmeträger — Reactors Directly Heated by Circulated Heat Carriers 461

Dr.-Ing. E. MOSBERGER, Frankfurt

1. Direkte Beheizung mit Wälzgas	461	Direct Heating with Circulated Gas	461
2. Direkte Beheizung mit umlaufenden Feststoffen	463	Direct Heating with Circulated Solids	463
3. Literatur	464	References	464

Reaktionen an festen Katalysatoren — Reactions on Solid Catalysts 465**Gaskatalyse in Festbettreaktoren — Gas Catalysis in Fixed-Bed Reactors 465**

Dr.-Ing. H.-P. HORTIG, Frankfurt/Main-Höchst

1. Grundsätzliche Vorbemerkungen	465	Introduction	465
2. Reaktionsapparate mit ungelenktem Temperaturverlauf	466	Reactors without Temperature Control	466
3. Reaktoren mit Temperaturlenkung	469	Reactors with Temperature Control	469
4. Literatur	479	References	479

Gasreaktionen an festen Katalysatoren im Fließbett — Gas Reactions on Solid Catalysts in Fluidized Beds 480

Dr. W. FREY, Ludwigshafen

1. Überblick	480	Survey	480
2. Fließbett-Eigenschaften und -Modelle	481	Fluidized-Bed Properties and Models	481
3. Fließbett-Technik	484	Fluidized-Bed Technology	484
4. Katalysatoreigenschaften und -handhabung	488	Handling and Properties of Catalysts	488
5. Vergrößerung von Wirbelschichtreaktoren	491	Scaling up Fluidized-Bed Reactors	491
6. Literatur	492	References	492

Gas-Flüssig-Fest-Reaktionen — Gas-Liquid-Solid Reactions 494

Dr. H.-I. JOSCHEK, Ludwigshafen

1. Einleitung	495	Introduction	495
2. Kinetik	496	Kinetics	496
3. Reaktoren	500	Reactors	500
4. Gesichtspunkte zur Reaktorauswahl	513	Aspects Affecting the Choice	513
5. Literatur	516	References	516

Elektrothermische Öfen — Electrothermal Furnaces 519**Elektrische Öfen für Elektrometallurgie und chemische Reaktionen — Electric Furnaces for Electrometallurgy and Chemical Reactions 519**

Dr.-Ing. H. WALDE, München

1. Schmelzöfen	520	Melting Furnaces	520
2. Reaktionsöfen	528	Reaction Furnaces (Smelting Furnaces)	528
3. Literatur	535	References	535

Reaktoren für Plasmachemie — Reactors for Plasma Chemistry 537

Dr. U. LANDT, Frankfurt und Ing. E. SCHALLUS, Knapsack b. Köln

1. Technologische Grundlagen der Plasmachemie	537	Technological Principles	537
2. Apparative Anordnungen für spezielle Prozesse	540	Equipment for Special Processes	540
3. Literatur	542	References	542

Register	543	Index	561
-----------------	------------	--------------	------------