

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Von kuriosen Phänomenen bis zur wissenschaftlichen Deutung und industriellen Anwendung der Katalyse . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1 Anfänge der Katalyseforschung . . . . .	1
1.2 Begriffsentwicklung der Katalyse . . . . .	3
1.3 Industrielle Anwendung der heterogenen Katalyse . . . . .	5
1.4 Modellversuche zu „kuriosen Phänomenen“ . . . . .	10
<b>2 Begriffe und Definitionen in der heterogenen Katalyse . . . . .</b>	<b>11</b>
2.1 Zum Selbstverständnis der Katalyse . . . . .	11
2.2 Katalysatorleistung . . . . .	14
2.2.1 Katalysatoraktivität . . . . .	14
2.2.2 Katalysatorselektivität . . . . .	20
2.2.3 Katalysatorstandzeit . . . . .	22
2.3 Katalysatorbeschaffenheit . . . . .	24
<b>3 Katalysatorklassifizierung, -vorauswahl und -präparation . . . . .</b>	<b>29</b>
3.1 Grundtypen heterogener Katalysatoren . . . . .	29
3.2 Methoden der Katalysatorpräparation . . . . .	32
3.2.1 Metallkatalysatoren . . . . .	33
3.2.2 Fällungskatalysatoren und Katalysatorträger . . . . .	35
3.2.3 Zeolithkatalysatoren . . . . .	40
3.2.4 Trägerkatalysatoren . . . . .	43
3.2.5 Katalysatorformkörper . . . . .	45
3.3 Modellversuche zur Katalysatorpräparation . . . . .	46
<b>4 Grundlagen der heterogenen Katalyse . . . . .</b>	<b>47</b>
4.1 Ablauf heterogen katalysierter Reaktionen . . . . .	47
4.2 Physisorption und Chemisorption . . . . .	48
4.3 Adsorptionsgleichgewichte . . . . .	56
4.4 Modellversuche zur Adsorption . . . . .	65
<b>5 Methoden zur Bestimmung der Katalysatorparameter . . . . .</b>	<b>67</b>
5.1 Kennzeichnung der Textur, Porosität und Oberflächengröße . . . . .	67
5.2 Festkörper- und oberflächenanalytische Charakterisierung . . . . .	75

5.2.1	Volumenmethoden . . . . .	76
5.2.2	Oberflächenmethoden . . . . .	84
<b>6</b>	<b>Methoden zur Bestimmung der Katalysatorleistung . . . . .</b>	<b>91</b>
6.1	Auswahl von Versuchsreaktoren für kinetische Messungen . . . . .	91
6.2	Analyse kinetischer Messdaten . . . . .	97
6.3	Versuchsplanung und Optimierung . . . . .	101
6.4	Modellversuche zur Katalysatoraustestung . . . . .	106
<b>7</b>	<b>Kinetik heterogen katalysierter Reaktionen und Reaktionsmechanismen . . . . .</b>	<b>109</b>
7.1	Mikrokinetik . . . . .	109
7.1.1	Oberflächenreaktion als geschwindigkeitsbestimmender Schritt . . . . .	110
7.1.2	Kinetische Ansätze nach Hougen-Watson . . . . .	117
7.2	Makrokinetik . . . . .	121
7.2.1	Filmdiffusion und Reaktion . . . . .	123
7.2.2	Porendiffusion und Reaktion . . . . .	127
7.2.3	Einfluss der Diffusion auf die Reaktionsselektivität . . . . .	133
<b>8</b>	<b>Theoretische Konzepte in der heterogenen Katalyse . . . . .</b>	<b>137</b>
8.1	Geometrische und energetische Faktoren . . . . .	138
8.2	Elektronische Faktoren . . . . .	150
8.2.1	Elektronentheorie der Katalyse an Metallen . . . . .	151
8.2.2	Elektronentheorie der Katalyse an Halbleitern . . . . .	156
8.3	Das Prinzip der lokalen Wechselwirkungen . . . . .	160
<b>9</b>	<b>Katalyse an Metallen und Metalloxiden in Hydrierreaktionen . . . . .</b>	<b>165</b>
9.1	Aktivierung des Wasserstoffs und der Kohlenwasserstoffe . . . . .	165
9.2	Hydrierkatalysatoren und ihre Wirkungsweise . . . . .	171
9.2.1	Hydrierung von Olefinen . . . . .	172
9.2.2	Hydrierung von Kohlenstoffmonoxid . . . . .	175
9.2.3	Asymmetrische Hydrierung . . . . .	177
9.3	Reaktionsbeispiele industrieller Hydrierkatalyse . . . . .	181
<b>10</b>	<b>Katalyse an Metallen und Metalloxiden in Oxidationsreaktionen . . . . .</b>	<b>189</b>
10.1	Aktivierung des Sauerstoffs . . . . .	189
10.2	Oxidationskatalysatoren und ihre Wirkungsweise . . . . .	191
10.2.1	Selektivoxidation von Olefinen . . . . .	193
10.2.2	Oxidation von Kohlenstoffmonoxid . . . . .	196
10.2.3	Totaloxidation von Kohlenwasserstoffen . . . . .	199
10.3	Reaktionsbeispiele industrieller Oxidationskatalyse . . . . .	201

---

<b>11 Säure-Base-Katalyse</b>	207
11.1 Allgemeine Prinzipien der Säure-Base-Katalyse	207
11.2 Saure und basische Katalysatoren und ihre Wirkungsweise	213
11.2.1 Bestimmung der Oberflächenacidität und -basizität	213
11.2.2 Aktive Zentren in sauren und basischen Katalysatoren	217
11.2.3 Effekt der Porengröße und sterischen Restriktionen	224
11.3 Katalytische Wirkung acider Alumosilicate unter dem Blickwinkel des HSAB-Konzeptes	227
11.4 Reaktionsbeispiele industrieller Säure-Base-Katalyse	229
<b>12 Bifunktionelle Katalyse</b>	235
12.1 Allgemeine Prinzipien der bifunktionellen Katalyse	235
12.2 Wirkungsweise bifunktioneller Katalysatoren	238
12.2.1 Schlüsselstellung der Carbokationen als Intermediate	240
12.2.2 Katalytische Wirkung bifunktioneller Katalysatoren unter dem Blickwinkel des HSAB-Konzeptes	243
12.3 Elektronische Metall-Träger-Wechselwirkung und ihre Konsequenzen für katalytische Reaktionen	246
12.3.1 Einfluss auf die katalytische Wirksamkeit der d <sup>10</sup> -Metalle	250
12.3.2 Effekt der Zusatzkomponenten mit Elektronenakzeptoreigenschaften	252
12.3.3 Einfluss auf die Schwefelbeständigkeit	253
12.4 Wechselwirkung bifunktioneller Katalysatoren mit Kohlenstoffmonoxid	255
12.5 Reaktionsbeispiele industrieller bifunktioneller Katalyse	257
<b>Bildnachweis</b>	263
<b>Verwendete und weiterführende Literatur</b>	265
<b>Sachverzeichnis</b>	273