
Inhaltsverzeichnis

1	Von kuriosen Phänomenen bis zur wissenschaftlichen Deutung und industriellen Anwendung der Katalyse	1
1.1	Anfänge der Katalysatorforschung	1
1.2	Begriffsentwicklung der Katalyse	3
1.3	Industrielle Anwendung der heterogenen Katalyse	5
1.4	Modellversuche zu „kuriosen Phänomenen“	10
2	Begriffe und Definitionen in der heterogenen Katalyse	11
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
3	Katalysatorklassifizierung, -vorauswahl und -präparation	29
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
4	Grundlagen der heterogenen Katalyse	47
4.1	Ablauf heterogen katalysierter Reaktionen	47
4.2	Physisorption und Chemisorption	48
4.3	Adsorptionsgleichgewichte	56
4.4	Modellversuche zur Adsorption	65
5	Methoden zur Bestimmung der Katalysatorparameter	67
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
6	Methoden zur Bestimmung der Katalysatorleistung	91
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
7	Kinetik heterogen katalysierter Reaktionen und Reaktionsmechanismen	109
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
8	Theoretische Konzepte in der heterogenen Katalyse	137
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
9	Katalyse an Metallen und Metalloxiden in Hydrierreaktionen	165
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
10	Katalyse an Metallen und Metalloxiden in Oxidationsreaktionen ...	189
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

11 Säure-Base-Katalyse	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
12 Bifunktionelle Katalyse	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^{10} -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
Bildnachweis	263
Verwendete und weiterführende Literatur	265
Sachverzeichnis	273