

Inhaltsverzeichnis

1	Methanol – Chemie- und Energierohstoff	1
2	Herstellung von Synthesegas	10
2.1	Rohstoffe für Synthesegas	10
2.1.1	Kohle: Weltförderung, Handel und Veredelung	10
2.1.2	Erdgas als Rohstoff zur Synthesegasherstellung	14
2.1.3	Torf als Rohmaterial für die Methanolsynthese	16
2.1.4	Schweröle und Ölrückstände als Rohmaterialien für die Methanolsynthese	17
2.1.5	Holz als Rohstoff für die Methanolsynthese	17
2.1.6	Verwendung von Müll und Klärschlamm zur Methanolherstellung	20
2.1.7	Kohlensäure als Methanolrohstoff	20
2.2	Prozesse zur Synthesegasherstellung (CO + 2H ₂) auf Kohle-Basis	22
2.2.1	Das Lurgi-Druckgas-Verfahren	26
2.2.2	Das HTW-Verfahren (Hochtemperatur-Winkler-Verfahren)	30
2.2.3	Das Koppers-Totzek-Flugstaub-Verfahren	33
2.2.4	Die Kohlevergasung im Eisenbad (Molten-Iron-Prozeß)	35
2.2.5	Das Texaco-Vergasungsverfahren unter Druck in der Ruhrchemie/Ruhrkohle-Variante	36
3	Die Methanolsynthese	57
3.1	Die Lurgi-Methanolsynthese	60
3.2	Methanolsyntheseanlagen, Größe, Kosten, Methanolbedarf und Verbrauch	65
3.3	Die Wärmeabführung bei der Methanolsynthese	78
3.4	Die Katalysatoren der Methanolsynthese	80
3.5	Zum Reaktionsmechanismus der Methanolsynthese	83
3.6	Der Transport von Methanol	84
3.7	Zur Giftigkeit von Methanol	85
4	Methanol als alternativer Kraftstoff	96
4.1	Methanol in Benzin	96
4.1.1	Sicherheitsvorkehrungen beim Einsatz von M15 und M100	101
4.1.2	Das Formaldehyd-Problem	101

4.2	Das Fuel-Methanol	102
4.2.1	Sauerstoffhaltige Verbindungen als hochoktanige Komponenten zur Erhaltung der Oktanzahl von Benzin	105
4.2.2	Die Wassertoleranz von Alkohol-Benzin-Mischungen	107
4.2.3	Charakteristik der als Benzin-Mischkomponenten möglichen Alkohole und Ether	110
4.2.4	Der Heizwert der Alkohole	114
4.2.5	Die Verdampfungswärme der Alkohole	117
4.2.6	Der Dampfdruck von Alkoholen und von Alkohol-Benzingemischen	118
4.3	Die Herstellung des Fuel-Methanol	121
4.3.1	Die Isobutylölsynthese	122
4.3.2	Der Prozeß des IFP zur gemeinsamen Herstellung von Methanol und Alkoholen C_2-C_6	123
4.3.3	Der „MAS“-Prozeß von Snamprogetti-Topsøe-Anic (Mixed Alkohol Solvents)	127
4.3.4	Die Synthese von Fuel-Methanol ohne Wasserbildung, Verfahren der Lurgi-Kohle- und Mineralöltechnik GmbH	128
4.3.5	Die gemeinsame Herstellung von Methanol und höheren Alkoholen nach dem Verfahren der Chem Systems	132
4.3.6	Das französische Carburol-Programm	134
4.3.7	Das Texaco-Verfahren zur Herstellung von Alkohol-Ester-Gemischen aus Synthesegas als Mischkomponenten für Benzin	135
4.4	Die Überführung von Methanol in den Methyl-tert.-Butylether (MTBE)	136
4.5	Der Ersatz von Dieselöl durch Methanol	139
5	Das Energiemethanol	156
5.1	Energiemethanol nach dem Verfahren der Wentworth-Brothers Inc.	163
5.1.1	Die Katalysatoren beim Verfahren der Wentworth-Brothers Inc.	166
5.2	Methanol als Brennstoff für Gasturbinen	166
5.3	Methanol als Brennstoff zur Wärmeerzeugung (Overfiring-Concept)	169
6	Die Überführung von Methanol in Gemische von Paraffinkohlenwasserstoffen, Olefinen und von Aromaten	175
6.1	Die Überführung von Methanol bzw. Dimethylether in Benzin durch den MTG-Prozeß der Mobil Oil Corp.	175
6.1.1	Der MTG-Prozeß als Festbett-Verfahren	175
6.1.2	Der MTG-Prozeß als Wirbelschichtverfahren	182
6.1.3	Der MTG-Prozeß als Fließbettverfahren im Pilot-Maßstab	186
6.2	Die Überführung von Methanol bzw. Dimethylether in Olefine mit dem MTO-Verfahren der Mobil Oil Corp.	192
6.2.1	Der Einfluß von Wasser auf die Olefinbildung beim MTO-Verfahren	195
6.2.2	Der Einsatz von dotierten ZSM-5-Katalysatoren für die Olefinherstellung mit dem MTO-Verfahren	200
6.3	Die Überführung von Methanol bzw. Dimethylether in aromatische Kohlenwasserstoffe mit dem MTA-Verfahren	208

6.4	Die Herstellung von Dieselöl über Olefine auf Basis von Methanol (Verfahrensweg der Lurgi GmbH)	213
6.5	Die ZSM-5-Katalysatorenfamilie	215
6.6	Zum Reaktionsmechanismus der Umwandlung von Methanol in Benzin, Olefine und Aromaten	223
7	Die Überführung von Methanol in technische Gase	238
7.1	Herstellung von reinem Wasserstoff aus Methanol	238
7.2	Methanol zur Gaserzeugung in Stadtgasanlagen	245
7.3	Die Herstellung von Synthesegas ($\text{CO} + 2\text{H}_2$) aus Methanol	247
7.4	Die Herstellung von Oxosynthesegas aus Methanol	248
7.5	Die Herstellung von CO aus Methanol	248
7.6	Erzeugung gasförmiger Spaltprodukte aus Methanol zum Einsatz als Motorkraftstoffe	250
7.7	Der Betrieb von Verbrennungsturbinen mit Methanolspaltgasen	253
7.8	Die Erzreduktion mit Reforminggas aus Methanol	255
7.9	Die Herstellung von synthetischem Erdgas (SNG) aus Methanol	256
8	Andere Verfahren der Kohleveredlung als Alternativen zum Methanol	268
8.1	Die direkte Hydrierung der Kohle	268
8.1.1	Die Sumpffphase-Hydrierung	273
8.1.2	Der Gasphaseprozess	277
8.1.3	Synthetisches Erdgas durch direkte Hydrierung von Kohle (SNG)	282
8.2	Die Fischer-Tropsch-Synthese – indirekte Hydrierung der Kohle	284
8.3	Herstellung maximaler Mengen von Dieselkraftstoffen aus den Produkten der Arge-Synthese	297
8.4	Der G-B-Prozess von Gulf-Badger	299
8.5	Die direkte und indirekte Kohlehydrierung als Grundlage für die Erzeugung von Grundchemikalien für die chemische Industrie	301
8.5.1	Die konkurrierende Herstellung von Aromaten (BTX) und niedermolekularen Olefinen aus Kohle und Mineralöl	301
8.5.2	Olefine aus der indirekten Hydrierung der Kohle (FT-Synthese)	306
8.5.3	Arbeiten zur gezielten, direkten Herstellung niedermolekularer Olefine durch die Fischer-Tropsch-Synthese	310
8.6	Arbeiten zur direkten Umsetzung von Synthesegas in Essigsäure	318
9	Die industrielle Herstellung von organischen Chemikalien aus Methanol	336
9.1	Essigsäureanhydrid durch Carbonylierung von Methylacetat	338
9.2	Herstellung des Vinylacetat-Monomer (VAM) auf Basis von Synthesegas über Methylacetat durch katalytische Hydrocarbonylierung	340
9.3	Ethylenglykol auf Basis von Syngas	344
9.3.1	Die direkte Glykol-Synthese $2\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	344
9.3.2	Die indirekte Überführung von Synthesegas in Glykol über	

Formaldehyd durch Hydrocarbonylierung zu Glykolaldehyd und dessen Hydrierung	346
9.3.3 Die indirekte Überführung von Synthesegas in Glykol über Formaldehyd durch Carbonylierung zu Glykolsäure und deren anschließende Hydrierung	348
9.4 Die Herstellung von Methylformiat und seine technisch interessanten Reaktionen	355
9.4.1 Methylformiat durch Carbonylierung von Methanol	355
9.4.2 Methylformiat durch Dehydrierung von Methanol	357
9.4.3 Methylformiat als Zwischenstufe bei der getrennten Erzeugung von CO und H ₂ aus Methanol	359
9.4.4 Die Umsetzung des Methylformiats mit Paraformaldehyd oder Trioxan zu Glykolsäuremethylester	361
9.4.5 Isomerisierung von Methylformiat zu Essigsäure	361
9.5 Ameisensäure	362
9.6 Kohlenoxid für organische Synthesen	365
9.7 Die Homologisierung von Methanol zu Ethylalkohol	365
9.7.1 Der Reaktionsmechanismus der Homologisierung	368
9.8 Die Homologisierung von Methanol zu Acetaldehyd	370
9.9 Die Herstellung von Essigsäure aus Methanol und Kohlenmonoxid	370
10 Eiweiß durch bakterielle Umsetzung von Methanol (SCP = Single-Cell-Protein)	379
Sachverzeichnis	