

**HANDBUCH
DER
GASINDUSTRIE**

B A N D 3

*Surlai y...
16/5. 41. C. 1000*

Städtwerke Darmstadt idt

Handbuch der Gasindustrie

Herausgegeben von Dr.-Ing. Horst Brückner, Karlsruhe

Band 3

Gasreinigung und Nebenproduktengewinnung



München und Berlin 1939

Verlag von R. Oldenbourg

Copyright 1939 by R. Oldenbourg Verlag, München und Berlin.
Druck von R. Oldenbourg, München.
Printed in Germany.

Inhaltsverzeichnis.

1. Teil: Gasförderung, Gaskühlung und Teerscheidung		
von Dr.-Ing. Fritz Wehrmann.		
A. Einleitung		Seite 3
B. Gasförderung		
1. Gassauger		4
a) Flügelsauger		5
b) Kreiskolbensauger		7
c) Drehkolbensauger		9
d) Turbogebläse (Kreisradgebläse)		11
e) Antrieb der Saugermaschinen		16
2. Betriebsrohrleitungen und Kondensatgruben		17
3. Regler		21
a) Zweck und Arten der Regler		21
b) Aufgaben, Einteilung und Grundsätze der Regler		23
c) Regler-Bauarten		27
α) Unmittelbare Gasstromregler		27
β) Mittelbare Gasstromregler		29
γ) Maschinenregler		38
δ) Heizwertregler		43
ε) Zubehör der Regler		45
d) Regelanordnungen im Gaswerkbetrieb		47
α) Saugungsregelung		47
β) Erzeugungsregelung		51
γ) Gemischregelung		53
C. Gaskühlung		
1. Grundsätze der Kühlung		55
2. Größenbemessung von Kühlern		60
3. Kühlerbauarten		62
a) Luftkühler		62
α) Ringluftkühler		62
β) Röhrenluftkühler		63
γ) Raumkühler		63
b) Wasserkühler		65
α) Kühler mit stehenden Wasserrohren		66
β) Kühler mit waagerechten Rohren		67
γ) Plattenkühler		73
δ) Kühlung mit Kältemittel		74
ε) Wasserwirtschaft und Betriebskontrolle		75
4. Kühlerbauarten für Mischkondensation		78
a) Hordenkühler		78
b) Regenkühler		80
5. Rückkühlanlagen für Kühlwasser		81

	Seite
D. Teerscheidung	
1. Grundsätze der Teerscheidung	83
2. Teerwaschung	84
3. Teerstoßabscheidung	84
a) Pelouze- und Drory-Teerscheider	84
b) Sonderbauarten von Teerscheidern	90
4. Teerschleuderwaschung	92
a) Turbogebläse	92
b) Desintegratoren	92
5. Elektrische Teerscheidung	96
a) Entwicklung und Wirkungsweise	96
b) Betriebliche Einordnung und Arbeitstemperaturen	100
c) Bau der Niederschlagsapparate	101
d) Gleichrichter	105
α) Die Gleichrichterröhren	105
β) Kupferoxydgleichrichter	107
γ) Stromwender	108
e) Energiebedarf und Wirkungsgrad	110
f) Betriebliche Vorteile und Wirtschaftlichkeit der elektrischen Teerscheidung	112
6. Betriebskontrolle der Teerscheidung	114
E. Zusammenfassung	115

2. Teil: Gasreinigung und Nebenproduktengewinnung

von Dr. phil. Theo Payer und Dipl.-Ing. Wilhelm Baum.

I. Auswaschung des Ammoniaks und seine Verarbeitung	
A. Allgemeines	
1. Geschichtliches	3
2. Entstehung des Ammoniaks beim Entgasungsvorgang	4
3. Eigenschaften des Ammoniaks	5
B. Die Abscheidung des Ammoniaks aus dem Steinkohlengas	
1. Das rohe Ammoniak- oder Gaswasser	6
a) Vorgänge bei der Kühlung des Gases	6
b) Zusammensetzung des Rohgaswassers	9
2. Die Ammoniakwäsche	13
3. Gebräuchliche Ammoniakwascherbauarten	16
a) Hordenwascher	16
b) Standardwascher	19
c) Schleuderwascher	21
C. Die Verarbeitung des Rohgaswassers	
1. Das Abtreibeverfahren	24
2. Die Bereitung der Kalkmilch	31
3. Der Kohlendioxydscheider	34
4. Herstellung von schwach- und starkverdichtetem Ammoniakwasser	37
5. Herstellung von Salmiakgeist	40

	Seite
D. Die Herstellung von Ammoniumsulfat	
1. Der Sättigerbetrieb	44
a) Arbeitsweise und Bauart verschiedener Sättiger	46
b) Nachbehandlung des gewonnenen Sulfats	52
2. Das indirekte Verfahren	54
3. Das direkte Verfahren	57
4. Das halbdirekte Verfahren	61
5. Unterschiede der drei Verfahren zur Sulfatgewinnung	64
6. Verfahren zur Gewinnung von Ammonsulfat ohne Verwendung von Schwefelsäure	66
E. Verarbeitung des Ammoniaks auf weitere Stickstoffverbindungen	
1. Ammoniumchlorid und Ammoniumbikarbonat	74
2. Salpetersäure und Nitrate	78
F. Anforderungen an Ammoniakprodukte	79
II. Abscheidung des Cyanwasserstoffs und seine Verarbeitung	
A. Allgemeines	81
B. Die Entfernung des Cyanwasserstoffs auf trockenem Wege	85
1. Chemische Vorgänge bei der Absorption des Cyanwasserstoffs durch Reinigungsmasse	85
2. Cyanwasserstoffgewinnung aus ausgebrauchter Reinigungsmasse	89
C. Die Entfernung des Cyanwasserstoffs auf nassem Wege	
1. Vorteile der nassen Cyanwasserstoffreinigung	90
2. Absorption des Cyanwasserstoffs mit Eisensalzlösungen	92
a) Verschiedene Cyanwasserstoffwaschverfahren	92
b) Cyanwasserstoffgewinnung auf der Gaskokerei Stuttgart	99
α) Waschverfahren nach Bueb	99
β) Herstellung von Gelbkali (Kaliumferrocyanid) aus Cyanschläm	102
3. Weitere Methoden zur Abscheidung des Cyanwasserstoffs aus Steinkohlengas	106
III. Benzolgewinnung und Benzolaufarbeitung	
A. Allgemeines	
1. Die Entwicklung der Benzolerzeugung	109
2. Die Wirtschaftlichkeit der Benzolgewinnung	111
3. Kohlenaufwand, Koks- und Stadtgasanfall bei Benzolentnahme aus dem Gas	113
4. Beeinflussung der Benzolausbeute bei der Entgasung	115
a) Begriff	115
b) Das Stillsche Verfahren	116
c) Das Goldschmidtsche Verfahren	116
d) Das Otto-Verfahren	118
e) Beurteilung dieser Verfahren	120
5. Praktische Durchführung der Herausnahme des Benzols aus dem Gas	121
B. Gewinnung des Benzols mit Hilfe von Waschölen	
1. Die verwendbaren Waschölsorten	122
2. Benzolaufnahme von Waschölen	122

	Seite
3. Teeröl	125
4. Mineralöl	131
5. Braunkohlenteeröl	134
6. Die physikalischen Vorgänge bei der Auswaschung	135
7. Die Benzolwascher	142
a) Wascher mit feststehendem Einbau	143
α) Hordenwascher	143
β) Füllkörperwascher	145
γ) Intos-Stufenwascher	146
δ) Wilton-Wascher	147
ε) Sprudel-Wascher	148
b) Wascher mit beweglichem Einbau	149
α) Standardwascher	149
β) Stehender Umlaufwascher Z. & J.	150
γ) M. & H.-Gegenstromdrehwascher	150
δ) Feldwascher	150
c) Wascherbewährung und Benzolanreicherung	153
8. Die physikalischen Vorgänge bei der Destillation des angereicherten Benzolwaschöles	154
a) Aufgabenstellung und Grundlagen	154
b) Destillation unter normalem oder vermindertem Druck	155
c) Wasserdampfdestillation	155
d) Trennung der Dampfgemische	158
9. Herstellungsanlagen für Rohbenzol	163
a) Wasserdampfdestillation	163
b) Destillation ohne Wasserdampf	167
c) Destillation unter Vakuum	169
10. Betriebsmittelverbrauch, -kosten und Betriebswerte bei der Wasserdampfdestillation	172
a) Verbrauchszahlen	172
b) Spezifische Zahlen	173
c) Betriebswerte	173
d) Betriebskosten	176
11. Wärmeumsatz einer Wasserdampfdestillationsanlage	176
a) Angereichertes Waschöl	176
b) Abgetriebenes Waschöl	177
c) Wärmezufuhr durch Dampf	178
d) Wärmeabfuhr durch Kühlwasser	178
e) Vorerzeugnis	178
f) Zusammenstellung des Wärmeumsatzes	179
g) Erklärung des Wärmeumsatzbildes	180
h) Zusammenfassende Übersicht des Wärme- und Stoffumsatzes und der Temperaturen	181
i) Kritische Betrachtungen über die Wärmeausnützung	181
12. Die Reinigung des Rohbenzols	183
a) Die Benzolbegleiter	183
b) Die Entnahme störender Verbindungen aus dem Benzol	184
α) Schwefelkohlenstoffreinigung	184
β) Pyridinbasen-Entfernung	185

	Seite
γ) Die praktische Durchführung der Benzolreinigung	185
δ) Die Schwefelsäurewäsche	185
ε) Das Uferverfahren	188
ζ) Das Silikagel-Verfahren	188
η) Das Instill-Verfahren	189
θ) Die elektrolytische Oxydation	189
13. Aufarbeitung des gewaschenen Rohbenzols durch Destillation	190
a) Aufgabenstellung	190
b) Die technische Durchführung der Destillation	190
c) Die Kosten der Aufarbeitung des Rohbenzols	194
C. Gewinnung des Benzols mit Hilfe von Aktivkohle	
1. Die Herstellung und allgemeine Anwendung von Aktivkohle	195
2. Die Adsorptionskräfte von Aktivkohle und Silikagel	197
3. Die Anwendung von Aktivkohle zur Benzolherstellung	199
4. Die technische Durchführung des Benzorbon-Verfahrens	202
5. Betriebswerte, Betriebsmittelverbrauch und -kosten bei der Benzolgewinnung mit Aktivkohle	205
6. Die Feinreinigung des Gases mit Aktivkohle	207
D. Das Tiefkühlverfahren	
1. Die Bedeutung der Temperatur auf den Waschvorgang	208
2. Die physikalischen Vorgänge bei der Tiefkühlung	209
3. Tiefkühlanlagen für Benzol	211
a) Das Expansionsverfahren	211
b) Das Ammoniakverfahren	212
4. Vorteile des Tiefkühlverfahrens	213
5. Betriebswerte und Kosten des Tiefkühlverfahrens	213
E. Die Harzbildung im Motorenbenzol (Inhibitor-Prozeß)	
1. Die Entstehung der Harze	213
2. Der Nachweis der Harzbildner	215
3. Die Verhinderung der Harzbildung durch Inhibitoren	216
4. Die Vorzüge und Vorteile des mit Inhibitorzusatz versehenen Motorenbenzols	218
F. Die fertigen Benzolerzeugnisse	
1. Messung	218
2. Zusammensetzung (Handelsnormen)	220
a) Motorenbenzol	221
b) 90er Benzol, gereinigt	221
c) Farbenbenzol	221
d) Gereinigtes Toluol	221
e) Gereinigtes Xylol	221
f) Gereinigtes Lösungsbenzol I	222
g) Gereinigtes Lösungsbenzol II	222
h) Reinbenzol	222
i) Reintoluol	222
k) Reinxylool	222
l) Schwerbenzol	223
m) Benzol-Vorlauf	223
n) 90er Rohbenzol	223
o) Rohtoluol	223

p) Rohxylyl	Seite 223
q) Rohes Lösungsbenzol	223
r) Rohes Lösungsbenzol I	223
s) Rohes Lösungsbenzol II	223
3. Probenahme	223
4. Lagerung und Feuerschutz	224
5. Die physiologische Wirkung des Benzols	226
6. Die Anwendung des Mineralölsteuergesetzes auf die Benzolerzeugnisse	227
IV. Schwefelreinigung und Schwefelgewinnung.	
A. Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Schwefels	229
B. Die trockene Schwefelreinigung	232
1. Geschichtliche Entwicklung	232
2. Eisenoxydreiniger	234
a) Die chemischen und physikalischen Vorgänge bei der Eisenoxyd- reinigung	234
b) Die technische Durchführung des Reinigungsverfahrens	247
c) Die Schwefelextraktion angereicherter Gasreinigungsmassen	260
3. Aktivkohlereiniger	262
a) Chemisch-physikalische Vorgänge	262
b) Technische Durchführung des Aktivkohleverfahrens	264
4. Wirtschaftlichkeit und Kosten der trockenen Reinigungsverfahren	266
C. Die nassen oder flüssigen Verfahren	270
1. Kritik der trockenen Verfahren und die Grundlagen der Verwendung von Waschflüssigkeiten	270
2. Waschflüssigkeiten mit einem Gehalt an schwefeliger Säure	273
a) Feldsches Polythionatverfahren	273
b) CAS-Verfahren	274
c) Katasulfverfahren	275
3. Alkalische Waschflüssigkeiten	279
a) Das Girdler-Verfahren	279
b) Das Alkazid-Verfahren	281
c) Das Petit-Verfahren	283
d) Das Seabord-Verfahren	285
4. Metallsalzlösungen als Waschflüssigkeit	286
a) Das Ferroxy-Verfahren	286
b) Das Rostin-Verfahren	287
c) Das Eisen-Cyanid-Verfahren	289
d) Das Thylox-Verfahren	293
5. Wirtschaftlichkeit und Kosten der nassen Verfahren	297
D. Feinreinigung von Gasen	298
1. Umfang der Aufgaben der Feinreinigung	298
2. Die Entnahme der organischen Schwefelverbindungen	299
3. Stickoxydreinigung	301
V. Teeraufarbeitung.	
A. Entstehung und Zusammensetzung des Teeres	304
B. Lagerung und Entwässerung des Rohtheeres	306

C. Aufarbeitung durch Destillation	Seite
1. Unterbrochene Betriebsweise	310
2. Ununterbrochene Betriebsweise	313
D. Verwendung der Teerprodukte	315
VI. Richtlinien für die Gewährleistungen und deren Nachweis an Gasreinigungs- und Nebenproduktenanlagen.	

3. Teil: Feinreinigung von Stadtgas
von Dr.-Ing. habil. Horst Brückner.

A. Einleitung	3
B. Gastrocknung	
1. Allgemeines	6
a) Korrosionsvorgänge	6
b) Aufwendungen für die Rohrnetzunterhaltung	10
c) Einschaltung der Gastrocknung in die Gasaufbereitung	16
2. Gastrocknungsverfahren	18
a) Tiefkühlverfahren	18
b) Absorptionsverfahren	24
c) Adsorptionsverfahren	32
C. Entfernung der Stickoxyde	
1. Bildung der Stickoxyde und ihr Anteil im Steinkohlengas	40
2. Bildung von Harznebeln aus Stickoxyden	41
3. Verfahren zur Entfernung der Stickoxyde	42
a) Entfernung der Stickoxyde während der Gasaufbereitung	43
b) Entfernung der Stickoxyde durch besondere Verfahren	46
c) Auswirkungen der Stickoxydentfernung aus dem Gas	47
D. Entfernung des Naphthalins	
1. Allgemeines	47
2. Naphthalinauswaschung bei normalem Druck	50
3. Naphthalinauswaschung bei erhöhtem Druck	51
a) Koppers-Verfahren	51
b) Otto-Verfahren	53
4. Naphthalinentfernung durch Zugabe von Lösungsmitteln zum aufbereiteten Gas	55
E. Entfernung der organischen Schwefelverbindungen	61
F. Vermeidung der Bildung von Eisenkarbonyl	67
G. Zusammenfassung	69

4. Teil: Entgiftung des Stadtgases (Kohlenoxydentfernung)
von Direktor Dr. techn. Dipl.-Ing. Fritz Schuster.

A. Einleitung — Bedeutung der Gasentgiftung	3
B. Giftwirkung und Kohlenoxyd	
1. Giftwirkung der verschiedenen Gasbestandteile	4
2. Zulässiger Kohlenoxydgehalt in der Luft	5
3. Zulässiger Kohlenoxydgehalt in entgiftetem Stadtgas	7
4. Statistik der Gasvergiftungen	10

	Seite
C. Methoden der Entfernung von Kohlenoxyd aus Gasen	11
D. Veränderung der Gaszusammensetzung bei den verschiedenen Entgiftungsmöglichkeiten	12
1. Entfernung des Kohlenoxyds ohne Veränderung der übrigen Gasbestandteile	13
2. Konvertierung des Kohlenoxyds mit Wasserdampf ohne Entfernung des Kohlendioxyds	13
3. Konvertierung des Kohlenoxyds mit Wasserdampf und Entfernung des Konvertierungskohlendioxyds	15
4. Zweistufige Umwandlung des Kohlenoxyds durch Konvertierung und Methanisierung	17
E. Verhalten der entgifteten Gase bei der Verwendung	17
F. Einfluß der Entgiftung auf den Gaswerksbetrieb	
1. Stoffliche Verteilung — Kohle, Koks, Teer, Benzol	18
2. Verbundwirtschaft und Gasentgiftung	21
G. Verfahren der Gasentgiftung	
1. Konvertierung ohne Entfernung des Kohlendioxyds — Verfahren der Gesellschaft für Gasentgiftung, Berlin	22
a) Wesen des Gesent-Verfahrens	22
b) Ursprüngliche Anordnung und Arbeitsweise der Hamelner Anlage	23
c) Verbesserte Hamelner Anlage	25
d) Ausgestaltung künftiger Anlagen	26
e) Ergebnisse der Hamelner Anlage	27
f) Platzbedarf von Entgiftungsanlagen	28
g) Betriebsmittelaufwand für die Entgiftung	28
h) Wärmestrom der Anlagen	29
2. Entgiftung durch Konvertierung mit nachträglicher Entfernung des durch Konvertierung entstandenen Kohlendioxyds	32
a) Verfahren von W. J. Müller	32
b) Nordhausener Verfahren	33
c) Sonstige Verfahren	35
3. Konvertierung mit gleichzeitiger Entfernung des durch Konvertierung entstandenen Kohlendioxyds	35
a) Grundlagen	35
b) Verfahren der Gesellschaft für Kohlentechnik, Dortmund-Eving	36
c) Verfahren von Bößner und Marischka	37
4. Konvertierung und Methanisierung	41
H. Feinreinigung des Gases bei der Entgiftung	
1. Durch Feinreinigung zu entfernende Bestandteile von Brenngasen und ihre Wirkung	42
2. Umwandlung und Entfernung der Feinverunreinigungen bei der Konvertierung	43
3. Praktische Auswirkungen der Feinreinigung	44
a) Innenkorrosion	44
b) Abgaskorrosion	45
c) Benzolgewinnung	46
J. Wirtschaftlichkeit der Entgiftung	47

5. Teil: Abwasserreinigung (Entphenolung)

von Dr.-Ing. habil. Horst Brückner.

A. Gehalt von Gaswasser und von Abwässern an Phenolen und sonstigen schädlichen Verunreinigungen	3
B. Chemische Reinigungsverfahren für phenolhaltige Wasser	10
C. Entphenolung von Abwässern	13
1. Allgemeines und Wirtschaftlichkeit	13
2. Vorreinigung	14
3. Verfahren mit Rückgewinnung der Phenole	16
a) Benzolverfahren (Pott-Hilgenstock-Verfahren)	16
b) Trikresylphosphatverfahren	29
c) Auswaschung mit sonstigen Lösungsmitteln	35
d) Dampfmlaufverfahren	36
e) Aktivkohleverfahren	37
4. Verfahren ohne Rückgewinnung der Phenole	44
a) Biologische Entphenolung	44
b) Belüftungsverfahren	46