ICS 13.040.40; 75.020

November 2000

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Emissionsminderung Mineralölraffinerien

Emission control Mineral oil refineries

VDI 2440

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Frühere Ausgabe: 7.99
Former edition: 7/99

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

No guarantee can be given with respect to the English translation. The German version of this guideline shall be taken as authoritative.



Inhalt Seite

Vorbemerkung 6
Geltungsbereich 7
Begriffe 8
1 Technologie 10
1.1 Allgemeines zur Mineralölverarbeitung und ihren Emissionsquellen 10
1.2 Mineralölverarbeitung 11
1.2.1 Feuerungsanlagen 11
1.2.2 Trennverfahren 16
1.2.2.1 Atmosphärische Destillation 16
1.2.2.2 Vakuumdestillation 16
1.2.2.3 Gastrennung 18
1.2.3 Umwandlungsverfahren 19
1.2.3.1 Thermisches Spalten 19
1.2.3.2 Petrolkoksherstellung (Delayed Coking) 20
1.2.3.3 Katalytisches Spalten 21
1.2.3.4 Hydrierendes Spalten (Hydrocracken) 22
1.2.3.5 Blasbitumen-Herstellung . . 24
1.2.3.6 Reformieren 24
1.2.3.7 Isomerisieren 26
1.2.3.8 Erzeugung von MTBE . . . 26
1.2.3.9 Alkylieren 26
1.2.4 Raffinationsverfahren 26
1.2.4.1 Hydrierende Entschwefelung 26
1.2.4.2 Mercaptanumwandlung (Süßen) 28
1.2.4.3 Gaswäsche 28
1.2.4.4 Extraktionen 29
1.2.4.5 Schmierölraffination 31

Contents Page

Preliminary note 6
Scope 7
Definitions 8
1 Technology 10
1.1 General information on mineral oil processing and the associated emission sources 10
1.2 Mineral oil processing 11
1.2.1 Refinery furnaces and boilers 11
1.2.2 Separation methods 16
1.2.2.1 Atmospheric distillation . . . 16
1.2.2.2 Vacuum distillation 16
1.2.2.3 Gas separation 18
1.2.3 Conversion processes 19
1.2.3.1 Thermal cracking 19
1.2.3.2 Petroleum coke production (delayed coking) 20
1.2.3.3 Fluid catalytic cracking . . . 21
1.2.3.4 Hydrocracking 22
1.2.3.5 Production of blown bitumen 24
1.2.3.6 Reforming 24
1.2.3.7 Isomerization 26
1.2.3.8 Production of MTBE 26
1.2.3.9 Alkylation 26
1.2.4 Refining methods 26
1.2.4.1 Hydrodesulphurization 26
1.2.4.2 Mercaptan conversion (sweetening) 28
1.2.4.3 Gas scrubbing 28
1.2.4.4 Extraction 29
1.2.4.5 Lubricating oil refining 31

Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss

Ausschuss Mineralölraffinerien

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 3

Zu beziehen durch / Available from Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2000

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2000

Seite

1.3 Infrastrukturelle Einrichtungen und Nebenanlagen . . . 32
1.3.1 Förderung in Rohrleitungen, Dichtsysteme . . . 32
1.3.1.1 Pumpen . . . 32
1.3.1.2 Kompressoren . . . 32
1.3.1.3 Absperr- und Regelorgane . 33
1.3.1.4 Flanschverbindungen . . . 33
1.3.1.5 Kappen und Blindflansche . 33
1.3.2 Lagerung . . . 33
1.3.2.1 Lagerung von Mineralölen . 33
1.3.2.2 Lagerung sonstiger Stoffe . . 37
1.3.3 Arbeitsvorgänge im Tanklager . . . 37
1.3.3.1 Umschlag von Mineralölen . 37
1.3.3.2 Anlagenablauf . . . 39
1.3.3.3 Umschlag sonstiger Stoffe . 40
1.3.4 Raffinerieheizgassystem und Fackelgassystem . . . 40
1.3.5 Schwefelgewinnung . . . 41
1.3.6 Ableitung von Abgasen . . . 41
1.3.7 Dampferzeugung, Wärmenutzung . . 41
1.3.8 Abwassersystem, Schlammbeseitigung und Verwertung der Abfälle . . 41
1.4 Diskontinuierliche Vorgänge . . . 42
1.4.1 An- und Abfahren . . . 42
1.4.2 Reinigung . . . 42
1.4.2.1 Anlagenreinigung . . . 42
1.4.2.2 Tankreinigung . . . 42
1.4.3 Probenahme . . . 42
1.4.4 Regenerierung . . . 43

2 Emissionen und Möglichkeiten zu deren Verminderung . . . 43
2.1 Allgemeines . . . 43
2.1.1 Gasförmige Emissionen . . . 43
2.1.2 Staubförmige Emissionen . . . 45
2.2 Mineralölverarbeitung . . . 45
2.2.1 Feuerungsanlagen . . . 45
2.2.2 Trennverfahren . . . 46
2.2.3 Umwandlungsverfahren . . . 46
2.2.4 Raffinationsverfahren . . . 47
2.3 Infrastrukturelle Einrichtungen und Nebenanlagen . . . 48
2.3.1 Förderung in Rohrleitungen, Dichtsysteme . . . 48
2.3.1.1 Pumpen . . . 48
2.3.1.2 Kompressoren . . . 48
2.3.1.3 Absperr- und Regelorgane . 49
2.3.1.4 Flanschverbindungen . . . 49
2.3.1.5 Kappen und Blindflansche . 49
2.3.2 Lagerung . . . 51
2.3.2.1 Lagerung von Mineralölen . 51

Page

1.3 Infrastructural facilities and auxiliary plants . . . 32
1.3.1 Transport in pipelines, sealing systems . . . 32
1.3.1.1 Pumps . . . 32
1.3.1.2 Compressors . . . 32
1.3.1.3 Shut-off and control fittings . 33
1.3.1.4 Flange connections . . . 33
1.3.1.5 Caps and blind flanges . . . 33
1.3.2 Storage . . . 33
1.3.2.1 Storage of mineral oils . . . 33
1.3.2.2 Storage of other substances . 37
1.3.3 Tank farm processes . . . 37
1.3.3.1 Loading/unloading mineral oils . . . 37
1.3.3.2 Product run-off . . . 39
1.3.3.3 Loading/unloading other substances . . . 40
1.3.4 Refinery fuel gas system and flare gas system . . . 40
1.3.5 Sulphur recovery . . . 41
1.3.6 Flue gas discharge . . . 41
1.3.7 Steam generation, heat utilization . . . 41
1.3.8 Waste water system, sludge removal and waste utilization . . . 41
1.4 Discontinuous processes . . . 42
1.4.1 Start-up and shutdown . . . 42
1.4.2 Cleaning . . . 42
1.4.2.1 Plant cleaning . . . 42
1.4.2.2 Tank cleaning . . . 42
1.4.3 Sampling . . . 42
1.4.4 Regeneration . . . 43

2 Emissions and means of emissions reduction . . . 43
2.1 General remarks . . . 43
2.1.1 Gas emissions . . . 43
2.1.2 Dust emissions . . . 45
2.2 Mineral oil processing . . . 45
2.2.1 Refinery furnaces and boilers . . . 45
2.2.2 Separation methods . . . 46
2.2.3 Conversion processes . . . 46
2.2.4 Refining methods . . . 47
2.3 Infrastructural facilities and auxiliary plants . . . 48
2.3.1 Transport in pipelines, sealing systems . . . 48
2.3.1.1 Pumps . . . 48
2.3.1.2 Compressors . . . 48
2.3.1.3 Shut-off and control fittings . 49
2.3.1.4 Flange connections . . . 49
2.3.1.5 Caps and blind flanges . . . 49
2.3.2 Storage . . . 51
2.3.2.1 Storage of mineral oils . . . 51

Seite

2.3.2.2 Lagerung sonstiger Stoffe. . 56
2.3.3 Arbeitsvorgänge im Tanklager 57
2.3.3.1 Umschlag von Mineralölen . 57
2.3.3.2 Anlagenablauf. 59
2.3.3.3 Umschlag sonstiger Stoffe . 59
2.3.4 Raffinerieheizgassystem und Fackelgassystem 60
2.3.5 Schwefelgewinnung 61
2.3.6 Ableiten von Abgasen 61
2.3.7 Dampferzeugung, Wärmenutzung . . 61
2.3.8 Abwassersystem, Schlammbeseitigung, Abfallverbrennung . . . 61
2.3.8.1 Abwassernetz und Ölabscheider 61
2.3.8.2 Prozessabwässer 62
2.3.8.3 Sulfidhaltige Laugen und Sauerwässer 62
2.3.8.4 Schlammbehandlung 62
2.3.8.5 Abfallverbrennung 62
2.4 Diskontinuierliche Vorgänge 63
2.4.1 An- und Abfahren 63
2.4.2 Reinigung. 63
2.4.2.1 Anlagenreinigung 63
2.4.2.2 Tankreinigung. 63
2.4.3 Probenahme 63
2.4.4 Regenerierung 64

3 Beschränkung der Emissionen 64
3.1 Allgemeines 64
3.2 Mineralölverarbeitung. 64
3.2.1 Feuerungsanlagen 64
3.2.2 Trennverfahren 67
3.2.3 Umwandlungsverfahren 67
3.2.3.1 Thermisches Spalten 67
3.2.3.2 Petrolkoksherstellung (Delayed Coking) 67
3.2.3.3 Katalytisches Spalten 67
3.2.3.4 Hydrierendes Spalten (Hydrocracken) 67
3.2.3.5 Blasbitumen-Herstellung . . 68
3.2.3.6 Reformieren. 69
3.2.3.7 Isomerisieren 69
3.2.3.8 Erzeugung von MTBE . . . 69
3.2.3.9 Alkylieren 69
3.2.4 Raffinationsverfahren 69
3.3 Infrastrukturelle Einrichtungen und Nebenanlagen 69
3.3.1 Förderung in Rohrleitungen, Dichtsysteme 69
3.3.1.1 Pumpen 70
3.3.1.2 Kompressoren. 71
3.3.1.3 Absperr- und Regelorgane . 71

Page

2.3.2.2 Storage of other substances . 56
2.3.3 Tank farm processes. 57
2.3.3.1 Loading/unloading of mineral oils. 57
2.3.3.2 Product run-off. 59
2.3.3.3 Loading/unloading other substances 59
2.3.4 Refinery fuel gas system and flare gas system 60
2.3.5 Sulphur recovery 61
2.3.6 Flue gas discharge 61
2.3.7 Steam generation, heat reuse 61
2.3.8 Waste water system, sludge removal and waste incineration. 61
2.3.8.1 Waste water network and oil separators 61
2.3.8.2 Process waste waters. 62
2.3.8.3 Sulphidic caustic solutions and sour waters. 62
2.3.8.4 Sludge treatment 62
2.3.8.5 Waste incineration 62
2.4 Discontinuous processes 63
2.4.1 Start-up and shutdown 63
2.4.2 Cleaning 63
2.4.2.1 Plant cleaning 63
2.4.2.2 Tank cleaning 63
2.4.3 Sampling. 63
2.4.4 Regeneration. 64

3 Emission control. 64
3.1 General remarks 64
3.2 Mineral oil processing 64
3.2.1 Refinery furnaces and boilers 64
3.2.2 Separation methods 67
3.2.3 Conversion processes 67
3.2.3.1 Thermal cracking 67
3.2.3.2 Petroleum coke production (delayed coking) 67
3.2.3.3 Catalytic cracking 67
3.2.3.4 Hydrocracking 67
3.2.3.5 Production of blow bitumen . 68
3.2.3.6 Reforming 69
3.2.3.7 Isomerization. 69
3.2.3.8 Production of MTBE 69
3.2.3.9 Alkylation 69
3.2.4 Refining methods 69
3.3 Infrastructural facilities and auxiliary plants 69
3.3.1 Transport in pipelines, sealing systems 69
3.3.1.1 Pumps 70
3.3.1.2 Compressors 71
3.3.1.3 Shut-off and control fittings . 71

All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2000

Seite

3.3.1.4 Flanschverbindungen 72
3.3.1.5 Kappen und Blindflansche . 73
3.3.2 Lagerung 73
3.3.2.1 Lagerung von Mineralölen . 73
3.3.2.2 Lagerung sonstiger Stoffe. . 73
3.3.3 Arbeitsvorgänge im Tanklager 74
3.3.3.1 Umschlag von Mineralölen . 74
3.3.3.2 Anlagenablauf. 75
3.3.3.3 Umschlag sonstiger Stoffe . 75
3.3.4 Raffinerieheizgassystem und Fackelgassystem 75
3.3.5 Schwefelgewinnung 76
3.3.6 Ableitung von Abgasen 76
3.3.7 Dampferzeugung, Wärmenutzung . . 76
3.3.8 Abwassersystem, Schlammbeseitigung und Abfallverbrennung . 76
3.3.8.1 Abwassernetz und Ölabscheider 76
3.3.8.2 Prozesswasser. 76
3.3.8.3 Sulfidhaltige Laugen und Sauerwässer. 76
3.3.8.4 Schlamm- und Abfallbehandlung 76
3.4 Diskontinuierliche Vorgänge 76
3.4.1 An- und Abfahren 76
3.4.2 Reinigung. 76
3.4.2.1 Anlagenreinigung. 76
3.4.2.2 Tankreinigung. 77
3.4.3 Probenahme 77
3.4.4 Regenerierung 77

4 Ermittlung der Emissionen 77
4.1 Allgemeines 77
4.2 Mineralölverarbeitung. 77
4.2.1 Feuerungsanlagen 77
4.2.1.1 Berechnung der Emissionen für SO_2, NO_x, CO und Staub 78
4.2.1.2 Berechnung der Emission von Staubinhaltsstoffen, z.B. Ni. 79
4.2.2 Verarbeitungsanlagen. 79
4.2.2.1 Flächenquellen 79
4.2.2.2 Punktquellen 80
4.3 Infrastrukturelle Einrichtungen und Nebenanlagen 80
4.3.1 Rohrleitungen und Dichtsysteme . . 80
4.3.2 Tanklager 80
4.3.3 Dampfrückgewinnungsanlagen (VRU) 80
4.3.4 Fackel 81
4.3.5 Abwassersystem und Schlammverbrennung 81
4.3.6 Schwefelgewinnung (Claus-Anlagen) 81

Page

3.3.1.4 Flange connections. 72
3.3.1.5 Caps and blind flanges. . . . 73
3.3.2 Storage 73
3.3.2.1 Storage of mineral oils. . . . 73
3.3.2.2 Storage of other substances . 73
3.3.3 Tank farm processes. 74
3.3.3.1 Loading/unloading mineral oils. 74
3.3.3.2 Product run-off. 75
3.3.3.3 Loading/unloading other substances 75
3.3.4 Refinery fuel gas system and flare gas system 75
3.3.5 Sulphur recovery 76
3.3.6 Flue gas discharge 76
3.3.7 Steam generation, heat reuse 76
3.3.8 Waste water system, sludge removal and waste treatment 76
3.3.8.1 Waste water network and oil separators 76
3.3.8.2 Process water. 76
3.3.8.3 Sulphidic caustic solutions and sour waters. 76
3.3.8.4 Sludge and waste treatment . 76
3.4 Discontinuous processes 76
3.4.1 Start-up and shutdown 76
3.4.2 Cleaning 76
3.4.2.1 Plant cleaning 76
3.4.2.2 Tank cleaning 77
3.4.3 Sampling. 77
3.4.4 Regeneration. 77

4 Determining emissions 77
4.1 General remarks 77
4.2 Mineral oil processing 77
4.2.1 Refinery furnaces and boilers 77
4.2.1.1 Calculation of emissions for SO_2, NO_x, CO and dust . . . 78
4.2.1.2 Calculation of the emission of particle components, e.g. Ni 79
4.2.2 Processing plants 79
4.2.2.1 Area sources 79
4.2.2.2 Point sources 80
4.3 Infrastructural facilities and auxiliary plants 80
4.3.1 Pipelines and sealing systems. 80
4.3.2 Tank farms. 80
4.3.3 Vapour recovery units (VRU) 80
4.3.4 Flares 81
4.3.5 Waste water system and sludge incineration 81
4.3.6 Sulphur recovery (Claus plants) . . . 81

Seite

4.3.7 Dampferzeugung (Dampfkessel). . . 81
4.4 Diskontinuierliche Vorgänge 81
4.4.1 An- und Abfahrvorgänge. 81
4.4.2 Reinigungsvorgänge 82
4.4.3 Probenahme 82
4.5 Beispielrechnungen 82
4.5.1 Berechnungen anhand von Emissionsfaktoren 82
4.5.2 Berechnungen anhand von Mengenverbrauch und Emissionskonzentration 82
4.5.3 Beispielrechnungen für die Emissionen von SO_2, NO_x, CO, Staub und Staubinhaltsstoffen (Ni) . 82
4.5.3.1 SO_2-Emissionen. 82
4.5.3.2 NO_x-Emissionen 83
4.5.4 Ermittlung der Fackelemission. . . . 84
4.5.5 Ermittlung der KW-Emission einer Verarbeitungsanlage am Beispiel einer Mitteldestillat-Entschwefelungsanlage 84
4.5.6 Benzolemissionen 85
4.5.7 Gesamtemissionen der Modellraffinerie 85

5 Abfälle, Abwässer, Abwärme 85
5.1 Abfälle 85
5.2 Abwässer 87
5.3 Abwärme 92

Schrifttum 93

Anhang Prüfverfahren 95

Page

4.3.7 Steam generation (steam boilers) . . . 81
4.4 Discontinuous processes 81
4.4.1 Start-up and shutdown 81
4.4.2 Cleaning 82
4.4.3 Sampling. 82
4.5 Calculation examples. 82
4.5.1 Calculations based on emission factors 82
4.5.2 Calculation based on quantity consumption and emission concentration 82
4.5.3 Calculation examples of SO_2, NO_x, CO, dust and particle components (Ni). 82
4.5.3.1 SO_2 emissions 82
4.5.3.2 NO_x emissions 83
4.5.4 Determination of flare emissions . . . 84
4.5.5 Determination of the HC emissions from a processing plant, taking the example of a middle distillate desulphurization plant. 84
4.5.6 Benzene emissions 85
4.5.7 Total emissions from the model refinery 85

5 Solid wastes, waste waters and waste heat . . 85
5.1 Solid wastes 85
5.2 Waste water. 87
5.3 Waste heat 92

Bibliography 93

Annex Test method 95