

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Emissionsminderung
Mineralölraffinerien

VDI 2440

Emission control
Mineral oil refineries

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

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 | Contents | Page |
|---|-----------|---|-----------|
| Vorbemerkung | 6 | Preliminary note | 6 |
| Geltungsbereich | 7 | Scope | 7 |
| Begriffe | 8 | Definitions | 8 |
| 1 Technologie | 10 | 1 Technology | 10 |
| 1.1 Allgemeines zur Mineralölverarbeitung und ihren Emissionsquellen | 10 | 1.1 General information on mineral oil processing and the associated emission sources | 10 |
| 1.2 Mineralölverarbeitung | 11 | 1.2 Mineral oil processing | 11 |
| 1.2.1 Feuerungsanlagen | 11 | 1.2.1 Refinery furnaces and boilers | 11 |
| 1.2.2 Trennverfahren | 16 | 1.2.2 Separation methods | 16 |
| 1.2.2.1 Atmosphärische Destillation | 16 | 1.2.2.1 Atmospheric distillation | 16 |
| 1.2.2.2 Vakuumdestillation | 16 | 1.2.2.2 Vacuum distillation. | 16 |
| 1.2.2.3 Gastrennung | 18 | 1.2.2.3 Gas separation | 18 |
| 1.2.3 Umwandlungsverfahren | 19 | 1.2.3 Conversion processes | 19 |
| 1.2.3.1 Thermisches Spalten | 19 | 1.2.3.1 Thermal cracking. | 19 |
| 1.2.3.2 Petrolkoksherstellung (Delayed Coking) | 20 | 1.2.3.2 Petroleum coke production (delayed coking) | 20 |
| 1.2.3.3 Katalytisches Spalten | 21 | 1.2.3.3 Fluid catalytic cracking | 21 |
| 1.2.3.4 Hydrierendes Spalten (Hydrocracken) | 22 | 1.2.3.4 Hydrocracking | 22 |
| 1.2.3.5 Blasbitumen-Herstellung | 24 | 1.2.3.5 Production of blown bitumen | 24 |
| 1.2.3.6 Reformieren | 24 | 1.2.3.6 Reforming | 24 |
| 1.2.3.7 Isomerisieren | 26 | 1.2.3.7 Isomerization. | 26 |
| 1.2.3.8 Erzeugung von MTBE | 26 | 1.2.3.8 Production of MTBE. | 26 |
| 1.2.3.9 Alkylieren | 26 | 1.2.3.9 Alkylation | 26 |
| 1.2.4 Raffinationsverfahren. | 26 | 1.2.4 Refining methods | 26 |
| 1.2.4.1 Hydrierende Entschwefelung | 26 | 1.2.4.1 Hydrodesulphurization. | 26 |
| 1.2.4.2 Mercaptanumwandlung (Süßen) | 28 | 1.2.4.2 Mercaptan conversion (sweetening) | 28 |
| 1.2.4.3 Gaswäsche. | 28 | 1.2.4.3 Gas scrubbing | 28 |
| 1.2.4.4 Extraktionen | 29 | 1.2.4.4 Extraction. | 29 |
| 1.2.4.5 Schmierölraffination. | 31 | 1.2.4.5 Lubricating oil refining. | 31 |

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

Ausschuss Mineralölraffinerien

| | Seite | | Page |
|--|-----------|--|-----------|
| 1.3 | | 1.3 | |
| Infrastrukturelle Einrichtungen und | | Infrastructural facilities and | |
| Nebenanlagen | 32 | auxiliary plants | 32 |
| 1.3.1 Förderung in Rohrleitungen, | | 1.3.1 Transport in pipelines, sealing | |
| Dichtsysteme | 32 | systems | 32 |
| 1.3.1.1 Pumpen | 32 | 1.3.1.1 Pumps | 32 |
| 1.3.1.2 Kompressoren | 32 | 1.3.1.2 Compressors | 32 |
| 1.3.1.3 Absperr- und Regelorgane | 33 | 1.3.1.3 Shut-off and control fittings | 33 |
| 1.3.1.4 Flanschverbindungen | 33 | 1.3.1.4 Flange connections | 33 |
| 1.3.1.5 Kappen und Blindflansche | 33 | 1.3.1.5 Caps and blind flanges | 33 |
| 1.3.2 Lagerung | 33 | 1.3.2 Storage | 33 |
| 1.3.2.1 Lagerung von Mineralölen | 33 | 1.3.2.1 Storage of mineral oils | 33 |
| 1.3.2.2 Lagerung sonstiger Stoffe | 37 | 1.3.2.2 Storage of other substances | 37 |
| 1.3.3 Arbeitsvorgänge im Tanklager | 37 | 1.3.3 Tank farm processes | 37 |
| 1.3.3.1 Umschlag von Mineralölen | 37 | 1.3.3.1 Loading/unloading | |
| | | mineral oils | 37 |
| 1.3.3.2 Anlagenablauf | 39 | 1.3.3.2 Product run-off | 39 |
| 1.3.3.3 Umschlag sonstiger Stoffe | 40 | 1.3.3.3 Loading/unloading other | |
| | | substances | 40 |
| 1.3.4 Raffinerieheizgassystem und | | 1.3.4 Refinery fuel gas system and | |
| Fackelgassystem | 40 | flare gas system | 40 |
| 1.3.5 Schwefelgewinnung | 41 | 1.3.5 Sulphur recovery | 41 |
| 1.3.6 Ableitung von Abgasen | 41 | 1.3.6 Flue gas discharge | 41 |
| 1.3.7 Dampferzeugung, Wärmenutzung | 41 | 1.3.7 Steam generation, heat utilization | 41 |
| 1.3.8 Abwassersystem, Schlammbeiseiti- | | 1.3.8 Waste water system, sludge removal | |
| gung und Verwertung der Abfälle | 41 | and waste utilization | 41 |
| 1.4 | | 1.4 | |
| Diskontinuierliche Vorgänge | 42 | Discontinuous processes | 42 |
| 1.4.1 An- und Abfahren | 42 | 1.4.1 Start-up and shutdown | 42 |
| 1.4.2 Reinigung | 42 | 1.4.2 Cleaning | 42 |
| 1.4.2.1 Anlagenreinigung | 42 | 1.4.2.1 Plant cleaning | 42 |
| 1.4.2.2 Tankreinigung | 42 | 1.4.2.2 Tank cleaning | 42 |
| 1.4.3 Probenahme | 42 | 1.4.3 Sampling | 42 |
| 1.4.4 Regenerierung | 43 | 1.4.4 Regeneration | 43 |
| 2 | | 2 | |
| Emissionen und Möglichkeiten zu deren | | Emissions and means of emissions | |
| Verminderung | 43 | reduction | 43 |
| 2.1 Allgemeines | 43 | 2.1 General remarks | 43 |
| 2.1.1 Gasförmige Emissionen | 43 | 2.1.1 Gas emissions | 43 |
| 2.1.2 Staubförmige Emissionen | 45 | 2.1.2 Dust emissions | 45 |
| 2.2 Mineralölverarbeitung | 45 | 2.2 Mineral oil processing | 45 |
| 2.2.1 Feuerungsanlagen | 45 | 2.2.1 Refinery furnaces and boilers | 45 |
| 2.2.2 Trennverfahren | 46 | 2.2.2 Separation methods | 46 |
| 2.2.3 Umwandlungsverfahren | 46 | 2.2.3 Conversion processes | 46 |
| 2.2.4 Raffinationsverfahren | 47 | 2.2.4 Refining methods | 47 |
| 2.3 Infrastrukturelle Einrichtungen und | | 2.3 Infrastructural facilities and | |
| Nebenanlagen | 48 | auxiliary plants | 48 |
| 2.3.1 Förderung in Rohrleitungen, | | 2.3.1 Transport in pipelines, sealing | |
| Dichtsysteme | 48 | systems | 48 |
| 2.3.1.1 Pumpen | 48 | 2.3.1.1 Pumps | 48 |
| 2.3.1.2 Kompressoren | 48 | 2.3.1.2 Compressors | 48 |
| 2.3.1.3 Absperr- und Regelorgane | 49 | 2.3.1.3 Shut-off and control fittings | 49 |
| 2.3.1.4 Flanschverbindungen | 49 | 2.3.1.4 Flange connections | 49 |
| 2.3.1.5 Kappen und Blindflansche | 49 | 2.3.1.5 Caps and blind flanges | 49 |
| 2.3.2 Lagerung | 51 | 2.3.2 Storage | 51 |
| 2.3.2.1 Lagerung von Mineralölen | 51 | 2.3.2.1 Storage of mineral oils | 51 |

| | Seite | | Page |
|--|-----------|---|-----------|
| 2.3.2.2 Lagerung sonstiger Stoffe . . . | 56 | 2.3.2.2 Storage of other substances . . . | 56 |
| 2.3.3 Arbeitsvorgänge im Tanklager | 57 | 2.3.3 Tank farm processes | 57 |
| 2.3.3.1 Umschlag von Mineralölen | 57 | 2.3.3.1 Loading/unloading of mineral oils | 57 |
| 2.3.3.2 Anlagenablauf | 59 | 2.3.3.2 Product run-off | 59 |
| 2.3.3.3 Umschlag sonstiger Stoffe | 59 | 2.3.3.3 Loading/unloading other substances | 59 |
| 2.3.4 Raffinerieheizgassystem und Fackelgassystem | 60 | 2.3.4 Refinery fuel gas system and flare gas system | 60 |
| 2.3.5 Schwefelgewinnung | 61 | 2.3.5 Sulphur recovery | 61 |
| 2.3.6 Ableiten von Abgasen | 61 | 2.3.6 Flue gas discharge | 61 |
| 2.3.7 Dampferzeugung, Wärmenutzung | 61 | 2.3.7 Steam generation, heat reuse | 61 |
| 2.3.8 Abwassersystem, Schlamm-beseitigung, Abfallverbrennung | 61 | 2.3.8 Waste water system, sludge removal and waste incineration | 61 |
| 2.3.8.1 Abwassernetz und Ölabscheider | 61 | 2.3.8.1 Waste water network and oil separators | 61 |
| 2.3.8.2 Prozessabwässer | 62 | 2.3.8.2 Process waste waters | 62 |
| 2.3.8.3 Sulfidhaltige Laugen und Sauerwässer | 62 | 2.3.8.3 Sulphidic caustic solutions and sour waters | 62 |
| 2.3.8.4 Schlammbehandlung | 62 | 2.3.8.4 Sludge treatment | 62 |
| 2.3.8.5 Abfallverbrennung | 62 | 2.3.8.5 Waste incineration | 62 |
| 2.4 Diskontinuierliche Vorgänge | 63 | 2.4 Discontinuous processes | 63 |
| 2.4.1 An- und Abfahren | 63 | 2.4.1 Start-up and shutdown | 63 |
| 2.4.2 Reinigung | 63 | 2.4.2 Cleaning | 63 |
| 2.4.2.1 Anlagenreinigung | 63 | 2.4.2.1 Plant cleaning | 63 |
| 2.4.2.2 Tankreinigung | 63 | 2.4.2.2 Tank cleaning | 63 |
| 2.4.3 Probenahme | 63 | 2.4.3 Sampling | 63 |
| 2.4.4 Regenerierung | 64 | 2.4.4 Regeneration | 64 |
| 3 Beschränkung der Emissionen | 64 | 3 Emission control | 64 |
| 3.1 Allgemeines | 64 | 3.1 General remarks | 64 |
| 3.2 Mineralölverarbeitung | 64 | 3.2 Mineral oil processing | 64 |
| 3.2.1 Feuerungsanlagen | 64 | 3.2.1 Refinery furnaces and boilers | 64 |
| 3.2.2 Trennverfahren | 67 | 3.2.2 Separation methods | 67 |
| 3.2.3 Umwandlungsverfahren | 67 | 3.2.3 Conversion processes | 67 |
| 3.2.3.1 Thermisches Spalten | 67 | 3.2.3.1 Thermal cracking | 67 |
| 3.2.3.2 Petrolkoksherstellung (Delayed Coking) | 67 | 3.2.3.2 Petroleum coke production (delayed coking) | 67 |
| 3.2.3.3 Katalytisches Spalten | 67 | 3.2.3.3 Catalytic cracking | 67 |
| 3.2.3.4 Hydrierendes Spalten (Hydrocracken) | 67 | 3.2.3.4 Hydrocracking | 67 |
| 3.2.3.5 Blasbitumen-Herstellung | 68 | 3.2.3.5 Production of blow bitumen | 68 |
| 3.2.3.6 Reformieren | 69 | 3.2.3.6 Reforming | 69 |
| 3.2.3.7 Isomerisieren | 69 | 3.2.3.7 Isomerization | 69 |
| 3.2.3.8 Erzeugung von MTBE | 69 | 3.2.3.8 Production of MTBE | 69 |
| 3.2.3.9 Alkylieren | 69 | 3.2.3.9 Alkylation | 69 |
| 3.2.4 Raffinationsverfahren | 69 | 3.2.4 Refining methods | 69 |
| 3.3 Infrastrukturelle Einrichtungen und Nebenanlagen | 69 | 3.3 Infrastructural facilities and auxiliary plants | 69 |
| 3.3.1 Förderung in Rohrleitungen, Dichtsysteme | 69 | 3.3.1 Transport in pipelines, sealing systems | 69 |
| 3.3.1.1 Pumpen | 70 | 3.3.1.1 Pumps | 70 |
| 3.3.1.2 Kompressoren | 71 | 3.3.1.2 Compressors | 71 |
| 3.3.1.3 Absperr- und Regelorgane | 71 | 3.3.1.3 Shut-off and control fittings | 71 |

| | Seite | | Page |
|----------|-----------|----------|-----------|
| 3.3.1.4 | 72 | 3.3.1.4 | 72 |
| 3.3.1.5 | 73 | 3.3.1.5 | 73 |
| 3.3.2 | 73 | 3.3.2 | 73 |
| 3.3.2.1 | 73 | 3.3.2.1 | 73 |
| 3.3.2.2 | 73 | 3.3.2.2 | 73 |
| 3.3.3 | 74 | 3.3.3 | 74 |
| 3.3.3.1 | 74 | 3.3.3.1 | 74 |
| 3.3.3.2 | 75 | 3.3.3.2 | 75 |
| 3.3.3.3 | 75 | 3.3.3.3 | 75 |
| 3.3.4 | 75 | 3.3.4 | 75 |
| 3.3.5 | 76 | 3.3.5 | 76 |
| 3.3.6 | 76 | 3.3.6 | 76 |
| 3.3.7 | 76 | 3.3.7 | 76 |
| 3.3.8 | 76 | 3.3.8 | 76 |
| 3.3.8.1 | 76 | 3.3.8.1 | 76 |
| 3.3.8.2 | 76 | 3.3.8.2 | 76 |
| 3.3.8.3 | 76 | 3.3.8.3 | 76 |
| 3.3.8.4 | 76 | 3.3.8.4 | 76 |
| 3.4 | 76 | 3.4 | 76 |
| 3.4.1 | 76 | 3.4.1 | 76 |
| 3.4.2 | 76 | 3.4.2 | 76 |
| 3.4.2.1 | 76 | 3.4.2.1 | 76 |
| 3.4.2.2 | 77 | 3.4.2.2 | 77 |
| 3.4.3 | 77 | 3.4.3 | 77 |
| 3.4.4 | 77 | 3.4.4 | 77 |
| 4 | 77 | 4 | 77 |
| 4.1 | 77 | 4.1 | 77 |
| 4.2 | 77 | 4.2 | 77 |
| 4.2.1 | 77 | 4.2.1 | 77 |
| 4.2.1.1 | 78 | 4.2.1.1 | 78 |
| 4.2.1.2 | 79 | 4.2.1.2 | 79 |
| 4.2.2 | 79 | 4.2.2 | 79 |
| 4.2.2.1 | 79 | 4.2.2.1 | 79 |
| 4.2.2.2 | 80 | 4.2.2.2 | 80 |
| 4.3 | 80 | 4.3 | 80 |
| 4.3.1 | 80 | 4.3.1 | 80 |
| 4.3.2 | 80 | 4.3.2 | 80 |
| 4.3.3 | 80 | 4.3.3 | 80 |
| 4.3.4 | 81 | 4.3.4 | 81 |
| 4.3.5 | 81 | 4.3.5 | 81 |
| 4.3.6 | 81 | 4.3.6 | 81 |

| | Seite | | Page |
|---|-----------|--|-----------|
| 4.3.7 Dampferzeugung (Dampfkessel) . . . | 81 | 4.3.7 Steam generation (steam boilers) . . . | 81 |
| 4.4 Diskontinuierliche Vorgänge | 81 | 4.4 Discontinuous processes | 81 |
| 4.4.1 An- und Abfahrvorgänge | 81 | 4.4.1 Start-up and shutdown | 81 |
| 4.4.2 Reinigungsvorgänge | 82 | 4.4.2 Cleaning | 82 |
| 4.4.3 Probenahme | 82 | 4.4.3 Sampling | 82 |
| 4.5 Beispielrechnungen | 82 | 4.5 Calculation examples | 82 |
| 4.5.1 Berechnungen anhand von Emissionsfaktoren | 82 | 4.5.1 Calculations based on emission factors | 82 |
| 4.5.2 Berechnungen anhand von Mengenverbrauch und Emissions- konzentration | 82 | 4.5.2 Calculation based on quantity consumption and emission concentration | 82 |
| 4.5.3 Beispielrechnungen für die Emissionen von SO ₂ , NO _x , CO, Staub und Staubinhaltsstoffen (Ni) . . . | 82 | 4.5.3 Calculation examples of SO ₂ , NO _x , CO, dust and particle components (Ni) | 82 |
| 4.5.3.1 SO ₂ -Emissionen | 82 | 4.5.3.1 SO ₂ emissions | 82 |
| 4.5.3.2 NO _x -Emissionen | 83 | 4.5.3.2 NO _x emissions | 83 |
| 4.5.4 Ermittlung der Fackelemission . . . | 84 | 4.5.4 Determination of flare emissions . . . | 84 |
| 4.5.5 Ermittlung der KW-Emission einer Verarbeitungsanlage am Beispiel einer Mitteldestillat-Entschwefe- lungsanlage | 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 Benzolemissionen | 85 | 4.5.6 Benzene emissions | 85 |
| 4.5.7 Gesamtemissionen der Modellraffinerie | 85 | 4.5.7 Total emissions from the model refinery | 85 |
| 5 Abfälle, Abwässer, Abwärme | 85 | 5 Solid wastes, waste waters and waste heat | 85 |
| 5.1 Abfälle | 85 | 5.1 Solid wastes | 85 |
| 5.2 Abwässer | 87 | 5.2 Waste water | 87 |
| 5.3 Abwärme | 92 | 5.3 Waste heat | 92 |
| Schrifttum | 93 | Bibliography | 93 |
| Anhang Prüfverfahren | 95 | Annex Test method | 95 |