DIN EN ISO 24212:2025-12 (D)

Sanierungstechniken an kontaminierten Standorten (ISO 24212:2024); Deutsche Fassung EN ISO 24212:2024

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort . . . 8
Vorwort . . . 9
Einleitung . . . 10
1 Anwendungsbereich . . . 11
2 Normative Verweisungen . . . 11
3 Begriffe . . . 11
4 Abkürzungen . . . 13
5 Überblick . . . 15
5.1 Aufbau dieses Dokuments . . . 15
5.2 Zur Sanierung zugehörige Oberbegriffe . . . 16
6 Bewährte Vorgehensweise für die Beurteilung verschiedener Strategien vor der Umsetzung einer Sanierungsstrategie . . . 18
6.1 Allgemeines . . . 18
6.2 Bestimmung durchführbarer Sanierungsstrategien . . . 19
6.3 Detaillierte Auswertung der Strategienbeurteilung . . . 20
6.4 Auswahl der endgültigen Sanierungsstrategie . . . 21
7 Allgemeine Empfehlungen für die Auswahl von Sanierungstechniken . . . 22
7.1 Allgemeines . . . 22
7.2 Berücksichtigung des Standortumfelds . . . 22
7.3 Einrichtung der Sanierung vor Ort . . . 23
7.4 Voraussetzungen für den Einsatz einer Technik . . . 24
7.5 Kollaterale Auswirkungen der Techniken . . . 24
7.6 Laborprüfungen und Pilotversuche . . . 24
8 Allgemeine Empfehlungen für den Umgang mit Gefährdungen und Risiken während der Sanierung . . . 25
8.1 Allgemeines . . . 25
8.2 Risikomanagementverfahren . . . 25
8.2.1 Allgemeines . . . 25
8.2.2 Gefährdungen und Kontrollen im Zusammenhang mit kontaminiertem Boden und Grundwasser . . . 26
8.2.3 Asbest . . . 27
8.2.4 Staub . . . 27
8.2.5 Penetrante Gerüche oder geruchsintensive gesundheitsschädliche Stoffe in der Luft . . . 27
8.2.6 Kontaminierter Abfall . . . 27
8.2.7 Sanierungsausrüstung . . . 27
8.2.8 Unerwartete Funde . . . 28
8.2.9 Langzeitüberwachung . . . 28
8.2.10 Arbeiten im Freien . . . 28
8.2.11 Arbeiten an abgelegenen oder abgeschotteten Orten . . . 28
8.2.12 Unterirdische Versorgungsleitungen und Rohrleitungen . . . 29
8.2.13 Stabilität des Untergrunds . . . 29
8.2.14 Aushubarbeiten . . . 29
8.2.15 Nicht-detonierte Kampfmittel (UXO) . . . 29
8.2.16 Umschlossene Räume . . . 29
8.2.17 Gefährliche Chemikalien und Gefahrgüter . . . 30
8.2.18 Gefährdungen bei von Hand ausgeführten Arbeiten . . . 30
8.2.19 Ausrutschen, Stolpern und Abstürzen . . . 30
8.2.20 Anlagen, Maschinen und Geräte . . . 31
8.2.21 Lärm . . . 31
9 Beschreibung der Sanierungstechniken . . . 31
9.1 In-situ chemische Oxidation (ISCO) . . . 31

9.1.1 Technische Grundlagen . . . 31
9.1.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 31
9.1.3 Beschreibung der Technologie . . . 32
9.1.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 32
9.1.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 32
9.1.6 Vorteile und Grenzen . . . 33
9.1.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 33
9.1.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 33
9.2 In-situ chemische Reduktion (ISCR) . . . 34
9.2.1 Technische Grundlagen . . . 34
9.2.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik . . . 34
9.2.3 Beschreibung der Technologie . . . 34
9.2.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 34
9.2.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 35
9.2.6 Vorteile und Grenzen . . . 35
9.2.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 35
9.2.8 Andere Techniken, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 35
9.3 Verbesserte biologische In-situ-Sanierung (EISB) . . . 35
9.3.1 Technische Grundlagen . . . 35
9.3.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 36
9.3.3 Beschreibung der Technologie . . . 36
9.3.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 36
9.3.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 37
9.3.6 Vorteile und Grenzen . . . 37
9.3.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 37
9.3.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 37
9.4 Überwachte natürliche Abschwächung (MNA) . . . 37
9.4.1 Technische Grundlagen . . . 37
9.4.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 38
9.4.3 Beschreibung der Technologie . . . 38
9.4.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 38
9.4.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 38
9.4.6 Vorteile und Grenzen . . . 38
9.4.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 39
9.4.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 39
9.5 Verbrennung . . . 39
9.5.1 Technische Grundlagen . . . 39
9.5.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik . . . 39
9.5.3 Beschreibung der Technologie . . . 39
9.5.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 40
9.5.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 40
9.5.6 Vorteile und Grenzen . . . 40
9.5.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 41
9.5.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 41
9.6 Thermische In-situ-Sanierung (ISTR) . . . 41
9.6.1 Technische Grundlagen . . . 41
9.6.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 41
9.6.3 Beschreibung der Technologie . . . 41
9.6.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 42
9.6.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 42
9.6.6 Vorteile und Grenzen . . . 43
9.6.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 43

9.6.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 43
9.7 Thermische In-situ-Desorption . . . 43
9.7.1 Technische Grundlagen . . . 43
9.7.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 43
9.7.3 Beschreibung der Technologie . . . 44
9.7.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 44
9.7.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 44
9.7.6 Vorteile und Grenzen . . . 44
9.7.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 45
9.7.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 45
9.8 Bodenluftabsaugung (BLA) . . . 45
9.8.1 Technische Grundlagen . . . 45
9.8.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 45
9.8.3 Beschreibung der Technologie . . . 46
9.8.4 Überlegungen zur Planung und Auslegung . . . 46
9.8.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 46
9.8.6 Vorteile und Grenzen . . . 47
9.8.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 47
9.8.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 47
9.9 Grundwasserbelüftung . . . 47
9.9.1 Technische Grundlagen . . . 47
9.9.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 48
9.9.3 Beschreibung der Technologie . . . 48
9.9.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 48
9.9.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 48
9.9.6 Vorteile und Grenzen . . . 48
9.9.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 49
9.9.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 49
9.10 Mehrphasenextraktion (MPE) . . . 49
9.10.1 Technische Grundlagen . . . 49
9.10.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 49
9.10.3 Beschreibung der Technologie . . . 49
9.10.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 50
9.10.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 50
9.10.6 Vorteile und Grenzen . . . 50
9.10.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 51
9.10.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 51
9.11 Duale druckunterstützte Flüssigkeitsextraktion (DPLE) . . . 51
9.11.1 Technische Grundlagen . . . 51
9.11.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 51
9.11.3 Beschreibung der Technologie . . . 51
9.11.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 51
9.11.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 52
9.11.6 Vorteile und Grenzen . . . 52
9.11.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 52
9.11.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 52
9.12 Hydraulische Verfahren zur Grundwassersanierung . . . 52
9.12.1 Technische Grundlagen . . . 52
9.12.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 53
9.12.3 Beschreibung der Technologie . . . 53
9.12.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 53

9.12.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 54
9.12.6 Vorteile und Grenzen . . . 54
9.12.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 54
9.12.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 54
9.13 Bodenwäsche . . . 54
9.13.1 Technische Grundlagen . . . 54
9.13.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 54
9.13.3 Beschreibung der Technologie . . . 55
9.13.4 Überlegungen zur Planung und Auslegung . . . 55
9.13.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 55
9.13.6 Vorteile und Grenzen . . . 55
9.13.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 56
9.13.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 56
9.14 Biopile-Verfahren . . . 56
9.14.1 Technische Grundlagen . . . 56
9.14.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 56
9.14.3 Beschreibung der Technologie . . . 56
9.14.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 57
9.14.5 Vorteile und Grenzen . . . 57
9.14.6 Wichtige Überwachungsparameter . . . 58
9.14.7 Relevanter SGU-Aspekt . . . 58
9.14.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 58
9.15 Landfarming . . . 58
9.15.1 Technische Grundlagen . . . 58
9.15.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 58
9.15.3 Beschreibung der Technologie . . . 59
9.15.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 59
9.15.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 59
9.15.6 Vorteile und Grenzen . . . 60
9.15.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 60
9.15.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 60
9.16 Techniken mit vertikaler Barriere (VBT) . . . 60
9.16.1 Technische Grundlagen . . . 60
9.16.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik . . . 60
9.16.3 Beschreibung der Technologie . . . 61
9.16.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 61
9.16.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 61
9.16.6 Vorteile und Grenzen . . . 62
9.16.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 62
9.16.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 62
9.17 Abdeckungssysteme . . . 62
9.17.1 Technische Grundlagen . . . 62
9.17.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik . . . 63
9.17.3 Beschreibung der Technologie . . . 63
9.17.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 64
9.17.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 64
9.17.6 Vorteile und Grenzen . . . 65
9.17.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 65
9.18 Systeme mit durchlässiger reaktiver Barriere (PRB) . . . 65
9.18.1 Technische Grundlagen . . . 65
9.18.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 65
9.18.3 Beschreibung der Technologie . . . 65

9.18.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 66
9.18.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 66
9.18.6 Vorteile und Grenzen . . . 66
9.18.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 67
9.18.8 Mögliche Kombinationen mit anderen Techniken und Technikvarianten . . . 67
9.19 Immobilisierungstechniken für Böden und Feststoffe . . . 67
9.19.1 Technische Grundlagen . . . 67
9.19.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 67
9.19.3 Beschreibung der Technologie . . . 67
9.19.4 Überlegungen zur Planung und Auslegung . . . 68
9.19.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 69
9.19.6 Vorteile und Grenzen . . . 69
9.19.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 70
9.19.8 Andere Techniken oder Ansätze zum Einschluss, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 70
9.20 Aushub . . . 70
9.20.1 Technische Grundlagen . . . 70
9.20.2 Anwendungsbereich und Anwendbarkeit der Technik (Betriebsfenster) . . . 70
9.20.3 Beschreibung der Technologie . . . 71
9.20.4 Planungsüberlegungen und Auslegung . . . 71
9.20.5 Wichtige Überwachungsparameter . . . 71
9.20.6 Vorteile und Grenzen . . . 71
9.20.7 Relevante SGU-Aspekte . . . 72
9.20.8 Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können . . . 72
9.21 Abgas- und Abwasserbehandlungstechnologien . . . 72
9.21.1 Allgemeines . . . 72
9.21.2 Adsorption von Kohlenstoff . . . 72
9.21.3 Abgasbehandlungstechnologien . . . 73
9.21.4 Abwasserbehandlungstechnologien . . . 73
Anhang A (informativ) **Sanierungstechniken, Merkmale und Bedingungen für die Umsetzung . . . 77**
Anhang B (informativ) **Eignung der Sanierungstechniken für die jeweiligen Kontaminanten . . . 83**
Anhang C (informativ) **Bildliche beispielhafte Darstellungen der Sanierungstechniken . . . 91**
Literaturhinweise . . . 117

Bilder

Bild 1 — Schematische Darstellung der In-situ-, (ex-situ) On-site- und (ex situ) Off-site-Behandlungstechniken . . . 18
Bild C.1 — In-situ chemische Oxidation (ISCO) eingesetzt zur Sanierung von Kontamination in der gesättigten Zone, das Oxidationsmittel wird unter Druck durch die vertikalen Injektionsbrunnen in den Boden eingebracht . . . 92
Bild C.2 — In-situ chemische Oxidation (ISCO) eingesetzt zur Sanierung von Kontamination in der ungesättigten Zone, das Oxidationsmittel kommt durch (tiefe) Durchmischung des Bodens (unter Einsatz von Erdbohren) mit den Kontaminanten in Berührung . . . 93
Bild C.3 — Prinzipdarstellung der In-situ chemischen Reduktion (ISCR) . . . 94
Bild C.4 — Verbesserte biologische In-situ-Sanierung (EISB) . . . 95
Bild C.5 — Schematische Darstellung der überwachten natürlichen Abschwächung (MNA) über die Zeit . . . 96
Bild C.6 — Hochtemperaturanlage für die thermische In-situ-Desorption (ISTD) . . . 97
Bild C.7 — ISTR — Injektion von heißer Luft oder heißem Wasserdampf in einem Niedrigtemperatursystem . . . 98
Bild C.8 — Schematische Darstellung der thermische On-site-Desorption . . . 99
Bild C.9 — Schematische Darstellung der Bodenluftabsaugung (BLA) oder Belüftung . . . 100

Bild C.10 — Schematische Darstellung der Bodenluftabsaugung (BLA) oder Belüftung: biologische Belüftung . . . 101
Bild C.11 — Schematische Darstellung der Grundwasserbelüftung . . . 102
Bild C.12 — Mehrphasenextraktion (MPE) (Slurping) . . . 103
Bild C.13 — Duale druckunterstützte Flüssigkeitsextraktion (DPLE) . . . 104
Bild C.14 — Hydraulische Verfahren zur Grundwassersanierung . . . 105
Bild C.15 — Schematische Darstellung der Bodenwäsche . . . 106
Bild C.16 — Biopile-Verfahren . . . 107
Bild C.17 — Landfarming . . . 108
Bild C.18 — Verbrennung . . . 109
Bild C.19 — Techniken mit vertikaler Barriere (VBT) . . . 110
Bild C.20 — Abdeckungssysteme: drei Darstellungen möglicher horizontaler Abdeckungssysteme . . . 111
Bild C.21 — Systeme mit durchlässiger reaktiver Barriere (PRB) . . . 112
Bild C.22 — In-situ-Immobilisierungstechniken für Böden und Feststoffe . . . 113
Bild C.23 — Ex-situ-Immobilisierungstechniken für Böden und Feststoffe: Beispiel auf Zementbasis . . . 114
Bild C.24 — Aushub . . . 115
Bild C.25 — Abwasser- und Gasbehandlung durch Filtration mit granulierter Aktivkohle (GAKF) 116

Tabellen

Tabelle 1 — In diesem Dokument vorgestellte Sanierungstechniken . . . 15
Tabelle 2 — Mögliche Kriterien, die bei einer ausführlichen Beurteilung zu berücksichtigen sind 21
Tabelle 3 — Risikomatrix für die Priorisierung von Maßnahmen (Quelle: ISO 18400-103 [10]) . 26
Tabelle 4 — Haupttechniken für vertikale Barrieren (ADEME) . . . 61
Tabelle 5 — Vorteile und Grenzen . . . 62
Tabelle 6 — Vorteile und Grenzen . . . 65
Tabelle A.1 — Sanierungstechniken, Merkmale und Bedingungen für die Umsetzung . . . 78
Tabelle B.1 — Eignung der Sanierungstechniken für organische Kontaminanten . . . 84
Tabelle B.2 — Eignung der Sanierungstechniken für Elementarstoffe und anorganische Kontaminanten . . . 87
Tabelle B.3 — Eignung von Grundwasserbehandlungstechniken und Abgasbehandlungstechniken für organische Kontaminanten . . . 89
Tabelle B.4 — Eignung von Grundwasserbehandlungstechniken und Abgasbehandlungstechniken für Elementarstoffe und anorganische Kontaminanten . . . 90