

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