

# 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	<b>Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können</b>	43
9.7	<b>Thermische In-situ-Desorption</b>	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	<b>Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können</b>	45
9.8	<b>Bodenluftabsaugung (BLA)</b>	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	<b>Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können</b>	47
9.9	<b>Grundwasserbelüftung</b>	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	<b>Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können</b>	49
9.10	<b>Mehrphasenextraktion (MPE)</b>	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	<b>Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können</b>	51
9.11	<b>Duale druckunterstützte Flüssigkeitsextraktion (DPLE)</b>	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	<b>Andere Techniken oder Einschlussansätze, die mit dieser Technik kombiniert werden können</b>	52
9.12	<b>Hydraulische Verfahren zur Grundwassersanierung</b>	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

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

## Tabellen

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