

510 Behandlung von Bodenluft, Deponiegas und Abluft

510.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche/technische Grundlagen)

Bei aktiven pneumatischen Sanierungsmaßnahmen in der ungesättigten Bodenzone (siehe LB 500 - Bodenluftabsaugung), der Desorption von Schadstoffen aus dem Grundwasser (siehe LB 530 - Strippen) werden Schadstoffe in die Gasphase überführt bzw. in Gasphase vorliegende Schadstoffe gefasst. Darüber hinaus können bei Aushub von belastetem Boden leichtflüchtige Schadstoffe in die Atmosphäre gelangen, welche aus Gründen des Emissionsschutzes gefasst werden müssen (Zelteinhausung mit Absaugung). Dies betrifft in der Regel niedrigsiedende Kohlenwasserstoffe wie zum Beispiel leichtflüchtige halogenierte- (LHKW), leichtflüchtige aliphatische- (Pentan, Hexan) und aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX). In der jüngeren Sanierungspraxis werden durch unterstützende Zufuhr thermischer Energie ebenfalls mittel- bis höhersiedende organische Verbindungen bei Boden- und Grundwassersanierungen in die Gasphase überführt. Im Labormaßstab konnte ebenfalls die Sanierbarkeit von Quecksilberschäden mittels thermischer in-situ-Sanierungsverfahren nachgewiesen werden (TASK 2012). Die hierbei anfallenden Luft-Schadstoff-Gemische müssen in einer Behandlungsanlage einer Reinigung unterzogen werden.

In Deponien und Altablagerungen bilden sich bei Vorhandensein von organischen Ablagerungsmaterialien (z. B. Hausmüll) durch mikrobielle Umsetzungsprozesse organischen Materials Gasgemische (Deponiegase), welche je nach Phase der mikrobiellen Umsetzung sehr hohe Anteile an CH_4 (bis > 60 %) und CO_2 (bis 49 %) aufweisen. Aufgrund der toxischen oder erstickenden Wirkung einzelner Gaskomponenten bzw. einer hohen Explosionsfähigkeit stellen Deponiegase eine Gefahr für die Umwelt dar. Des Weiteren können im Deponiegas enthaltene Spurengase wie H_2S , Mercaptane, Ester, Alcybenzole u. a. zu Geruchsbelästigungen in der Umgebung von Deponien führen. Regelungen zum Umgang mit Deponiegas sind für Objekte im Geltungsbereich des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) durch die Deponieverordnung (DepV) getroffen. Entsprechend Anhang 5 DepV sind daher Deponiegase schon in der Ablagerungsphase zu fassen und zu behandeln. Bei ausreichend hohen Anteilen an CH_4 erfolgt hierbei vorzugsweise eine energetische Verwertung (z.B. Verstromung) des Deponiegases. Bei sinkendem Heizwert oder abnehmenden Gaserträgen wird das Gas gewöhnlich über eine Hochtemperaturfackel kostengünstig entsorgt. In der Endphase von Deponien sinkt der Heizwert des Gases (CH_4 -Anteil < 25 %) soweit, dass andere Verfahren zur Behandlung von Deponiegas Anwendung finden müssen (Stachowitz et al. 2008). Für Altablagerungen, welche bodenschutzrechtlich zuzuordnen sind, können vergleichbare Ansätze nach Einzelfallprüfung Anwendung finden.

Gemäß § 13 BBodSchG soll die zuständige Behörde von einem zur Sanierung Verpflichteten einen Sanierungsplan verlangen, wenn es sich um ein gravierende Altlast handelt. Anforderungen an den Sanierungsplan werden in Anhang 3 der Bodenschutz- und Altlastenverordnung geregelt (BBodSchV). Dem Sanierungsplan sind dann die bau-, wasser-, immissionsschutz- und abfallrechtlichen Antragsunterlagen beizufügen, wenn der Sanierungsplan gemäß § 13 Abs. 6 BBodSchG für verbindlich erklärt werden soll.

Anlagen zur Reinigung von Bodenluft und Abluft sind gemäß BImSchG keine genehmigungsbedürftigen Anlagen. Eine Genehmigung ist erforderlich, wenn zum Reinigungsprozess thermische Anlagen (thermische Nachverbrennung, katalytische Oxidation) über einen Zeitraum von mehr als 12 Monaten eingesetzt werden. Des Weiteren bedürfen Anlagen zur energetischen Verwertung (Verbrennungsmotorenanlage) oder zum Abfackeln von Deponiegas einer Genehmigung.

Für die Errichtung ortsfester baulicher Anlagen, z.B. für befestigte Aufstellplätze muss gegebenenfalls (abhängig von den Regelungen der einschlägigen Landesbauordnung) eine Baugenehmigung eingeholt werden. Baurechtlich genehmigungsbedürftig kann auch eine fahrbare Reinigungsanlage sein. Wesentliches Kriterium für die Genehmigungsbedürftigkeit ist der Anlagendurchsatz und der beabsichtigte Betriebszeitraum. Genehmigungsrechtlich relevant ist dabei die Unterscheidung zwischen stationärer Anlage (> 12 Monate

Betriebszeit) und mobiler Anlage (< 12 Monate Betriebszeit). Eine Baugenehmigung kann außerdem erforderlich werden, wenn in ortsfesten Behältern mehr als 50 m³ schädliche Flüssigkeiten gelagert werden sollen.

Zur Reinigung von Bodenluft, Abluft und Deponiegas können nachfolgende vier grundsätzliche Verfahrenstechniken unterschieden werden, wobei die Auswahl und Anwendung der Verfahren jeweils in Abhängigkeit der Schadstoffart, -konzentration und -zusammensetzung erfolgt.

510.1.1 Absorption

Die Absorption (auch Gaswäsche) kommt am häufigsten bei der Abgasreinigung in der verarbeitenden Industrie zum Einsatz (Abreinigung von Schadstoffen wie z. B.: HCl, HF, H₂, S, NH₃, CN, NO_x, SO_x, H₂S und Stäube aus der Abluft). In der Altlastensanierung hat das Verfahren nur eine untergeordnete Bedeutung. Bisher findet es hauptsächlich als nachgeschaltete Reinigungsstufe bei der Oxidation von leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen Verwendung. Hierbei wird der entstehende gasförmige Chlorwasserstoff (HCl) aus der Abluft entfernt.

Bei der Absorption werden ein oder mehrere Komponenten aus einem Gasgemisch mit Hilfe eines Absorptionsmittels (Wasch- oder Lösungsmittel) gebunden (physikalische Absorption). Als Absorptionsmittel wird wegen seiner geringen Kosten bevorzugt Wasser eingesetzt. Durch Zusatzstoffe wie zum Beispiel NaOH oder H₂SO₄ wird neben einer Abtrennung eine chemische Umwandlung erzielt (chemische Absorption). Das Absorptionsmittel muss im Anschluss mittels Desorption, Destillation oder Adsorption gereinigt werden. Bei Einsatz von Wasser als Absorptionsmittel kann eine Reinigung der Wasserphase ebenfalls durch Mikroorganismen in einem nachgeschalteten Belebungsbecken (Kläranlage) oder auch durch direkt im Wäscher angebrachte, mit Biofilm bewachsene Festkörper erfolgen (Biowäscher).

510.1.2 Adsorption

In der Altlastensanierung werden zur Reinigung von Bodenluft bzw. Abluft (Strippgase, Abluft aus der Absaugung von Zelteinhausungen etc.) am häufigsten Adsorptionsverfahren mittels Aktivkohlen eingesetzt. Daneben können noch Kiesel-, Tonerde- oder Oxidgele als Adsorptionsmittel zum Einsatz kommen. Der bevorzugte Einsatz von Aktivkohlen begründet sich in ihrer hohen Porosität und einer großen spezifischen inneren Oberfläche von bis zu 2.000 m²/g.

Aktivkohlefilter werden auch bei der Behandlung von Deponiegas (Schwachgas) zur Adsorption von höheren Kohlenwasserstoffen und ggf. zur Desodorierung genutzt.

Bei der Adsorption lassen sich grundsätzlich die Vorgänge der Chemisorption, bei der es z. B. durch Imprägnierung der Aktivkohle zu einer chemischen Reaktion zwischen dem Adsorbens und dem zu adsorbierenden Stoff kommt (z.B. Stickstoffverbindungen, CO₂, H₂S), und der physikalischen Adsorption, bei der Adsorbens und Adsorpt chemisch unverändert bleiben (z. B. organische Lösemittel), unterscheiden.

Die Adsorptionsprozesse bei Aktivkohlen finden an den durch den Herstellungsprozess veränderten Kristallgitterstrukturen statt. Die Schadstoffe werden durch die relativ leichten von-der-Waal'schen Kräfte an die Aktivkohlenoberfläche gebunden und können durch Behandlung der Kohle mit Heißdampf wieder von ihr gelöst werden (Reaktivierung).

Die Beladepazität der Aktivkohlen wird von den jeweiligen Kohleherstellern mit Adsorptionsisothermen berechnet. Die Adsorptionsisotherme ist die graphische Darstellung einer experimentell ermittelten Beladungsrate für einen Einzelstoff.

Bei geringen Luftmengen bzw. Schadstofffrachten kommen Einweg-Aktivkohlen zum Einsatz. Nur in Ausnahmefällen werden vor Ort regenerierbare Aktivkohlen eingesetzt.

In der Sanierungspraxis liegen i.d.R. Stoffgemische vor, wobei es bei der Beladung der Aktivkohlen zu sogenannten Chromatographieeffekten kommt. Dabei werden leicht adsorbierbare Stoffe zuerst und schwer adsorbierbare Stoffe räumlich dahinter angelagert. Darüber hinaus finden Verdrängungseffekte statt, bei denen Stoffe mit leichteren Bindungen durch solche mit stärkeren Bindungen verdrängt werden.

Vinylchlorid (VC), leicht flüchtig und von geringem Chlorierungsgrad, ist schlecht adsorbierbar. Tetrachlorethen (PER), deutlich schwerer flüchtig und von hohem Chlorierungsgrad, ist sehr gut adsorbierbar. Das bedeutet, das zunächst an A-Kohle adsorbierte VC wird im Nachgang durch höher chlorierte Komponenten wieder verdrängt werden kann. Dies führt in der Praxis dazu, dass VC nicht oder nur in äußerst geringem Maße an Aktivkohle adsorbierbar ist. In der folgenden Tabelle werden Aktivkohle-Beladungsraten für ausgewählte Schadstoffe (Einzelstoffe) in unterschiedlichen Konzentrationen für einen Volumenstrom von je 100 m³/h angegeben.

Tabelle 1: Aktivkohle-Beladungsraten

Schadstoff	Konzentration [mg/m ³]	Beladung [Gew. -%]	Aktivkohleverbrauch [kg/Tag]
Benzol	1	4,3	0,056
	500	11	11
	1000	12	20
Toluol	1	6	0,04
	500	16	7,6
	1000	18	14
Xylol	1	13	0,019
	500	21	5,7
	1000	22	11
Vinylchlorid	1	0,0065	37
	500	0,19	620
	1000	0,28	840
cis 1,2 Dichlorethen	1	0,57	0,42
	500	7,4	16
	1000	9,8	24
Trichlorethen	1	4,6	0,052
	500	21	5,7
	1000	25	9,7
Tetrachlorethen	1	8,5	0,028
	500	34	3,5
	1000	40	6
Trichlormethan	1	0,59	0,4
	500	8,2	15
	1000	11	22
Tetrachlormethan	1	1,8	0,13
	500	16	7,5
	1000	21	12

Grundsätze

- Die Beladepazität der A-Kohle steigt mit zunehmender Schadstoffkonzentration;
- Die Kontaktzeit zur Adsorption der Kontaminanten an A-Kohle beträgt 0,1 – 2,0 s;
- Steigende Luftfeuchtigkeit verringert die Beladungskapazität.

510.1.3 Oxidation

Bei den Oxidationsverfahren werden unter Zufuhr thermischer Energie organische Verbindungen zerstört (Oxidation zu CO₂ und H₂O) während anorganische Schadstoffe Oxide bilden. Neben einer Behandlung von Bodenluft und Abgasen kommen thermische Oxidationsverfahren auch bei der Behandlung von Deponiegasen mit geringen Heizwerten (< 25 Vol.-% Methan) zum Einsatz.

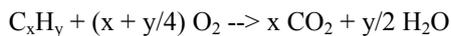
Katalytische Oxidation

Das Verfahren der katalytischen Oxidation beruht auf die Herabsetzung der für die Oxidation der Schadstoffe notwendigen Temperatur und der Beschleunigung der Reaktionsgeschwindigkeit durch die Verwendung eines Katalysators.

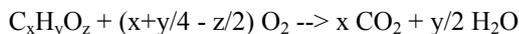
Als Katalysatoren finden Mischoxid- (Cu- und Cr-Mischoxid) und Edelmetallkatalysatoren (Platin, Palladium) Verwendung. Der Katalysatortyp wird in Abhängigkeit von den zu entfernenden Schadstoffen und eventuell vorhandenen Katalysatorgiften, wie z. B. Blei oder Schwefelverbindungen, ausgewählt. Zur vollständigen Oxidation sind Temperaturen zwischen 350 °C und 550 °C erforderlich.

Bei der katalytischen Oxidation werden die Schadstoffe im Idealfall vollständig zu HCl, CO₂ und H₂O oxidiert. Die chlorierten Kohlenwasserstoffe sowie die Kohlenwasserstoffe werden gemäß den folgenden Gleichungen umgesetzt.

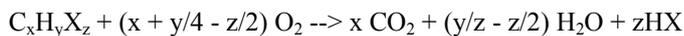
Kohlenwasserstoffe:



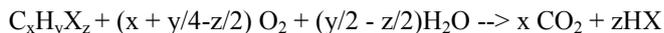
Sauerstoff-Verbindungen:



Halogen- und wasserstoffhaltige Verbindungen mit y > z:



Halogen- und wasserstoffarme Verbindungen mit y < z:



Die Temperaturerhöhung der Prozessluft erfolgt üblicherweise mit einem gasbefeuchten Lufterhitzer; in Ausnahmefällen können auch elektrische Lufterhitzer eingesetzt werden. Die Abwärme des Reaktors wird über einen Wärmetauscher zur Vorerwärmung der Prozessluft genutzt. Die Qualität des Wärmetauschers ist ein wesentlicher Kosteneinflussfaktor. Niedrige Investitionskosten beim Wärmetauscher können zu deutlich überhöhten Betriebskosten der Reinigungsanlage führen.

Sind halogenierte KW in der Bodenluft enthalten, muss der katalytischen Oxidation ein Wäscher nachgeschaltet werden, um das gebildete HCl bzw. Cl₂ zu entfernen (siehe Absorption). Alle Anlagenteile sind dann säurebeständig auszuführen, da das bei der Umsetzung anfallende HCl hochkorrosiv ist. Ab einer Schadstoffkonzentration von ca. 3 g/m³ (Aromaten oder Aliphaten) ist ein autothermer Betrieb möglich.

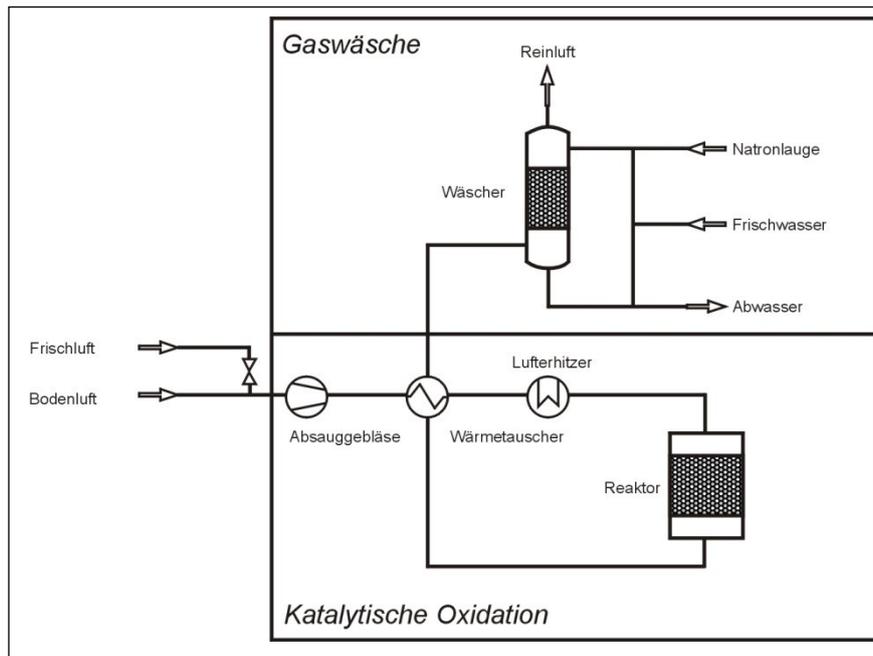


Abb. 1: Verfahrensschema der katalytischen Oxidation (nach ITVA, 1997)

Thermische Nachverbrennung

Die Schadstoffe in der Bodenluft werden bei Temperaturen zwischen 750 °C und 1200 °C (Zündtemperatur) in einer mittels Propangas erhitzten Brennkammer unter Zufuhr von Sauerstoff zu anorganischen Produkten wie CO_2 und H_2O oxidiert. Die Prozessluft wird zur Energierückgewinnung über einen Wärmetauscher geführt.

Als Emitanten fallen CO , CO_2 , SO_x sowie Ruß aus unvollständigen Verbrennungsprozessen an.

Anlagen mit Rohrbündelwärmetauschern können ab einem Schadstoffgehalt von ca. 6 – 8 g/m³ autotherm betrieben werden. Werden Wärmetauscher aus keramischen Speichermassen eingesetzt, kann der Betrieb bereits bei ca. 3 g/m³ autotherm erfolgen.

Sind halogenierte KW in der Bodenluft enthalten, muss bei der thermischen Nachverbrennung ein Wäscher nachgeschaltet werden, um das gebildete HCl bzw. Cl_2 zu entfernen.

Die thermische Nachverbrennung kann im Gegensatz zur katalytischen Oxidation auch bei Schwefel- und Bleiverbindungen eingesetzt werden.

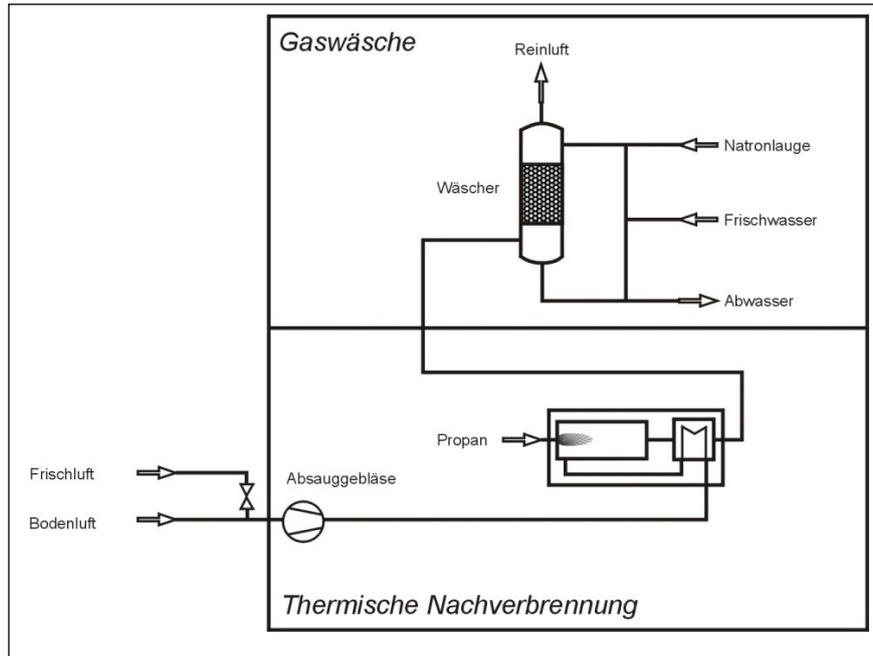


Abb. 2: Verfahrensschema der thermischen Nachverbrennung (nach ITVA, 1997)

510.1.4 Biofiltration

Das Verfahren ist zur Abreinigung von Boden-/Abluft und Deponiegas mit organischen, schwefel- und sauerstoffhaltigen Verbindungen geeignet. Voraussetzungen für die Anwendbarkeit des Biofilterverfahrens sind eine gute Wasserlöslichkeit der Schadstoffe, das Vorhandensein der für den Zellaufbau der Mikroorganismen erforderlichen Elemente (P, N, K) sowie ein ausreichender Feuchte- und Sauerstoffgehalt im Filter. Die Reinigungsleistung ist abhängig von der Schadstoffkonzentration, i. d. R. sind bei höheren Konzentrationen höhere Abbauraten zu erwarten. Das System reagiert äußerst labil auf die Änderung verschiedener Einflüsse (Temperatur, Feuchtigkeit, Strömungsverhalten des Filters) und bedarf daher einer intensiven Überwachung. Die Bodenluft/das Deponiegas wird über eine aktive Filterschicht (Komposte, Torfe) geführt, in welcher die Schadstoffe am Feuchtfilm des Filters adsorbiert, und anschließend durch Mikroorganismen abgebaut bzw. umgesetzt werden.

Das Verfahren findet bisher nur selten Anwendung, da gesicherte Angaben zur Leistungsfähigkeit (Filterstandzeit, Reinigungsgrad) bislang nicht vorliegen. Angaben zur Auslegung und Ausführung von Biofiltern enthält die VDI-Richtlinie 3477 „Biologische Abgas-/Abluftreinigung“.

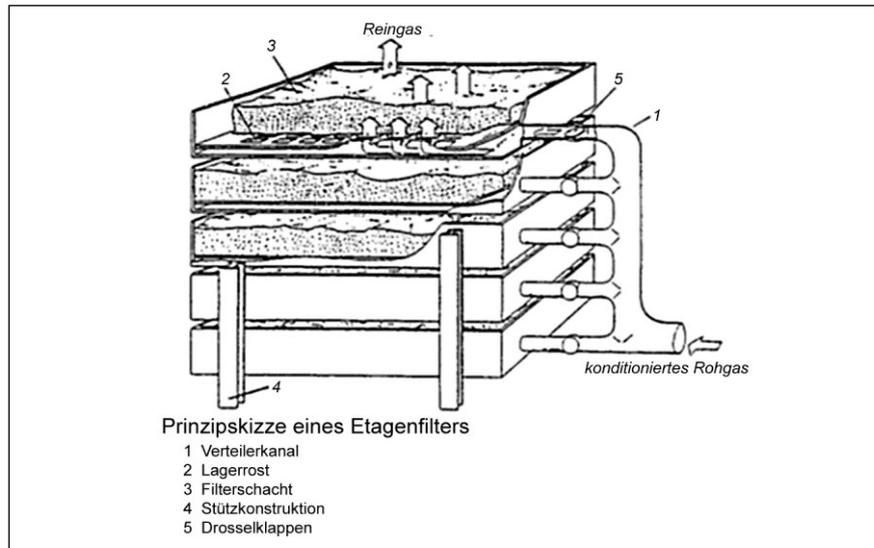


Abb. 3: Etagenfilter zur biologischen Abluftreinigung (nach VDI 3477)

510.1.5 Weitere Verfahren

Kondensation

Bei der Kondensation wird die Luft bis unter den Kondensationspunkt (Übergang gasförmig - flüssig) der darin enthaltenen Schadstoffe abgekühlt. So kann bei entsprechenden Konzentrationen ein großer Teil der Stoffe zurückgewonnen werden. Aufgrund der vergleichsweise geringen Schadstoffkonzentrationen bei Bodenluftsanierungen ist die dabei erzielbare Reinigungsleistung in der Regel nicht zufrieden stellend. Darüber hinaus ist auf Grund des erforderlichen hohen Energieeinsatzes dieses Verfahren nur selten wirtschaftlich einsetzbar.

In Kombination mit Aktivkohlefilteranlagen kommt die Kondensation bei der Vor-Ort-Regenerierung der Aktivkohle in Lösemittelrückgewinnungsanlagen zum Einsatz. Hierbei werden mittels Heißdampf die an der Aktivkohle adsorbierten Lösemittel ausgetragen. Im Kondensator fallen dann infolge der Abkühlung des Dampfes die Lösemittel wieder vollständig aus.

510.1.6 Verfahrensauswahl

Die Auswahl eines für den speziellen Sanierungsfall geeigneten Verfahrens und der zugehörigen Anlagenkomponenten erfolgt auf Basis der Ergebnisse der Vorerkundungen (Stoffspektrum, Geologie etc.) und des Bodenluftabsaugversuches (Leistungsbereich 500). Darüber hinaus sind die verfahrensimmanenten Stoffströme und deren ökologische und ökonomische Auswirkungen zu bewerten.

Eine vollständige Eliminierung der Schadstoffe erfolgt bei der Oxidation und in Biofiltern. Bei Absorptions- und Adsorptionsverfahren erfolgt lediglich eine Verlagerung der Schadstoffe von der Bodenluft an das jeweilige Adsorbens. Daher ist bei diesen Verfahren eine Weiterbehandlung zur schadlosen Schadstoffbeseitigung erforderlich.

In jedem Fall ist zu berücksichtigen, dass im Verlauf der Sanierung eine Änderung der Reinigungstechnik durch abnehmende Schadstoffkonzentrationen erforderlich werden kann. So ist beispielsweise beim Rückgang von ursprünglich hohen Vinylchlorid-Gehalten die Umstellung von der katalytischen Oxidation auf eine Adsorberstufe sinnvoll.

Tabelle 2: Übersicht Verfahrenseignung

Verfahren	Rohluftkonzentration [mg/m ³]	BTEX		LHKW		„Benzin-KW“	
		R	W	R	W	R	W
Adsorption ¹⁾ (Einweg- Aktivkohle)	> 1.000	+	0	+	0	+	0
	100 – 1.000	+	+	+	+	+	+
	10 – 100	+	+	+	+	+	+
	< 10	+	0	+	0	+	0
Adsorption ¹⁾ (vor Ort regenerierbare Aktivkohle)	> 1.000	+	0	+	+	+	0
	100 – 1.000	+	+	+	+	+	+
	10 – 100	+	0	+	0	+	0
	< 10	0	-	0	-	0	-
Katalytische Oxidation	> 1.000	+	+	+	+	+	+
	100 – 1.000	+	+	+	+	+	+
	10 – 100	+	0	+	0	+	0
	< 10	+	-	+	-	+	-
Thermische Nachverbrennung	> 1.000	+	+	+	+	+	+
	100 – 1.000	+	+	+	+	+	+
	10 – 100	+	0	+	0	+	0
	< 10	+	-	+	-	+	-
Absorption ²⁾	> 1.000	+	+	+	+	+	+
	100 – 1.000	+	+	+	+	+	+
	10 – 100	0	0	0	0	0	0
	< 10	-	-	-	-	-	-
Biofilter	> 1.000	-	-	-	-	-	-
	100 – 1.000	0	0	-	-	0	0
	10 – 100	0	0	-	-	0	0
	< 10	+	+	-	-	+	+

(nach ITVA 1997)

¹⁾ Adsorption der CKW ohne Berücksichtigung von Vinylchlorid

²⁾ Absorption mit organischen Lösemitteln

R Reinigungsleistung

W Wirtschaftlichkeit

+ gute Eignung

0 geringe Eignung

- keine / schlechte / unbekannte Eignung

510.1.7 Sonstige Komponenten

Zur Minderung der Geräuschemission, welche von der Reinigungsanlage ausgeht, sowie zur Vermeidung eines unbefugten Zugriffs auf die Reinigungsanlage ist gegebenenfalls eine Einhausung der Anlage erforderlich. Üblicherweise werden die Absaug- und Reinigungskomponenten dabei in verschließbaren Containern installiert.

Bei Adsorptionsverfahren wird der Reinigung häufig ein Wasserabscheider vorgeschaltet. Dieser verhindert ein Eindringen von eventuell mitgefördertem Wasser in die Reinigungsstufe und vermeidet darüber hinaus eine Koadsorption von Wasserdampf im Adsorber. Bei Aktivkohle tritt eine Koadsorption ab einer relativen Bodenluftfeuchte von > 50 % ein.

510.1.8 Probenahme und Messungen

Im Verlauf der Bodenluft-Behandlung sind die physikalischen und chemischen Kenndaten des Anlagenbetriebes in geeigneten Zeitabständen zu überwachen und zu dokumentieren.

Arten der Überwachung:

- Vor-Ort-Probenahme und Messung
- Vor-Ort-Probenahme und Analytik im Labor
- Prozessüberwachung mit Online-Messtechnik

Überwachungsparameter:

- physikalische Parameter
 - Volumenstrom
 - Druck (Unterdruck)
 - Temperatur
 - Feuchte (+ Taupunkt)
- chemische Parameter
 - O₂
 - CO₂
 - CH₄
 - Niederschlag
 - Luftdruck
 - Lufttemperatur
- Schadstoffkonzentrationen
 - z.B. BTEX, LCKW, H₂S etc.
- Messung der Schadstoffkonzentration kann erfolgen über:
 - Prüfröhrchen (einzelne BTEX- oder LCKW-Komponenten)
 - Messgeräte mit Summendektoren (FID, PID)
 - Messgeräte mit Sensoren für einzelne Gefahrstoffe (H₂S)

Probenahme:

- Gassammelbehälter (Septumglas, Gasmaus)
- Adsorptionsröhrchen
- meteorologische Daten

510.2 Kostenermittlung

Die Kosten für die Behandlung von Bodenluft sind abhängig vom Volumenstrom der Absauganlage, der Schadstoffkonzentration und –zusammensetzung sowie dem eingesetzten Reinigungsverfahren. Der Kostenansatz basiert auf regenerierbaren Aktivkohlefiltern, wobei mit 20 % Regenerierungsverlust und einer Verminderung der Beladungskapazität gerechnet wird. Sofern biologisch abbaubare Kontaminanten im Untergrund vorliegen, besteht die Möglichkeit zur Kostenreduzierung durch den Ersatz der A-Kohlefilter durch Biofilter.

Die Kosten für einen Bodenluft-Absaugversuch werden im Leistungsbereich 500 erfasst.

Das Leistungsregister mit Positionen und Kostenangaben ist Bestandteil der internetbasierten Datenbank (LB510).

weiterführende Leistungen:

LB 110	Umwelt- und geotechnische Felduntersuchungen, Probenahme
LB 130	Chemisch-physikalische Analytik
LB 210	Baustelleneinrichtung
LB 270	Direkt-/Indirekteinleitung, Versickerung von Grund- und Oberflächenwasser, Prozess- und Sickerwasser
LB 300	Bodenaushub, Erdarbeiten
LB 340	Eigenkontrollmaßnahmen der Überwachung und Nachsorge
LB 500	Fassung und Entnahme von Bodenluft
LB 700	Oberflächenabdeckung
LB 710	Oberflächenabdichtung

510.3 Literatur

Büro für Umwelt – und Verfahrenstechnik GmbH, Deponiegasbehandlung in Biofiltern, 08/2011

ITVA-Arbeitshilfe Bodenluftsanierung, Fachausschuss H1 „Technologie und Verfahren“, 1997.

ITVA-Richtlinie H 1 – 1: Richtlinie Bodenluftabsaugversuch, Hrsg. Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e.V. (ITVA), 2002.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg LfU BW (Hrsg.): Praxisbezogene Grundlagen und Kriterien für eine schadensfallgerechte Anwendung der Bodenluftabsaugung – Materialien zur Altlastenbearbeitung, Leonberg 1990.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg LfU BW (Hrsg.): Technologien zur Abluftreinigung bei Bodenluftsanierungen – Verfahrensauswahl – Texte und Berichte Altlastensanierung 30/96, Karlsruhe 1997.

Landesumweltamt NRW: Arbeitshilfe Bodenluftsanierung, Ergebnisse einer Recherche zum Stand der Bodenluftsanierungspraxis mit Handlungsempfehlungen für die Planung und Durchführung von Bodenluftsanierungsmaßnahmen., in der Reihe: Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, MALBO Band 13, 2001.

Stachowitz, W. H.; Entfellner, G.; Wabersich, R.: Technische Behandlung von Deponierestgasen –
Verfahrensvergleich ausgewählter Technologien am Beispiel der Deponie Wörth des LK Miltenberg, Kiel
/ Tauberbischofsheim 2008

TASK - Leitfaden Thermische in situ-Sanierungsverfahren (TISS) zur Entfernung von Schadensherden aus
Boden und Grundwasser, Terra-, Aqua- und Sanierungskompetenzzentrum (TASK), Leipzig 2012

VDI 2441 Prozessgas- und Abgasreinigung durch Kaltplasmaverfahren - Barriere-, Koronaentladung, UV-
Strahlung (Entwurf), Verein Deutscher Ingenieure, 03/2014

VDI 3477 Biologische Abgasreinigung - Biofilter, Verein Deutscher Ingenieure, 11/2004, Neufassung von
05/2014 (Entwurf)

VDI 3478 Blatt 1 Biologische Abgasreinigung - Biowäscher, Verein Deutscher Ingenieure, 03/2011

VDI 3478 Blatt 2 Biologische Abgasreinigung - Biorieselbettreaktoren, Verein Deutscher Ingenieure, 04/2008

VDI 3897 Emissionsminderung - Anlagen zur Bodenluftabsaugung und zum Grundwasserstrippen, Verein
Deutscher Ingenieure, 12/2007

VDMA 24169-1: Lufttechnische Anlagen; Bauliche Explosionsschutzmaßnahmen an Ventilatoren zur Förderung
von brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebel enthaltener Atmosphäre, Beuth-Verlag, Köln, 1983.

510.4 Information über Leistungsanbieter

Kompetente Fachfirmen sind anhand aussagefähiger Referenzen auszuwählen.