

520 Fassung und Entnahme von Grundwasser/Schichtenwasser/Oberflächenwasser und andere hydraulische Maßnahmen

In diesem Leistungsbereich werden passive und aktive hydraulische Maßnahmen zusammenfassend dargestellt, um die häufig enge Verflechtung von aktiven und passiven Maßnahmen im Rahmen der Planung und Kostenschätzung ausreichend zu berücksichtigen.

Hydraulische Maßnahmen entziehen dem Untergrund Schadstoffe in wässriger Lösung durch Entnahme von verschmutztem Grundwasser. Anschließend wird das Wasser durch eine aktive Dekontaminationsstufe (mechanische, chemisch-physikalische oder biologische Verfahren) gereinigt. Dabei ist die Auswahl des am besten geeigneten Verfahrens von der Art der Einzelstoffe, deren Eigenschaften und Konzentrationen sowie ihrer prozentualen Zusammensetzung in Stoffgemischen abhängig. Die Stoffe können in der wässrigen Phase gelöst oder teilgelöst bzw. ungelöst vorkommen. Teilgelöste / ungelöste Stoffe bilden mit Wasser aufgrund von Dichteunterschieden und verschiedenem Grenzflächenverhalten ein Mehrphasensystem. Hier wird zwischen Suspensionen und Emulsionen unterschieden.

Eine Grundwassersanierung kann in Abhängigkeit von diesen stoffbezogenen Randparametern in-situ oder ex-situ erfolgen. In-situ Verfahren beschränken sich auf das Abpumpen fluider Phasen, das Strippen der Schadstoffe (Desorption) durch Einblasen gasförmiger Trägermedien (i.d.R. Luft) oder das Einbringen von kinetischer Energie. Da die Desorption auf Wasser → Luft - Phasenübergänge abzielt, bleibt sie auf leichtflüchtige Stoffe mit einer Henry-Konstante von $KH > 0,05$ beschränkt. Bei ex-situ Sanierungen wird Wasser über Sanierungsbrunnen entnommen, gereinigt und zumeist wieder infiltriert.

Im Rahmen der aktiven hydraulischen Maßnahmen werden Leistungen erbracht und Techniken eingesetzt, mit denen die laterale und vertikale Ausbreitung des kontaminierten Grundwassers unterbunden oder die Schadensquelle entfernt wird, indem das kontaminierte Grundwasser in zwei aufeinanderfolgenden Teilleistungsblocken zunächst erschlossen und gefördert und anschließend unter Einsatz geeigneter Aufbereitungstechniken dekontaminiert wird.

Passive hydraulische Maßnahmen haben als Zielsetzung die kontrollierte Veränderung der hydrodynamischen Verhältnisse im Untergrund, um den Eintrag von Schadstoffen ins Grundwasser bzw. die Ausbreitung kontaminierten Grundwassers zu verhindern oder einzuschränken. Mit Hilfe von Entnahmebrunnen lassen sich Grundwasserabsenkungen oder alternativ unter Einsatz von Infiltrationsbrunnen Umlenkungen der Grundwasserströmung erreichen. Als weitere passive Maßnahmen ohne Behandlung werden die Fassung von Sicker- und Schichtenwasser aus Ablagerungen sowie die Oberflächenwasserfassung aus Bächen und Teichen beschrieben.

Hydraulische Maßnahmen können als Einzelmaßnahme oder in Kombination mit anderen Sanierungstechniken ausgeführt werden. Häufig kommen sie als Ergänzung zu biologischen In-situ-Sanierungen oder Einkapselungsmaßnahmen zur Anwendung.

Die Kosten für Entnahmebrunnen sind mit Hilfe des Leistungsbereiches "Grundwasserentnahme aus Horizontal-/Vertikalbrunnen" (LB 520) zu ermitteln. Anstelle der kontaminierten Fläche ist hier diejenige Fläche zu berücksichtigen, unter der eine Grundwasserabsenkung stattfinden soll. Darüber hinaus können im Rahmen passiver hydraulischer Maßnahmen Kosten für Infiltrationsmaßnahmen anfallen.

Bei der Durchführung passiver hydraulischer Maßnahmen sind negative Folgen für umliegende Schutzgüter nicht immer auszuschließen. So können beispielsweise aufgrund von Grundwasserabsenkungen Schäden des Ökosystems durch Austrocknung sowie Setzungsschäden an Gebäuden auftreten. Die Kosten für Sicherungsmaßnahmen bzw. Instandsetzungsarbeiten infolge passiver hydraulischer Maßnahmen werden in den Leistungsregistern des LB 520 nicht berücksichtigt.

Die Hinweise zu Literatur und Leistungsanbietern werden nachfolgend zusammenfassend dargestellt.

Literatur

ATV DIN 18301 Bohrarbeiten

ATV DIN 18302 Brunnenbauarbeiten

Bieske, E., (1992), Bohrbrunnen, R. Oldenbourg Verlag, München - Wien

Bruckner, F., (1990), Kritisches Resümee aus Anwendersicht zur Untergrundsanie rung mittels Bodenluftabsaugung und In-Situ-Strippen. – Schriftenreihe des Lehrstuhles für Angewandte Geologie, 9: S. 331-338, Universität Karlsruhe

Brunnenbauhandbuch Fa. Celler Brunnenbau, 2002

DIN 4023 Baugrund und Wasserbohrungen; Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse

DIN 4922 Stahlfilterrohre für Bohrbrunnen

DIN 4924 Sande und Kiese für den Brunnenbau. Anforderungen und Prüfungen

DIN 4925 Filter- und Vollwandrohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U) für Brunnen
(Teil 1 bis 3)

DVGW-AB W 111 Planung, Durchführung und Auswertung von Pumpversuchen (PV) bei der Wassererschließung

DVGW-AB W 115 Bohrungen bei der Wassererschließung

Handbuch für Altlasten und Grundwasserschadensfälle, Hydraulische und pneumatische in-situ-Verfahren, Materialien zur Altlastenbearbeitung Band 16, Hrsg., (1995), Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

Materialien zur Altlastenbehandlung Nr. 1/2000, Hrsg., (2000), Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Rietzler, J., (1990), In-Situ-Strippen: Kritische Analyse an Fallstudien, in Bock, Hötzl, Nahold (Hrsg.): Untergrundsanie rung mittels Bodenluftabsaugung und In-Situ-Strippen. – Schriftenreihe des Lehrstuhles für Angewandte Geologie, 9: S. 305-328, Universität Karlsruhe

Information über Leistungsanbieter

Kompetente Fachunternehmen sind anhand einschlägiger Referenzen auszuwählen.

520.1 Entnahme von Grundwasser aus Vertikal-/Horizontalbrunnen

520.1.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche/technische Grundlagen)

Zur Grundwasserentnahme wird typischerweise entweder ein Verbund von vielen kleindiametrischen Förderbrunnen oder aber wenigen, und stattdessen mit größeren Durchmessern und Förderpotentialen ausgestatteten Förderbrunnen eingerichtet. Das Grundwasser wird entweder mit Tauchpumpen, Saugpumpen oder von der Oberfläche aus arbeitenden Zentrifugalpumpen gefördert; deren Auswahl hängt im Wesentlichen von der angestrebten Förderleistung und -höhe ab. Die technische Ausstattung, Brunnenanzahl, Brunnenkonfiguration, Brunnenart, Filterstrecken und letztlich die Kosten von Grundwasserentnahme- und Grundwasserabsenkungsmaßnahmen hängen maßgeblich von der Komplexität der hydrogeologischen Verhältnissen des Standortes ab. Hierzu zählen insbesondere die Tiefe des Grundwasserspiegels, Grundwasserleiter- und Grundwasserstauer mächtigkeiten (Aquifer- und Aquitardmächtigkeiten), die hydraulische Leitfähigkeit des Grundwasserleiters, die Entnahme- bzw. Absenkungsflächen.

Es wird darauf hingewiesen, dass für jeden Standort eine detaillierte Betrachtung der örtlichen Verhältnisse unerlässlich ist. Die nachfolgenden Berechnungsansätze sind daher nur für eine überschlägige Datenermittlung zu verwenden. Im Regelfall ist eine Detailplanung ggf. unter Anwendung von Grundwassermodellen durchzuführen.

Die Anzahl der Sanierungsbrunnen sowie die Pumpraten, die für eine Grundwassersanierung notwendig sind, lassen sich unter idealen Verhältnissen überschlägig durch Vereinfachung und Umformung einer Gleichung nach dem Theis'schen-Verfahren zur Bestimmung der Aquiferdurchlässigkeit aus Pumpversuchen (THEIS, 1935) bestimmen. Die Umformung ergibt zwei Gleichungen zur Bestimmung des wirksamen Radius A eines Grundwassersanierungsbrunnens und der Pumprate Q für diesen Brunnen.

Die Theis'sche Gleichung kann laut US EPA (1988) folgendermaßen beschrieben werden:

$$Q = 4 \pi s k_f [b : W(u)] \quad (1)$$

mit: Q = Förderrate des Brunnens [m³/h]

s = Absenkung beim Radius r [m]

k_f = hydraulische Leitfähigkeit des Aquifers [m/s]

b = Mächtigkeit des Aquifers [m]

W(u) = Brunnengleichung nach Theis

Folgende Annäherung der Brunnengleichung kann für Werte für "u" zwischen 1E-15 bis 1 verwendet werden:

$$j = 2, 4, \dots 6$$

$$k = 3, 5, \dots 7$$

$$W(u) = -0,577216 - \ln(u) + u + j \sum (-u^j) : (j j!) + k \sum (u^k) : (k k!) \quad (2)$$

Die Variable "u" ist wie folgt definiert:

$$u(r, S, b, K, t) = r^2 [S : (4 b K t)] \quad (3)$$

r = radiale Entfernung an der eine Absenkung zu beobachten ist [m]

S = Speicherkoeffizient des Aquifers

K = Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]

t = Sanierungszeit seit Förderbeginn [h]

Diese Gleichungen erlauben die Definition der folgenden Funktion:

$$Q(s, K, b, u) = 4 \pi s k_f [b : W(u)] \quad (4)$$

Der wirksame Radius "r_s" eines Förderbrunnens wird per Konvention als derjenige Radius definiert, an dem die Absenkungen größer als 1/10 der Aquifermächtigkeit ist:

$$r_s(b) = 0,1 b \quad \text{in [m]} \quad (5)$$

Der Einfachheit halber wird angenommen, dass bis zum Erreichen des Sanierungszieles die 5-fache Menge des Wasservolumens des Aquifers innerhalb des wirksamen Radius' gefördert werden muss. Des Weiteren wird angenommen, dass die Porosität des Aquifers 30% beträgt. Diese Werte sind in Kenntnis der tatsächlichen Standortverhältnisse und des Schadstoffinventars anzupassen. Dann gilt:

Porenvolumen innerhalb des bedeutsamen Radius:

$$V_s = 0,3 \pi [r_s^2] b \quad \text{in [m}^3] \quad (6)$$

benötigte Förderrate um das Wasser innerhalb des Zeitraumes "t" 5-mal auszutauschen:

$$Q_s = 1,5 \pi [r_s^2] b/t \quad \text{in [m}^3/\text{h]} \quad (7)$$

Die Verknüpfung der Gleichungen (1), (5) und (7) ergibt:

$$W(u) = k_f b [t : (3,75 r_s^2)] \quad (8)$$

Gleichung (8) ist nur schwierig nach "r_s" oder "W(u)" direkt aufzulösen, weil sie komplexe Ausdrücke beiderseits der Gleichung enthält. Gleichwohl zeigt sich, dass der Wert für "W(u)" invariant für jeden festgesetzten Wert für "S" ist. Sofern für "S" also übliche Werte angesetzt werden, lassen sich obige Gleichungen anwenden, um den wirksamen Radius und die Förderleistung eines Sanierungsbrunnens zu berechnen.

Für ungespannte Grundwasserverhältnisse mit S = 0,1 nimmt "W(u)" nach Gleichung (8) den Wert von 6,2698 ein; unter gespannten Verhältnissen mit S = 0,00001, beträgt dieser Wert 16,44.

Mit Hilfe der Gleichungen (9) und (10) lassen sich die je Sanierungsbrunnen wirksamen Flächen für gespannte (A_g) und ungespannte (A_u) Porengrundwasserleiter errechnen:

$$A_u(k_f, b, t) = k_f b t [\pi / 23,51] \quad \text{in [m}^2] \quad (9)$$

$$A_g(k_f, b, t) = k_f b t [\pi / 61,67] \quad \text{in [m}^2] \quad (10)$$

Die Förderraten für gespannte (Q_g) und ungespannte (Q_u) Grundwasserverhältnisse errechnen sich wie folgt:

$$Q_u(k_f, b, t) = k_f b^2 1,5 [\pi / 23,51] \quad \text{in [m}^3/\text{h]} \quad (11)$$

$$Q_g(k_f, b, t) = k_f b^2 1,5 [\pi / 61,67] \quad \text{in [m}^3/\text{h]} \quad (12)$$

520.1.2 Kostenermittlung

Die Kosten der Grundwasserentnahme setzen sich zusammen aus den Investitionskosten für die Lieferung und Einrichtung der Anlage zuzüglich den Betriebskosten während der laufenden Förderaktivitäten.

Die Investitionskosten umfassen insbesondere Leistungen im Rahmen der Lieferung, Ausführung und Montage. Dazu zählen Bohrarbeiten, Verfilterung, Verkleidung, Bodenbeprobung (Aquifertests), Einrichten des Pegelkopfes, sowie das Verlegen von Fundamentplatten, Verbindungs- / Passstücken, Wasseruhren und Druckrohrleitungen. Die Betriebskosten umfassen insbesondere die Überwachung der laufenden Anlage mit Arbeitslöhnen, Probennahme, Analytik, Betriebsmittel und Energie.

Weitere Informationen können den Leistungsbereichen Brunnenbau (LB 240), Wasserhaltung (LB 250) und Behandlung von Grundwasser, Prozess- oder Sickerwasser (LB 530) entnommen werden.

Das Leistungsregister mit Positionen und Kostenangaben ist Bestandteil der internetbasierten Datenbank (LB 520).

weiterführende Leistungen:

LB 110	Geotechnische Felduntersuchungen
LB 130	Chemisch-physikalische Analytik
LB 220	Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz für Arbeiten in kontaminierten Bereichen
LB 240	Brunnenbau und Pumpversuche
LB 250	Wasserhaltungsmaßnahmen
LB 270	Direkt-/Indirekteinleitung und Versickerung von Grund- und Oberflächenwasser, Prozess- oder Sickerwasser
LB 340	Eigenkontrollmaßnahmen der Überwachung und Nachsorge
LB 540	Dränarbeiten und Entwässerungskanäle
LB 590	Extraktive Spülverfahren in-situ
LB 600	Reaktive Systeme
LB 700 bis 730	Oberflächenabdeckung, Oberflächenabdichtung, Vertikale Abdichtung, Untergrundabdichtung
LB 810	Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial

520.2 Einblasen von Luft/Dampf in den Grundwasserleiter (air-sparging)

520.2.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche/technische Grundlagen)

Air-Sparging bezeichnet die Injektion von atmosphärischer Luft in den Grundwasserleiter. Die Luftinjektion in den Aquifer führt zur Ausbildung eines kegelförmigen Bereiches von fein-verästelten Kanälen, durch die die Luft in die ungesättigte Bodenzone strömt. Dadurch werden leichtflüchtige Schadstoffe aus dem Aquifer in den ungesättigten Bodenbereich ausgetrieben (Hinsichtlich weiterer Verfahren s. a. LB 541 – Biosparging.).

Der sogenannte „Sparging-Punkt“, d.h. der Punkt, an dem die Druckluft eingeblasen wird, muss vorzugsweise im unteren Aquiferbereich installiert werden, um mit der erzeugten Vertikalströmung die Schadstoffe austreiben zu können. Die dann in der Bodenluft vorhandenen Schadstoffe werden abgesaugt und on-site gereinigt. Die Behandlung der Bodenluft wird im LB 510-000-000 „Behandlung von Bodenluft, Deponiegas und Abluft“ beschrieben und kostenmäßig erfasst.

Um eine hohe Austragsrate zu ermöglichen, sind die Ausbildung eines weitverzweigten „Kanalsystems“ und die Ausformung eines Einflusskegels mit großem Öffnungswinkel anzustreben. Dies kann durch die Wahl des optimalen Injektionsdruckes und / oder durch eine gepulste Luftinjektion erreicht werden.

Eine gezielte Steuerung der gesamten Anlage ist Voraussetzung für einen optimalen Schadstoffaustrag. Wird Druckluft in einem bestimmten Bereich in das Grundwasser eingeblasen, so wird zeitgleich genau der darüber liegende ungesättigte Bodenbereich abgesaugt.

Air-Sparging wird vorrangig zur Entfernung leichtflüchtiger Schadstoffe wie z.B. BTEX, LCKW eingesetzt. Durch Einblasen von Luft in den Aquifer erfolgt neben der beabsichtigten Ausstrippung der leichtflüchtigen Schadstoffe in die ungesättigte Bodenzone auch im Grundwasser eine Sauerstoffanreicherung, die zu einer Förderung des mikrobiellen Abbaus schwerflüchtiger Verbindungen führt. Mit Hilfe der eingeblasenen Druckluft können Nährstoffe und Elektronenakzeptoren wie z.B. Nitrat im Grundwasser verteilt werden, um einen mikrobiellen Abbau der Schadstoffe zu induzieren (Biosparging).

Zur Auslegung des Air-Sparging ist in der Regel ein Pilotversuch durchzuführen. Dazu ist zumeist die Installation eines Sparging-Pegels ausreichend. In regelmäßigen Abständen vom Sparging-Pegel sind Beobachtungspiegel zu installieren, die in der ungesättigten und in der gesättigten Bodenzone verfiltert sind. In den Beobachtungspiegeln werden die Änderung des Grundwasserniveaus, die Sauerstoffanreicherung im Grundwasser und der Anstieg der Schadstoffkonzentration in der Bodenluft gemessen. Aus den Messergebnissen kann dann die Größe des Einflusskegels abgeleitet werden.

Als Voraussetzung für die Anwendung von Air-Sparging sollte ein homogener Aquifer mit Durchlässigkeiten von $k_f > 10^{-4}$ m/s vorhanden sein. Geringere Durchlässigkeiten können zu einer eingeschränkten Anwendbarkeit führen. Bei geringmächtigen Aquiferen kann der Einflusskegel um einen Sparging-Pegel klein werden. Um die gewünschte Austragsrate zu erzielen, ist dann die Anzahl der Sparging-Pegel zu erhöhen. Dagegen erfordern tiefliegende Kontaminationen sehr hohe Drücke und damit eine leistungsfähige und vergleichsweise teure Anlagentechnik. Bei hohen Gehalten von gelöstem Eisen im Grundwasser kann es zu einer Verblockung des Aquifers kommen.

520.2.2 Kostenermittlung

Das Leistungsregister mit Positionen und Kostenangaben ist Bestandteil der internetbasierten Datenbank (LB 520).

weiterführende Leistungen:

LB 110	Geotechnische Felduntersuchungen
LB 130	Chemisch-physikalische Analytik
LB 220	Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz für Arbeiten in kontaminierten Bereichen
LB 240	Brunnenbau und Pumpversuche
LB 250	Wasserhaltungsmaßnahmen
LB 270	Direkt-/Indirekteinleitung und Versickerung von Grund- und Oberflächenwasser, Prozess- oder Sickerwasser
LB 340	Eigenkontrollmaßnahmen der Überwachung und Nachsorge
LB 540	Dränarbeiten und Entwässerungskanäle
LB 590	Extraktive Spülverfahren in-situ
LB 600	Reaktive Systeme
LB 700 bis 730	Oberflächenabdeckung, Oberflächenabdichtung, Vertikale Abdichtung, Untergrundabdichtung
LB 810	Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial

520.3 Grundwasserzirkulationsbrunnen

520.3.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche/technische Grundlagen)

Der Einsatzbereich von Grundwasserzirkulationsbrunnen (GZB) liegt überwiegend in der Sanierung von Grundwasserverunreinigungen mit leichtflüchtigen Schadstoffen (z.B. LHKW). Zur Anwendung kommt der GZB bei Grundwasserverunreinigungen, die eine nur langsam abströmende Schadstofffahne aufweisen sowie bei homogenen Untergrundverhältnissen. Der GZB wird im Schadenszentrum platziert.

Als Grundwasserzirkulationsbrunnen werden zwei tiefenmäßig versetzt an einer Stelle angeordnete Brunnen (1 Entnahmekosten, 1 Infiltrationsbrunnen) bezeichnet. Durch diesen speziellen Brunnenaufbau erfolgen die Zu- und Abströmung kontaminierten Grundwassers und der Abstrom des gereinigten Abwassers in unterschiedlichen Horizonten der gesättigten Zone. Die Anlagenkonzeption sieht eine Luftzuführung im unteren Grundwasserbereich

vor, die einerseits eine vertikale Wasserströmung erzeugt, andererseits ein Ausstrippen der leichtflüchtigen Schadstoffe aus dem transportierten Wasser bewirkt. Das gereinigte Wasser tritt in das obere Mantelrohr über und fließt in den Grundwasserleiter zurück. Die mit den ausgetriebenen Schadstoffen belastete Luft wird abgesaugt und on-site behandelt. Liegt die Kontamination in unterschiedlichen Grundwasserstockwerken vor, so sind separate Zirkulationsströmungen für jedes Stockwerk erforderlich.

Im Vergleich zum klassischen Brunnen erfolgen bei der Sanierung mittels Grundwasserzirkulationsbrunnen keine Grundwasserentnahme und keine Grundwasserabsenkung. Es wird nur das im Schadensgebiet vorhandene Prozesswasser im Kreislauf geführt.

Unter dem Begriff Grundwasserzirkulationsbrunnen werden unterschiedliche Systeme zusammengefasst. Verfahrenstechnische Unterschiede liegen hauptsächlich in der Erzeugung der Luftströmung.

Bei einem Unterdruck-Verdampfer-Brunnen (UVB) erfolgt im Brunnen eine passive Luftzufuhr durch Anlegen eines Unterdruckes.

Beim HA-Verfahren wird die Luftströmung nicht durch Anlegen eines Unterdruckes sondern durch Zufuhr von Druckluft unterhalb des Brunnenwasserspiegels erzeugt.

Der Einsatzbereich der Koaxialen Grundwasserbelüftung (KGB) liegt in der Sanierung von Schicht- bzw. Grundwasserverunreinigungen in Kombination mit einer Bodenluftabsaugung. Durch das Einleiten von atmosphärischer Luft in den Aquifer mittels Luftverteiler entsteht ein gezielter, nach oben gerichteter Blasenstrom, der eine aufsteigende Grundwasserströmung in der kiesverfilterten Bohrung bewirkt. Mittels der im ungesättigten Bereich parallel stattfindenden Bodenluftabsaugung wird die mit den ausgestripten Schadstoffen beladene Luft abgesaugt und on-site gereinigt.

Kostenmäßig erfasst wird dieser Leistungsbereich im LB 520 "Einblasen von Luft in den Grundwasserleiter". Die Behandlung der abzusaugenden Luft wird im LB 510 "Behandlung von Bodenluft, Deponiegas, Abluft" kalkuliert.

520.3.2 Kostenermittlung

Das Leistungsregister mit Positionen und Kostenangaben ist Bestandteil der internetbasierten Datenbank (LB 520).

520.4 Abpumpen von Schadstoffen in Phase

520.4.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche/technische Grundlagen)

Mit Wasser nicht mischbare Schadstoffe in Phase (Fluide) können separat oder zusammen mit dem Wasser mit Hilfe geeigneter Pumpen entnommen werden. Das Verfahren wird zumeist nur bei Schadstoffen angewendet, die auf dem Wasser aufschwimmen, also eine geringere Dichte aufweisen. Bei Produkten mit einer größeren Dichte als Wasser (z.B. leichtflüchtige CKW) ist die Lokalisierung von Phasenkörpern schwieriger. Falls sie möglich ist, können durch Pumpen unmittelbar im Phasenkörper die Schadstoffe zurückgewonnen werden.

Durch die Entnahme des Grundwassers wird ein Absenktrichter erzeugt, durch den das aufschwimmende Fluid in den Entnahmebrunnen geleitet wird, wo es in regelmäßigen Abständen abgeschöpft wird. Werden Pumpen eingesetzt, die dem Fluidspiegel folgen, so kann der Wassergehalt des geförderten Gemisches gering gehalten werden. Der Absenktrichter sollte flach ausgebildet sein, um die dadurch geschaffene ungesättigte Zone, die die Schadstoffe in Restsättigung festhalten kann und damit das Zuströmen zum Brunnen behindert, möglichst klein zu halten.

Eine wesentliche Kostenerhöhung beim Abpumpen freier Schadstoffphasen vom GW-Spiegel entsteht bei unzureichender Phasentrennung oder der Förderung von (Öl-) Emulsionen. Die Kosten für die nachträgliche Trennung und getrennte Entsorgung der Gemische können z.B. durch den Einsatz von Membranpumpen ("Scavenger") reduziert werden. Üblich ist auch die der Einsatz von Skimmern zur Phasentrennung. Häufig sind

die mit derartigen Pumpen geförderten KW-Mengen in Raffinerien wiederverwertbar und eine teurere Entsorgung von kontaminiertem Wasser entfällt. Beim Vorliegen von Emulsionen werden häufig zusätzliche Emulsionsspaltanlagen und die getrennte Entsorgung der einzelnen Phasen erforderlich.

Die Kosten für den Bau der Absaugbrunnen werden unter LB 240 erfasst. Die Behandlung des geförderten Wasser-Phasen-Gemisches wird im LB 530 beschrieben.

520.4.2 Kostenermittlung

Die Kosten für das Abpumpen von Schadstoffen in Phase hängen im Wesentlichen vom Schadstoffvolumen und von der Schadstoffdichte ab. Da das Schadstoffvolumen zumeist nicht abgeschätzt werden kann, muss die Standortfläche (stellvertretend für die Betriebsgröße) als Anhaltspunkt für die zu erwartende Menge gewählt werden, d.h. bei handwerklichen Betrieben werden kleinere Schadstoffmengen erwartet als bei mittelständischen oder industriellen Betrieben. Die Investitionskosten für die Pumpe werden bestimmt durch die Pumpkapazität und die Art der erforderlichen Abpumpanlage, welche sich wiederum durch die Schadstoffdichte, d.h. die Lage der Schadstoffe im Grundwasser (auf der GW-Oberfläche oder auf der Sohle des Grundwasserleiters), ergibt. Die Investitionskosten beziehen sich auf den Einsatz einer Anlage einschließlich Antransport, Aufstellen und Betrieb von Abwassertanks. Der Betriebskostenansatz umfasst den jährlichen Aufwand für Energie und Wartung (Personal und Material). Die Entnahmedauer muss vorgegeben werden.

Das Leistungsregister mit Positionen und Kostenangaben ist Bestandteil der internetbasierten Datenbank (LB 520).

weiterführende Leistungen:

LB 110	Geotechnische Felduntersuchungen
LB 130	Chemisch-physikalische Analytik
LB 220	Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz für Arbeiten in kontaminierten Bereichen
LB 240	Brunnenbau und Pumpversuche
LB 250	Wasserhaltungsmaßnahmen
LB 270	Direkt-/Indirekteinleitung und Versickerung von Grund- und Oberflächenwasser, Prozess- oder Sickerwasser
LB 340	Eigenkontrollmaßnahmen der Überwachung und Nachsorge
LB 540	Dränarbeiten und Entwässerungskanäle
LB 590	Extraktive Spülverfahren in-situ
LB 600	Reaktive Systeme
LB 700 bis 730	Oberflächenabdeckung, Oberflächenabdichtung, Vertikale Abdichtung, Untergrundabdichtung
LB 810	Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial

520.5 Umlenkung des Grundwasserstroms

520.5.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche/technische Grundlagen)

Eine Umlenkung des Grundwasserstromes kann erforderlich werden, um z.B. eine Schadstofffahne vom Einzugsgebiet eines Trinkwasserbrunnens fernzuhalten. Da die Kontamination im Aquifer verbleibt, stellt die Umlenkung keine Sanierung dar. Die Schadstoffausbreitung kann durch hydraulische Schranken, wie Infiltration oder Versickerungsgräben, beeinflusst werden. Ebenso ist die Grundwasserentnahme an anderer Stelle denkbar, um die GW-Fließrichtung zu verändern.

Die Absenkung des Grundwasserspiegels zur Vermeidung einer Durchströmung des kontaminierten Bereichs kann durch die Einrichtung von Drängräben erreicht werden. Die Drängräben werden einseitig mit Kunststoffbahnen, mineralischem Material oder durch Spundbohlen abgedichtet. In den Gräben werden horizontal Drainagerohre verlegt, die das kontaminierte Grundwasser seitlich abführen. Die Gräben werden abschnittsweise mit filterstabilem Sand verfüllt.

Bei der Umlenkung des Grundwasserstroms durch Infiltration kommen Versickerungsgräben und –mulden, Sickerschächte sowie Kombinationen der genannten Systeme zum Einsatz.

Für die Umlenkung des Grundwasserstroms ist eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich.

Die Kosten für Infiltrationsmaßnahmen setzen sich aus der Erstellung der Versickerungsbrunnen und der Versickerung von Wasser mit hoher Qualität zusammen. Die Genehmigung der Infiltrationsmaßnahme wird vorausgesetzt.

Die Kosten für die Umlenkung des Grundwasserstroms durch Wasserentnahme an anderer Stelle können über den LB 240 “Brunnenbau” und den LB 520 “Grundwasserentnahme aus Vertikalbrunnen” kalkuliert werden.

520.5.2 Kostenermittlung

Das Leistungsregister mit Positionen und Kostenangaben ist Bestandteil der internetbasierten Datenbank (LB 520).

weiterführende Leistungen:

LB 110	Geotechnische Felduntersuchungen
LB 130	Chemisch-physikalische Analytik
LB 220	Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz für Arbeiten in kontaminierten Bereichen
LB 240	Brunnenbau und Pumpversuche
LB 250	Wasserhaltungsmaßnahmen
LB 270	Direkt-/Indirekteinleitung und Versickerung von Grund- und Oberflächenwasser, Prozess- oder Sickerwasser
LB 340	Eigenkontrollmaßnahmen der Überwachung und Nachsorge
LB 540	Dränarbeiten und Entwässerungskanäle
LB 590	Extraktive Spülverfahren in-situ
LB 600	Reaktive Systeme
LB 700 bis 730	Oberflächenabdeckung, Oberflächenabdichtung, Vertikale Abdichtung, Untergrundabdichtung
LB 810	Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial

520.6 Absenkung des Grundwasserspiegels

520.6.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche/technische Grundlagen)

Die Grundwasserabsenkung wird häufig als vorbereitende Maßnahme für die Errichtung geotechnischer Umschließungen eingesetzt. Darüber hinaus stellt sie in Kombination mit bautechnischen Maßnahmen eine effektive Sanierungsstrategie dar.

Im Bereich von Ablagerungen wird durch eine Grundwasserabsenkung die Emission von Schadstoffen verringert. Auf lange Sicht werden der Altlast dadurch die Schadstoffe entsprechend ihrer Eluierbarkeit entzogen. Wird die Absenkung des Grundwasserspiegels mit einer Oberflächenabdichtung kombiniert, so kann eine Altlast “ausgetrocknet” und somit die Schadstoffmobilität minimiert werden.

Die Positionierung der Brunnen und die Pumprate sollten so dimensioniert werden, dass auch bei veränderlicher GW-Strömungsrichtung bzw. ungenau bekannter Grundströmung eine vollständige Erfassung des Grundwassers im kontaminierten Bereich gewährleistet bleibt. Hydrogeologische Erkundungen sind unerlässlich, um fundierte Information zu Durchlässigkeitsbeiwerten, Schichtmächtigkeiten, Grundwasserneubildungsraten und regionalen hydraulischen Gradienten zu erhalten.

Die Kosten für den Bau von Absenkungsbrunnen können anhand des LB 240 “Brunnenbau” kalkuliert werden.

520.6.2 Kostenermittlung

Das Leistungsregister mit Positionen und Kostenangaben ist Bestandteil der internetbasierten Datenbank (LB 520).

weiterführende Leistungen:

LB 110	Geotechnische Felduntersuchungen
LB 130	Chemisch-physikalische Analytik
LB 220	Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz für Arbeiten in kontaminierten Bereichen
LB 240	Brunnenbau und Pumpversuche
LB 250	Wasserhaltungsmaßnahmen
LB 270	Direkt-/Indirekteinleitung und Versickerung von Grund- und Oberflächenwasser, Prozess- oder Sickerwasser
LB 340	Eigenkontrollmaßnahmen der Überwachung und Nachsorge
LB 540	Dränarbeiten und Entwässerungskanäle
LB 590	Extraktive Spülverfahren in-situ
LB 600	Reaktive Systeme
LB 700 bis 730	Oberflächenabdeckung, Oberflächenabdichtung, Vertikale Abdichtung, Untergrundabdichtung
LB 810	Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial

520.7 Ableitung von Schichten- und Sickerwasser

520.7.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche/technische Grundlagen)

Die nachträgliche Fassung und Ableitung von Sicker- bzw. Schichtenwasser wird üblicherweise mit Hilfe von Drainagen oder Vertikalbrunnen durchgeführt. Der Sickerwasseranfall beträgt bei Ablagerungen mit Oberflächenabdichtung je nach Ausführung 0,1 - 3 m³/ha/d während bei nicht abgedeckten Flächen mit etwa 5 m³/ha/d gerechnet wird. Als Nachsorgezeitraum wird mit einer Zeitspanne von 30 Jahren bis zur voraussichtlich erforderlichen Erneuerung der Sanierungsmaßnahme gerechnet.

Die detaillierte Kostenkalkulation für die Erstellung und den Betrieb der Fassungsanlagen kann anhand der Leistungsregister der LB 240 "Brunnenbau und Pumpversuche", LB 540 "Drainage" und LB 520-10 "Aktive hydraulische Maßnahmen / Entnahme von Grundwasser aus Vertikal- / Horizontalbrunnen" vorgenommen werden. Zusätzliche Kosten sind für den erhöhten Aufwand beim Arbeitsschutz zu veranschlagen, wenn die Arbeiten im Deponiekörper ausgeführt werden (s. LB 220). Insbesondere sind dann der Einsatz von ex-geschützten Maschinen und Geräten sowie geeignete Bewetterungs- bzw. Atemschutzmaßnahmen zu berücksichtigen. Zudem kann ein erhöhter Wartungsaufwand infolge von Brunnenverstopfungen erforderlich werden. Durch einen Zuschlag von 100 % auf die anhand der genannten Leistungsbereiche ermittelten Kosten können die Mehraufwendungen beim Bau und Betrieb von Fassungsanlagen für Schichten- bzw. Sickerwasser berücksichtigt werden.

Die Behandlung des gefassten Wassers kann anhand des Leistungsregisters im LB 530 "Grundwasserbehandlung" kalkuliert werden.

Aufgrund der vielfältigen Bezüge zu anderen Leistungsbereichen wird für den LB 520-70 "Schichten- und Sickerwasserableitung" kein eigenes Leistungsregister erstellt.

520.8 Oberflächenwasserfassung

520.8.1 Leistungsbeschreibung (rechtliche/technische Grundlagen)

Unter Oberflächenwasserfassung wird das Abpumpen von (kontaminiertem) Wasser aus Bächen, Teichen und Flüssen verstanden. In Abhängigkeit von Schadstoffart und -ausbreitung können auch Skimmer o.ä. zur Entfernung der Kontamination aus Oberflächengewässern zum Einsatz kommen. Für das Abpumpen von Schadstoffen in Phase wird auf den LB 520-40 verwiesen. Die Behandlung von Oberflächenwasser wird im LB 530 "Grundwasserbehandlung" mit erfasst.

520.8.2 Kostenermittlung

Die Kosten sind im Wesentlichen abhängig von der Durchsatzrate bzw. der Entnahmedauer. Die Basiskosten beziehen sich auf die Investition, Lieferung und Einrichtung der Abpumpanlage. Als modifizierende Einflussgröße gelten die laufenden Betriebskosten, die sich über Wartung, Energieverbrauch und Arbeitslöhne ermitteln lassen. Die geplante Betriebsdauer muss vorab angegeben werden.

Das Leistungsregister mit Positionen und Kostenangaben ist Bestandteil der internetbasierten Datenbank (LB 520).

weiterführende Leistungen:

LB 110	Geotechnische Felduntersuchungen
LB 130	Chemisch-physikalische Analytik
LB 220	Arbeits-, Emissions- und Immissionsschutz für Arbeiten in kontaminierten Bereichen
LB 240	Brunnenbau und Pumpversuche
LB 250	Wasserhaltungsmaßnahmen
LB 270	Direkt-/Indirekteinleitung und Versickerung von Grund- und Oberflächenwasser, Prozess- oder Sickerwasser
LB 340	Eigenkontrollmaßnahmen der Überwachung und Nachsorge
LB 540	Dränarbeiten und Entwässerungskanäle
LB 590	Extraktive Spülverfahren in-situ
LB 600	Reaktive Systeme
LB 700 bis 730	Oberflächenabdeckung, Oberflächenabdichtung, Vertikale Abdichtung, Untergrundabdichtung
LB 810	Verwertung und Beseitigung von Aushub- und Abbruchmaterial