

06.19

Lizenziert für die ARGE Sanierung IN-Campus GdR.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

28. Jahrgang
Dezember 2019
Seiten 223 – 235

altlasten spektrum

Herausgegeben vom
Ingenieurtechnischen Verband für Altlastenmanagement
und Flächenrecycling e.V. (ITVA)

www.ALTLASTENDigital.de



Organ des ITVA

Sanierung einer ehemaligen Raffinerie – ein heraus- forderndes Großprojekt

M. Brutscher, B. Faigle, B. Volz

Effizientes Air-Sparging im großen Stil

B. Faigle, F. Bayer

Bodenaustausch tiefliegender Schadstoffbelastungen

D. Brozio, A. Ernst

Bodenwäsche neu entdeckt

B. Volz, J. Baur, F. Grabmann, B. Faigle

SONDERDRUCK

ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG



© ARGE AUDI IN-Campus GbR



Sanierung einer ehemaligen Raffinerie – ein herausforderndes Großprojekt

Markus Brutscher, Benjamin Faigle, Bernhard Volz

Der Auftrag zur nutzungsorientierten Sanierung des größten Teiles der ehemaligen Raffinerie ERIAG der Bayernoil AG in Ingolstadt wurde 2017 an die Arbeitsgemeinschaft (ARGE) AUDI IN-Campus GbR vergeben. Diese wird von den Firmen ZÜBLIN Umwelttechnik GmbH (Technische Geschäftsführung), Geiger Umweltsanierung GmbH & Co. KG (Kaufmännische Geschäftsführung), Wilhelm Geiger GmbH & Co. KG und Strabag Umwelttechnik GmbH gebildet. Als Totalunternehmerin zeigt sich die ARGE für alle Aspekte der Ausführungsplanung und des Genehmigungsmanagements sowie die Durchführung sämtlicher Arbeiten verantwortlich. Der Auftraggeber der Sanierung ist ein Joint-Venture der Stadt Ingolstadt und der AUDI AG. Aus den Detailerkundungen konnten drei wesentliche, raffinerietypische Schadstoffgruppen identifiziert werden. Für diese wurden spezialisierte, emissionsarme Sanierungsmethoden wie Air-Sparging, Bodenaustausch im Wabenverfahren und Bodenwäsche ausgewählt, die in den folgenden Fachbeiträgen näher erläutert werden.

Vor Beginn des großtechnischen Sanierungsbetriebes wurde eine hydraulische Abstomsicherung in Betrieb genommen, um das Naturschutzgebiet der angrenzenden Donauauen bis zum Erreichen der Sanierungsziele vor dem Zutritt von mobilisierten Schadstoffen zu schützen. Das mit einer Durchflussrate von bis zu 210 m³/h geförderte Rohwasser wird in einer 4-stufigen Grundwasserreinigungsanlage behandelt und über naturnahe Versickerungsbecken im Bereich der Biotopflächen dem Grundwasserleiter wieder zugeführt.

Die abschließende Baureifmachung erfolgt über ein Flächennivellement mit Geländeaufhöhung, für das

insgesamt über 1.000.000 t an unbelastetem Boden angeliefert werden. Dafür wurde gemeinsam mit den zuständigen Fachbehörden und dem Fachgutachter ein umfangreiches Annahmekonzept entwickelt, um den gesamten Stoffstrom mit definierten Freigabeketten transparent zu überwachen und lückenlos zu dokumentieren.

Alle Sanierungsmaßnahmen sind eng miteinander verflochten und erst die Kombination der einzelnen Gewerke führt zum Sanierungserfolg. Durch die Vergabe der kompletten Sanierungsaufgabe als Totalunternehmervertrag an die ARGE wurde gewährleistet, dass sämtliche Schnittstellen der Einzelgewerke in Planung, Genehmigung und Ausführung zentral koordiniert werden. Für den AG und die zuständigen Behörden steht somit ein Ansprechpartner während der Abwicklung zur Verfügung, der die jeweilige spezifische Fachkompetenz der ARGE-Partner bündelt. Damit bleiben alle Beteiligten (Bauherr, Behörden, Fachgutachter) während Planung und Ausführung eng eingebunden und Anpassungen können unmittelbar umgesetzt werden. Die Sanierungsarbeiten sind zusätzlich mit verschiedenen Vor- bzw. Folgenutzungen des AG zu koordinieren. Bereits sanierte Teilflächen werden zu definierten Meilensteinen an den AG übergeben, es erfolgt unmittelbar der Baubeginn für die geplante Folgenutzung.

Nach aktuellem Plan wird der Schwerpunkt der aktiven Sanierungsmaßnahmen bis Ende 2020 abgeschlossen sein, darauf folgt der Rückbau sowie nachlaufende unterstützende Sanierungsmaßnahmen, sowie Ruhephasen nach den Eingriffen und das Monitoring. Die Nachweise zum Erreichen der Sanierungserfolgs liegen voraussichtlich Ende 2022 vor.



Effizientes Air-Sparging im großen Stil

Optimierte Schadstoffentfrachtung und automatisierte Anlagentechnik beschleunigen die Sanierungsmaßnahme

Benjamin Faigle, Fabian Bayer

1. Einleitung

Air-Sparging (AS) ist ein bewährtes In-situ-Verfahren zur Sanierung der gesättigten Bodenzone. Es beruht darauf, flüchtige Schadstoffe durch In-situ Strippung aus dem Grundwasser in die ungesättigte Bodenzone zu überführen und dort über eine Bodenluftabsaugung und -reinigung aus dem Untergrund zu entfernen. Wenn durch den Eintrag von Luftsauerstoff ins Grundwasser der mikrobiologische aeroben Abbau bioverfügbarer Schadstoffe gefördert wird, spricht man von Bio Sparging. Air-Sparging und Bio Sparging können parallel ablaufen, wobei für das reine Bio Sparging keine Bodenluftabsaugung erforderlich ist. Ursprünglich wurde das AS-Verfahren Mitte der 1980er Jahren in den USA entwickelt und zunächst vor allem auf ehemaligen militärischen Treibstofflagern zur Entfernung flüchtiger organischer Verbindungen eingesetzt, seit den 1990er Jahren ist es auch in Europa etabliert [1, 2].

Die Abbildung 1 zeigt schematisch das Prinzip des Air-Sparging-Verfahrens als Schnitt durch den Grund-

wasserleiter. Über vertikal eingebrachte Injektionspiegel, welche im untersten Bereich verfiltert sind, wird Luft in den Grundwasserleiter unterhalb des Schadensbereiches injiziert. Diese steigt kegelförmig in die ungesättigte Zone auf. Während der Durchströmung des kontaminierten Bereiches wird die Luft mit Schadstoffen beladen, und transferiert diese in die ungesättigte Bodenzone. Über vertikale Bodenluftpegel oder horizontal im Boden verlegte Drainageleitungen wird die nun schadstoffbelastete Bodenluft abgesaugt und einer geeigneten Abluftbehandlung zugeführt.

Um alle mobilisierten Schadstoffe zu fassen und eine unkontrollierte Verfrachtung zu verhindern, sollte die Absaugkapazität um ein Vielfaches höher als der Injektionsvolumenstrom sein. Das abgesaugte Gasvolumen bestimmt die Größe der erforderlichen Abluftreinigung, die einen maßgeblichen Kostenfaktor darstellt. Da die Schadstoffkonzentration mit der Entfernung zum Injektionspegel deutlich abnimmt, ist es nicht sinnvoll, dauerhaft Bodenluft vom gesamten Feld zu fördern und zu reinigen. Stattdessen wird gezielt der

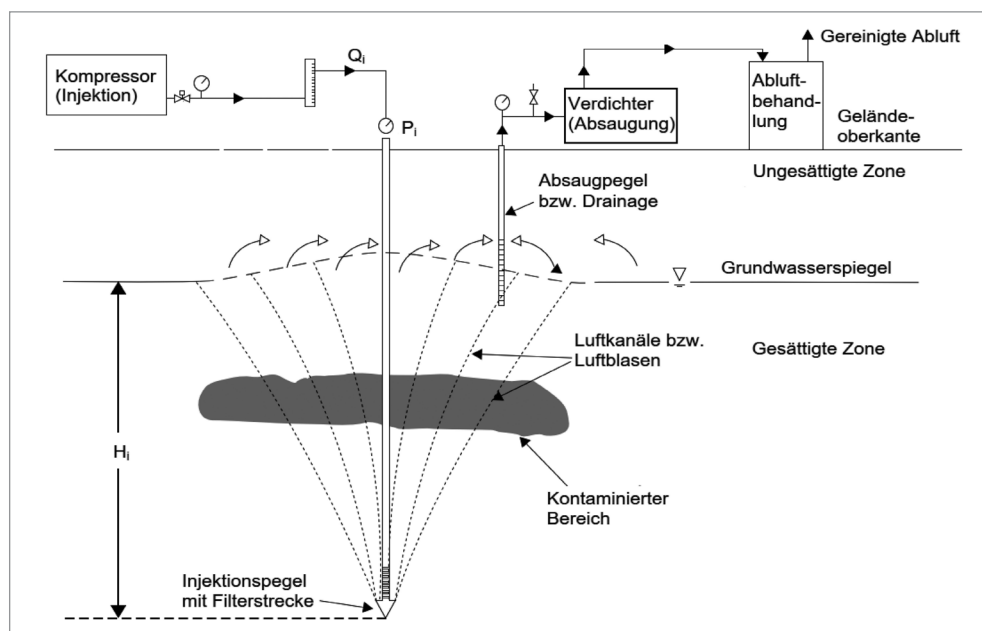


Abbildung 1: Prinzip des Air-Sparging-Verfahrens, Quelle: nach [1]

Bereich um die jeweils aktive Injektion abgesaugt, wobei die entsprechenden Absaugpegel über eine intelligente Steuerung mit den Injektionspegeln verknüpft sind und automatisch im Zyklus aktiviert und wieder geschlossen werden. Mit Hilfe dieser Betriebsweise lassen sich beträchtliche Energieeinsparungen und ein effizienter Sanierungsbetrieb erzielen.

2. Air-Sparging auf dem ehemaligen Raffinerie-gelände

Auf dem Gelände werden Air-Sparging-Maßnahmen auf insgesamt über 120.000 m² durchgeführt. Davon sind die kleinsten Schadensbereiche etwa 1.500m² groß, der größte, zentral gelegene Schaden umfasst eine Fläche von über 54.000 m², und ist in mehrere Teilbereiche unterteilt (Abbildung 2). Die mit leichtflüchtigen Schadstoffen belasteten Bereiche sind teilweise mit anderen Schadstoffbelastungen (PFC, MKW) überlagert. Es ist daher erforderlich, die Bearbeitungssequenz und Sanierungstätigkeiten des Air-Spargings mit den Bodenaustauschmassnahmen zur Sanierung der MKW- und PFC-Schäden abzustimmen. Die im Vorfeld des Baubeginns erstellte Bauablauf- und Zeitplanung ergab, dass eine Bearbeitungskapazität von bis zu 45.000 m² Sanierungsfläche über den gleichzeitigen Betrieb von acht AS-Anlagen installiert werden muss, um die engen, zeitlichen Vorgaben des AG zu erfüllen. Sobald eine Teilfläche erfolgreich saniert wurde, wird die AS-Anlage auf das nächste, bereits vorbereitete Feld umgesetzt. Auch die eingesetzte Feldausrüstung (Tabelle 1) wird mit der Anlage umgezogen und kann weitestgehend wieder eingesetzt werden.

Tabelle 1: Kenndaten der Air-Sparging-Maßnahme auf dem Sanierungsgelände

Gesamtfläche	Über 120.000 m ²
Air-Sparging – Anlagen	8 Einheiten mit variabler Abluftreinigung
Injektions- und Absaugpegel	3.500 Stück
Gesamtlänge verbaute Rohrleitungen	60 km
Gesamtlänge eingesetzte Steuerleitung	20 km
Sandsäcke zur Folienabdeckung	40.000 Stück

Jede einzelne Anlage steuert über 60 Injektionspegel (Abbildung 3) mit den jeweils zugeordneten Absaugpegeln an. Über eine intelligente Steuerung werden alle an der Anlage angeschlossenen Pegel mittels individueller Injektionspulse zyklisch abgearbeitet. Eine online Gasmesstechnik überwacht den Schadstoffaus-trag und erfasst somit für jeden Druckluftimpuls den Verlauf der Schadstofffreisetzung und -austrag im Untergrund. Aus diesen Betriebsdaten wird ein genaues Schadensbild der bearbeiteten Fläche erstellt, sodass entsprechende Hot-Spots lokalisiert und damit gezielt Maßnahmen intensiviert werden können. Insgesamt fördern alle AS-Anlagen rund 4.500 m³/h belastete Bodenluft, die gereinigt werden muss. Die

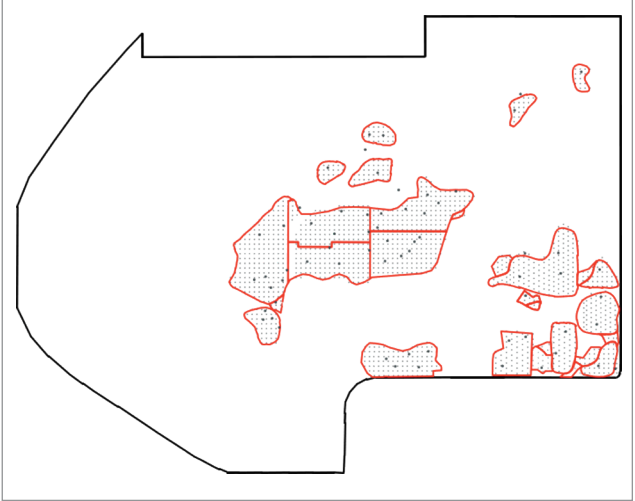


Abbildung 2: Air-Sparging, Unterteilung der Sanierungsbereiche



Abbildung 3: Blick in eine Air-Sparging-Anlage mit Injektionseinheiten

Schadstoffkonzentrationen schwanken stark und sind abhängig vom aktuell behandelten Bereich, dem Sanierungsfortschritt, aber auch der aktuellen Behandlungsstrategie (siehe Abschnitt 3). Im Lauf der Sanierung verändert sich auch die Zusammensetzung der abzureinigenden Rohluft: Zu Beginn werden vor allem kurzkettige Substanzen im Konzentrationsbereich der unteren Explosionsgrenze (UEG) ausgetrieben, im weiteren Sanierungsverlauf verschiebt sich das Spektrum zu längerkettigen Verbindungen in geringerer Konzentration. Je nach Schadstoffgehalt wird die Abluft über eine Hochtemperaturfackel, eine rekuperative Nachverbrennungsanlage (RNV), über katalytische Oxidationsanlagen (KATOX) oder Luftaktivkohlefilter behandelt. Dabei kann es im Sanierungsverlauf erforderlich werden an einem Anlagenstandort alle Verfahren zur Abluftreinigung nacheinander einzusetzen. Das stellt hohe Anforderungen, sowohl an die Anlagensteuerung und Messtechnik als auch an die Logistik.

Effizientes Air-Sparging im großen Stil



Abbildung 4: Abluftreinigungsanlagen für das Air-Sparging: Rekuperative Verbrennung (linkes Bild), Hochttemperaturfackel (rechtes Bild, linke Seite) sowie katalytische Nachverbrennung (rechtes Bild, mittlerer Anlagencontainer).

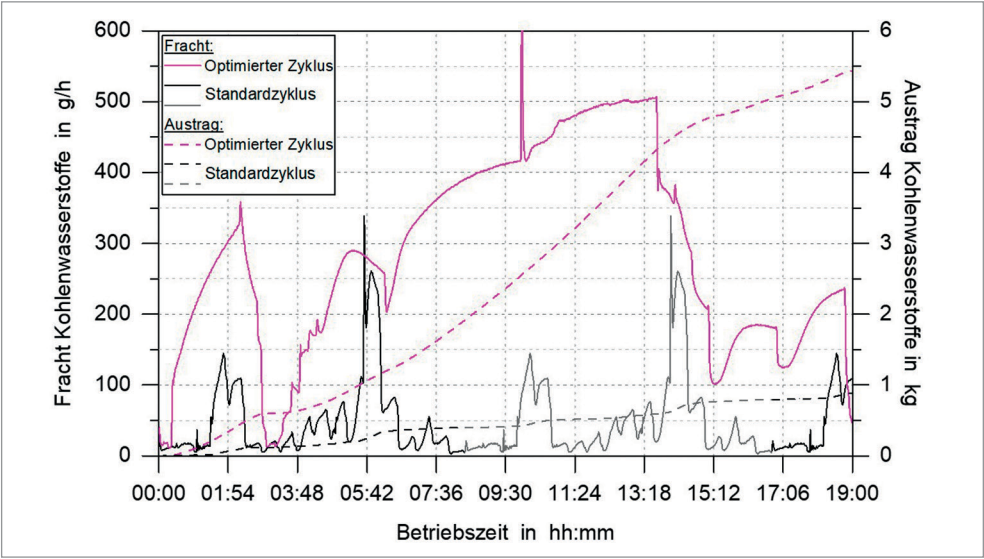
3. Optimierungspotenzial während des Air-Sparging Betriebes

An jedem Anlagenstandort wird ein möglichst effizienter Sanierungsbetrieb angestrebt, um das Sanierungsziel zuverlässig und möglichst schnell zu erreichen. Im optimalen Betrieb kann die Anlage baldmöglichst auf den nächsten Bereich umgesetzt werden, damit nachfolgende Sanierungsmethoden rasch zur Anwendung kommen können. Die bisherigen Erfahrungen am Standort haben gezeigt, dass sich jeder Injektionspegel trotz eines vergleichbar homogenen Untergrunds unterschiedlich verhält. Im Vergleich zur uniformen, an den Standort angepassten Behandlungsstrategie können die Austragsraten mit einem für jeden Injektionspegel optimiert angepassten Zyklus

im selben Zeitraum um das Vierfache gesteigert werden. Die Optimierung folgender Freiheitsgrade zeigte dabei in Summe die größte Wirkung:

- Veränderung des Injektionsvolumenstroms
- Gruppierung von Pegeln gleicher Belastung und ähnlicher Austragskurve
- Anpassung der Dauer der Injektionspulse je Pegel / Pegelgruppe zwischen 5 min bis 24 h
- Bearbeitungszyklus: räumliche Reihenfolge der pulsierenden Behandlung
- Variation: Austragssteigerung durch Änderung des Betriebsregimes
- Ruhephasen zum Ende der Sanierungsmaßnahmen (Intervallbetrieb)

Abbildung 5: Vergleich des Schadstoffaustrags aus einer uniformen Behandlungsstrategie („Standard“, schwarz / grau) mit dem optimierten Betrieb (violett).



Für eine fortlaufende Individualisierung und Anpassung von über 500 Injektionspegeln ist einerseits eine automatisierte Datenverarbeitung erforderlich, andererseits unterstützt die grafische Visualisierung bei der Entscheidungsfindung und Steuerung des Sanierungsfortschritts. Es wurde ein standardisierter „Messzyklus“ entwickelt, der Rückschlüsse über den Sanierungsstand, die Schadstoffverteilung und erforderliche Maßnahmen zulässt und gleichzeitig eine Prognose für den weiteren Sanierungsverlauf erlaubt. Zum Beginn der Maßnahme sind Kernbereiche hoher Belastung gut zu erkennen (Abbildung 6), die Fortschritte in den Kernbereichen wie auch in der Fläche sind im weiteren Verlauf der Sanierung gut erkennbar (Abbildung 7).

Trotz aller Erfahrungen am Standort und einem fortlaufend optimiertem Betrieb ist der Sanierungsfortschritt dieser in-situ Sanierungstechnologie nur bedingt prognostizierbar: Während einige Bereiche in wenigen Monaten zu sanieren waren, erfordern andere Bereiche eine intensive Bearbeitung mittels Air-Sparging von über zwei Jahren. Entsprechend wird der Sanierungsablauf der Gesamtbaustelle kontinuierlich überarbeitet und an den Sanierungsfortschritt angepasst, was eine hohe Flexibilität auch der anderen Gewerke erfordert. Als Totalunternehmer kann hier die ARGE ihre Stärken ausspielen: Ein derart eng verzahntes Sanierungsprojekt dieser Größenordnung wäre bei losweiser Vergabe an Einzelfirmen nicht zu koordinieren.

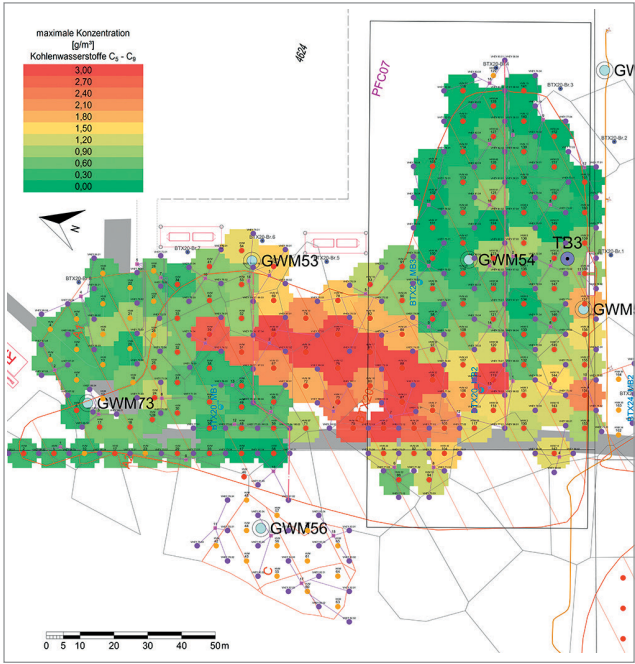


Abbildung 6: Schadstoffaustrag zum Beginn des Sanierungsbetriebs.

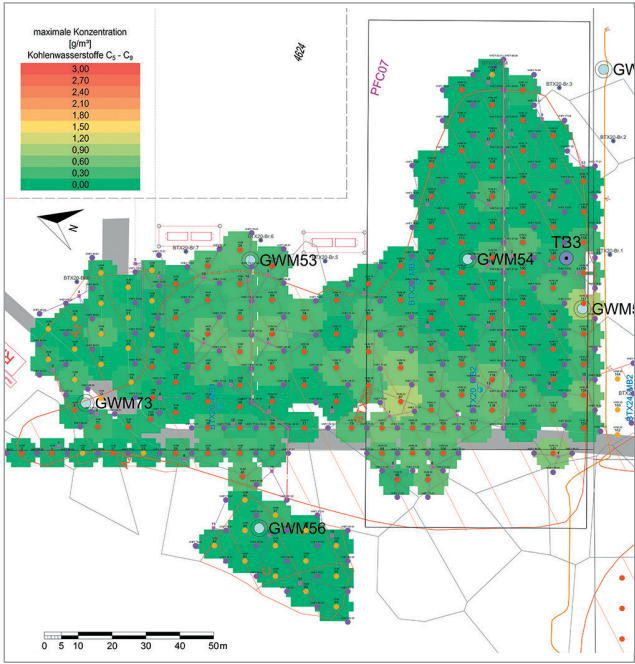


Abbildung 7: Schadstoffaustrag zur Halbzeit der Sanierungsmaßnahmen.

Wertstoffsammlung



Müll-Handbuch

Vermeidung, Sammlung und Transport, Behandlung, Verwertung sowie Ablagerung von Abfällen

Ergänzbare Handbuch für Praktiker der kommunalen und industriellen Abfallwirtschaft

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Peter Quicker, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Dr.-Ing. Helmut Schnurer, Ministerialdirigent a. D., und Dr. rer. nat. Barbara Zeschmar-Lahl, BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH

Unter Mitwirkung in- und ausländischer Fachleute aus Wissenschaft, Verwaltung und Wirtschaft

Begründet und fortgeführt von

Prof. Dr.-Ing. E. h. W. Kumpf, K. Maas,

Prof. Dr.-Ing. H. Straub, Prof. Dr. med. habil. G. Hösel

und Dipl.-Ing. W. Schenkel

Datenbank und Loseblattwerk

www.MUELLHANDBUCHdigital.de/info

ESV ERICH SCHMIDT VERLAG

Auf Wissen vertrauen

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG · Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin
Tel. (030) 25 00 85-228 · Fax (030) 25 00 85-275 · ESV@ESVmedien.de
www.ESV.info

4. Fazit

Der bisherige Sanierungsbetrieb am Standort IN-Campus hat gezeigt, dass das Air-Sparging-Verfahren bestens geeignet ist, um große Flächen bei geeigneten Untergrundverhältnissen in kurzer Zeit von leichtflüchtigen Schadstoffen zu reinigen. Der Einsatz technisch aufwändiger, automatisierter AS-Anlagen ermöglicht es, den Sanierungsbetrieb selbst in diesem Umfang individuell zu differenzieren. Die so erzielte Betriebsoptimierung steigert den Schadstoffaustrag um ein Vielfaches, führt zu deutlichen Energieeinsparungen und verkürzt die Sanierungsdauer.

Literatur

- [1] Suthan S. Suthersan, John Horst, Matthew Schnobrich, Nicklaus Welty und Jeff McDonough. Remediation Engineering: Design Concepts. Taylor & Francis CRC Press, Boca Raton und London und New York, 2. Auflage, 2017
- [2] U.S. Army Corps of Engineers. In-situ Air Sparging – Engineer Manual: Environmental Quality, 2013
- [3] Paul Burkhardt, Identifikation der maßgeblichen Optimierungsmöglichkeiten zur effizienten Sanierung mittels Air Sparging, HfWU Nürtingen, 2018

Autorenschaft

Dr.-Ing. Benjamin Faigle

Stlv. Projektleiter, Züblin Umwelttechnik GmbH

Otto-Dürr-Straße 13

70435 Stuttgart

E-Mail: benjamin.faigle@zueblin.de

Dipl.-Ing. Fabian Bayer

Bauleitung Air-Sparging, Züblin Umwelttechnik GmbH

Otto-Dürr-Straße 13

70435 Stuttgart

E-Mail: Fabian.Bayer@zueblin.de

Bildrechte (sofern nichts anderes angegeben): ARGE AUDI IN-Campus GbR

English Summary

The in-situ method of air-sparging is employed on a total area of 120.000 m² to remove volatile contaminants. Eight air-sparging units operate approx. 500 injection wells, each having its individual modus of operation depending on the contaminant output. This optimized strategy aims for a maximal progress of the remediation works. A gas measurement of the exhaust yield a detailed information on the affected area and allows for an identification of hot spots where measures can be focused. In comparison to a uniform operation strategy, these methods increase the contaminant mass flow by a factor of four, thereby reducing the total time of remediation significantly.



Bodenaustausch tiefliegen- der Schadstoffbelastungen

Vorteile des Hexagonalrohrtauschverfahrens

Dirk Brozio, Achim Ernst

Zusammenfassung

Die Sanierung der tieferliegenden MKW-Schadstoffbelastungen aus dem ehemaligen Raffineriestandorts in Ingolstadt erfordert aufgrund der mit 400.000 t großen Menge auszutauschenden Materials und der verhältnismäßig kurzen Bauzeit ein angepasstes Aushubregime.

Neben den Kriterien Austauschmenge und Bauzeit sind die kiesigen Ablagerungen der Donau sowie der hohe Grundwasserstand als wesentliche Einflussfaktoren zu berücksichtigen.

Die Austauschtiefe für die MKW-belasteten Böden reicht bis ca. 8,0 m unter Gelände, das Grundwasser steht in der Regel bei 1,5 m unter Gelände an. Die kontaminierten Böden sind zudem durch starke Geruchsemission gekennzeichnet. Auswahlkriterien für das Bo-

denaustauschverfahren waren somit neben der grundsätzlichen technischen Eignung auch die Vermeidung einer intensiven Grundwasserhaltung und großflächiger Emissionsbereiche.

Mit dem Verfahren des Bodenaustausches im Schutz von Wabenrohren werden diese Vorgaben erfüllt. Mit der neuen Technik eines mäklergeführten Rüttlers, die in dieser Ausführung erstmalig am Standort IN-Campus zum Einsatz kommt, werden zusätzlich eine hohe Genauigkeit der flächig präzisen und lotrechten Einbringung der Waben, aber auch eine hohe Austauschleistung, sichergestellt. Damit wird zusätzlich gewährleistet, dass die am Standort eingerichtete und betriebene Bodenwaschanlage kontinuierlich mit ausreichend Material versorgt ist.



- Der Mäkler steht unabhängig vom Gerät senkrecht > lotrechtes Abteufen der Wabe
- Der Mäkler kann incl. Rüttler und Wabe (ca. 25 t) komplett nach vorne ausgefahren werden, das Gerät bleibt standsicher
- Der Rüttler kann die Wabe durch Verschwenken bündig ansetzen



Abbildung 1: Vorteile des mäklergeführten Rüttlers

Bodenaustausch tiefliegender Schadstoffbelastungen

Gegenüberstellung der möglichen Verfahren

Auf dem Gelände der ehemaligen Raffinerie in Ingolstadt werden ca. 400.000 t mit MKW kontaminierte Böden aus Tiefen bis zu 8 m unter Gelände im grundwassergesättigten Bereich ausgetauscht. Bei der Auswahl eines technisch und wirtschaftlich geeigneten Verfahrens zum Bodenaustausch dieser tieferliegenden Kontaminationsbereiche kommen großflächige, offene Baugruben aufgrund der zu vermeidenden Emissionen und Wasserhaltungsmaßnahmen nicht in Frage. Bei der Umsetzung mit möglichst kleinräumiger offener Oberfläche der Kontaminationsbereiche und damit möglichst emissionsarm musste jedoch zunächst zwischen den herkömmlichen Verfahren des Bodenaustausches durch verrohrte Großlochbohrungen



Abbildung 2: Vergleich der Querschnittsmassen zwischen Wabe und zu Großlochbohrung.

und dem Verfahren im Schutz von Wabenrohren differenziert werden. Beide Verfahren arbeiten weitest-



Abbildung 3: Ramm- und Bohrgerät mit technischen Daten

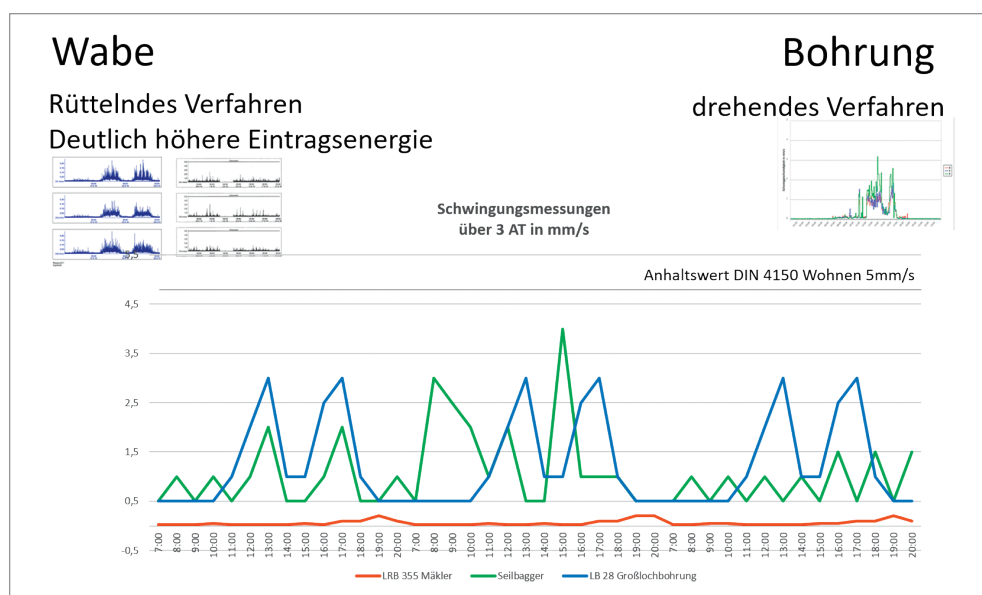


Abbildung 4: Vergleich der Erschütterung zwischen Wabenverfahren und Großlochbohrung.

gehend erschütterungsarm und haben aufgrund der vergleichsweise kleinen offenen Oberfläche entscheidende Vorteile gegenüber herkömmlichen, offenen Austauschverfahren.

Auf dem IN-Campus Gelände war zu prüfen, ob der Bodenaustausch im Schutz von Hexagonalwabenrohren (Wabentechnik) auch bei dem kiesigen Untergrund der Donauauen und den geringen Grundwasserflurabständen erfolgreich eingesetzt werden kann. Dies wurde in Vorversuchen insofern bestätigt, dass die Wabentechnik auch bei der vorherrschenden ungünstigen Untergrundsituation, welche eher für den Einsatz von Großlochbohrungen sprechen würde, sowohl bei Abteufen der Waben als auch beim Bodenaustausch und Ziehen der Waben sehr gute Ergebnisse zeigt. (Abbildung 1)

Bei beiden Verfahren werden Emissionen von leichtflüchtigen Schadstoffen aufgrund der kleinen Einzelflächen mit ca. 1.200 bis 2.000 mm Durchmesser weitestgehend minimiert.

Sie eignen sich zudem auch für den Bodenaustausch in große Tiefen (Großlochbohrungen > 20 m, Wabentechnik bis 10 m) und sind ohne größere Wasserhaltungsmaßnahmen im grundwassergesättigten Bereich umsetzbar.

Aufgrund der beim Großlochbohrverfahren zu berücksichtigenden Überschnittmengen, die für einen lückenlosen Bodenaustausch erforderlich sind, ist die Bodenaustauschmenge beim Großlochbohrverfahren mit ca. 30 % Mehrmenge gegenüber der Wabentechnik jedoch an diesem Standort als Ausschlusskriterium zu betrachten. Bei der Ausgangsmenge von ca. 400.000 t wären dies ca. 120.000 t, dies bedingt neben den höheren Behandlungsmengen und -kosten auch eine längere Ausführungszeit und das Erfordernis größerer Verfüllmengen. (Abbildung 2)

Die große zu bearbeitende Sanierungsfläche, die spezifischen Anforderungen durch den kiesigen Untergrund und das hoch anstehende Grundwasser erforderten eine Optimierung der technischen Ausführung. Hierzu wurde ein Ramm- und Bohrgerät Liebherr LRB 355 mit einem mäklergeführten Rüttler Thyssen-Krupp 40 HFV ausgerüstet. Der Rüttler wird hierbei über die LRB 355 hydraulisch versorgt und gesteuert. Damit ist ein weiteres eigenständiges Aggregat für den Rüttler nicht mehr erforderlich. Diese Kombination wird auf dem Sanierungsgelände IN-Campus erstmalig eingesetzt. In der Umsetzung bestätigte sich die Eignung aufgrund der hohen Leistung, der hervorragenden Kraftübertragung und optimierten Wabenführung bei vergleichsweise geringen Belastungen (Erschütterungen) der Umgebung. (Abbildung 3)

In der Regel hat das Großlochbohrverfahren eine geringere Erschütterungsemission als die Wabentechnik. Auch dieses Kriterium wurde für die Ausführung auf dem IN-Campus geprüft. (Abbildung 4)

Bei dem ausgewählten Verfahren mit einem Ramm- und Bohrgerät LRB 355 mit Mäkler und Thyssen Krupp Müller Rüttler 40 HFV ist die Eintragsenergie sogar geringer als beim Großlochbohrverfahren oder bei der sonst üblichen Gerätetechnik beim Wabenverfahren (Seilbagger mit frei eingehängtem Rüttler). Damit wird mit dieser neuen Technik sowohl umgebungs- als auch materialschonender gearbeitet. Der Materialverschleiß ist bei dem vorhandenen kiesigen Untergrund wider Erwarten gering, was voraussichtlich mit der lotrechten Abteufung und Führung der Wabe zusammenhängt. (Abbildung 5)

Die Länge der Waben wird durch die Aushubtiefe vorgegeben, wobei zur Vermeidung eines hydraulischen Grundbruchs die Wabe mindestens 1 m länger als die Aushubsohle gewählt wird. Damit gelingt es, dass die Waben nach Auskoffnung nicht geflutet werden und



Abbildung 5

Bodenaustausch tiefliegender Schadstoffbelastungen



- LRB 355 und Müller Rüttler sind fest miteinander verbunden
- LRB ist gleichzeitig das Aggregat für den Rüttler



Rüttler wird aus der LRB gesteuert ■

Abbildung 6

weitestgehend trocken für die anschließende Verfüllung sind. Eine Entmischung der zu Verfüllung vorgesehenen Bodenfraktionen wird damit ebenfalls vermieden.

Durch die Vibrationsenergie der Rütteltechnik wird zusätzlich eine Verdichtung der eingefüllten Bodenfraktionen beim Ziehen der Waben vollzogen. Dies ist als weiterer Vorteil gegenüber der Ausführung im Schutz von Großbohrrohren zu werten.

Zudem wurde bei der Ausführung festgestellt, dass die Dieselverbräuche der eingesetzten Technik verhältnismäßig gering sind. Auch hiermit zeichnet sich diese Technik aus.

Autorenschaft

Dirk Brozio

Geschäftsführung STRABAG Umwelttechnik GmbH
Haferwende 27
28357 Bremen
E-Mail: dirk.brozio@strabag.com

Dipl.-Geol. Achim Ernst

Bauleitung Wabentechnik, STRABAG Umwelttechnik GmbH
Haferwende 27
28357 Bremen
E-Mail: achim.ernst@strabag.com

Bildrechte (sofern nichts anderes angegeben): ARGE AUDI IN-Campus GbR

Resümee

Die ausgewählte technische Ausführung zeichnet sich neben der hohen Leistungsfähigkeit und der optimierten Genauigkeit im lotrechten Abteufen der Waben durch seine Wirtschaftlichkeit aus. (Abbildung 6)

Insgesamt ist die Ausführung mit Wabentechnik speziell zur Sanierung der tieferliegenden Bodenhorizonte am Standort IN-Campus in Ingolstadt bestens geeignet. Der Bodenaustausch im Schutz von Wabentechnik wurde im Sommer 2018 begonnen und wird voraussichtlich bis Ende 2020 fortgesetzt.

English Summary

The contamination with of long-chained hydrocarbons needs to be removed from high depths and on a large scale. Around 400.000 tons of soil need to be exchanged in a short timeframe and with a method of low emissions. In a first of its kind-approach, an innovative technique is employed applying hexagonal sheeting with the help of a leader-mounted vibration device. This method yields a high performance because the sheeting is inserted with high precision and in perfect vertical orientation. In comparison with alternative methods of soil exchange, the presented method produces neither overlaps nor residues, and combines a large input of energy with low concussion.

© ARGE AUDI IN-Campus GbR



Bodenwäsche neu entdeckt

500.000 t am Standort gereinigt und für den Wiedereinbau bereitgestellt

Bernhard Volz, Julian Baur, Florian Grabmann, Benjamin Faigle

1. Grundlagen und Rahmenbedingungen

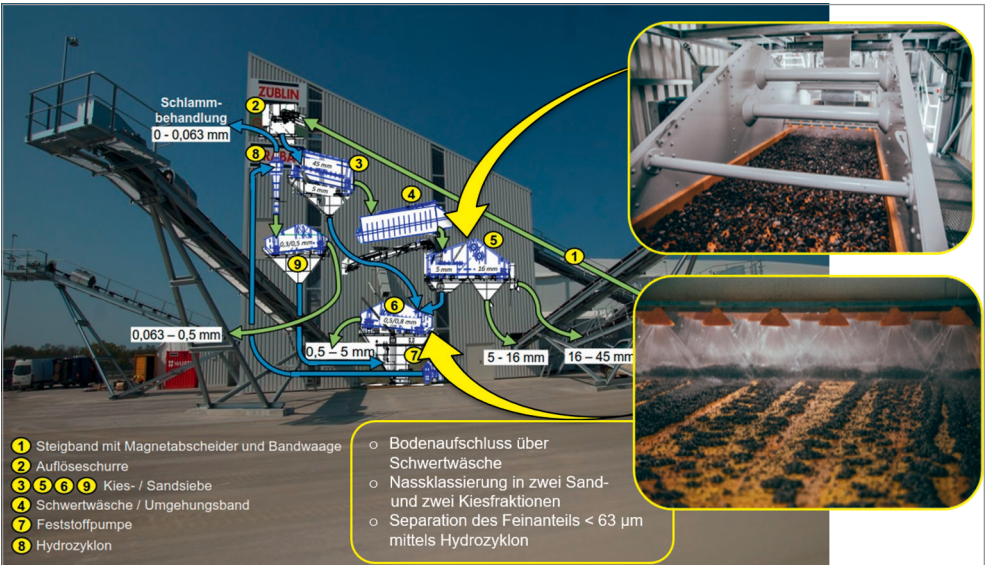
Im öffentlich-rechtliche Sanierungsvertrag ist der Bodenaustausch von kontaminierten Böden in den PFC- und MKW-belasteten Sanierungsbereichen als erfolversprechende Maßnahme benannt. Die Massenermittlung ergab eine Austausch kubatur von rund 100.000 t mit PFC und rund 400.000 t mit MKW kontaminierten Böden. Aus den zeitlichen Vorgaben des Bauherrn sowie der Verflechtung des Bodenaustausches mit den anderen Gewerken ergab sich eine erforderliche, tägliche Aushubkubatur von rund 1.000 t, die zuverlässig arbeitstäglich ausgetauscht werden muss. Aus Gründen der Entsorgungssicherheit, insbesondere beim hochsensiblen PFC-Material, und zur Reduktion der Transportvorgänge wurde die on-site Behandlung der externen Verwertung vorgezogen. Sanierungsmaßnahmen sind am Standort ausschließlich in den bis rund 8 m tiefen anstehenden quartären Sedimenten durchzuführen. Dabei handelt es sich vorwiegend um kiesige Böden mit gelegentlichen sandig-schluffigen Zwischenlagen. Diese Bodenbeschaffenheit in Verbindung mit dem zu sanierenden Schadstoffinventar und einer verlässlich planba-

ren, täglichen Behandlungskapazität und -qualität waren entscheidend für die Auswahl der Bodenwäsche als geeignetes Behandlungsverfahren. Das behandelte Bodenmaterial kann nach erfolgreichem Nachweis der Abreinigung als Verfüllmaterial in den entstandenen Baugruben wieder eingesetzt werden.

2. Die Bodenwäsche – Der Weg des Materials durch die Anlage

Es wurde eine erweiterte Nassklassierung mit anschließender Schlammaufbereitung und Waschwasserreinigung für eine tägliche Bearbeitungskapazität von 1.400 t/d projektiert und errichtet. Die Auswahl der Verfahrenstechnik sowie die Erstellung der Antragsunterlagen zur Einholung der Genehmigung nach BImSchG wurden komplett durch die ARGE erbracht. Die Anlieferung der kontaminierten Böden aus dem Baufeld erfolgt in die Annahmehalle, welche über eine Abluftreinigungsanlage bewettert wird. Hier können die belasteten Böden mit einer Pufferkapazität von etwa vier Arbeitstagen angenommen und vorkonditioniert werden. Hier erfolgt ebenfalls die Beschickung des Aufgabebunkers per Radlader sowie der Abtren-

Abbildung 1: Funktionelle Einheiten des Waschturms.



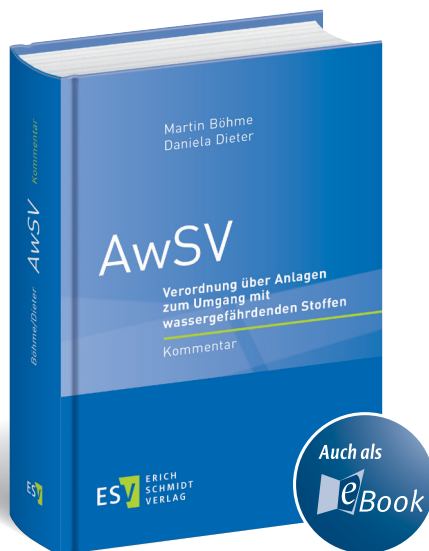
Bodenwäsche neu entdeckt



Abbildung 2: Geschlossener Waschwasserkreislauf.

nung von Überkorn und Metallen. Der Boden wird über ein gekapseltes Steigeband zum höchsten Punkt des Waschturmes gefördert und durchläuft dann unter intensiver Frischwasserbedüsung verschiedene Aufbereitungsstufen wie Siebdecks und Schwertwäscher.

Ein 3-monatiger Probetrieb wurde von einem umfangreichen Untersuchungsprogramm begleitet und die Betriebsparameter so angepasst, dass ein zuverlässiges Waschergebnis bei bestmöglichem Anlagen-durchsatz gewährleistet werden kann. Dabei musste



Saubere Sache

AwSV

Verordnung über Anlagen zum Umgang
mit wassergefährdenden Stoffen

Kommentar

Von **Martin Böhme**, Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit, Berlin, und
Dr. Daniela Dieter, Umweltbundesamt, Berlin

2019, XX, 408 Seiten, fester Einband,
€ (D) 79,-, ISBN 978-3-503-18264-0

Online informieren und bestellen:

www.ESV.info/18264

ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG

Auf Wissen vertrauen

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG · Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin
Tel. (030) 25 00 85-265 · Fax (030) 25 00 85-275 · ESV@ESVmedien.de · www.ESV.info

insbesondere die Waschwasserführung und -bedüsung auf die hochkomplexe Reinigung des PFC-Materials optimiert und angepasst werden.

Die Anlage erlaubt einen separaten Austrag von bis zu vier gereinigten Kornfraktionen sowie die Abscheidung des hochkontaminierten Schlammwassers über den Hydrozyklon. (Abbildung 1)

Die gewaschenen Feststofffraktionen werden in Lagerboxen im Außenbereich aufgehaldet und zur Beprobung durch den Fachgutachter des Auftraggebers bereitgestellt. Nach erfolgreichem Nachweis der Eignung zum Wiedereinbau (Bereich GW: Z 0, ab 1 m über MHGW Z 1.1) erfolgt der Rücktransport ins Bau- und der Wiedereinbau.

Die abgeschiedene Flüssigphase (Volumenstrom $Q = 380 \text{ m}^3/\text{h}$) wird an die Schlamm- und Schmutzwasseranlagensanlage übergeben, in der die Feststoffe $< 0,063 \text{ mm}$ zunächst über einen Lamellenschrägklärer voreingedickt und

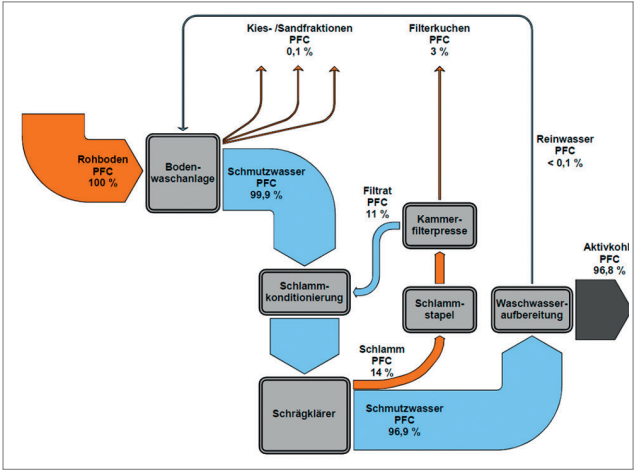


Abbildung 3: Stoffströme und Schadstoffsenken am Beispiel PFC-Wäsche.

abschließend in einer Kammerfilterpresse zu einem Filterkuchen mit 75 % TS gepresst werden.

Der Klarwasserüberlauf wird in einem Pufferbecken zwischengespeichert und in der Waschwasseraufbereitungsanlage im 24-Stunden-Betrieb abgereinigt (Abbildung 2). Über diesen geschlossenen Waschwasser-Kreislauf stehen der Bodenwäsche gesichert dauerhaft $380 \text{ m}^3/\text{h}$ an sauberem Waschwasser zur Verfügung.

Für die PFC-belasteten Böden stellt die Waschwasseraufbereitung die größte Schadstoffsenke dar, bei MKW-belasteten Böden erfolgt der Schadstoffaustrag hauptsächlich über den Feinanteil des Filterkuchens. (Abbildung 3)

3. Schlussbemerkung

Während dem nun über einem Jahr andauernden Regelbetrieb wurde die angestrebte Waschleistung sogar übertroffen, die Einbauqualität wird zuverlässig und dauerhaft erreicht.

Durch den Einsatz der Bodenwaschanlage wurde die Menge des extern zu entsorgenden Bodenmaterials und damit auch die Verkehrsbelastung im Umfeld des Sanierungsgeländes um über 90 % reduziert.

Die Bodenwaschanlage wird noch bis ins 2. Halbjahr 2020 am Standort weiter betrieben. Im Anschluss wird ein Weiterbetrieb der Anlagentechnik an einem anderen Standort im Raum Ingolstadt im Rahmen eines stationären Bodenbehandlungszentrums angestrebt.

Autorenschaft

Dipl.-Ing. Bernhard Volz
Projektleiter, Züblin Umwelttechnik GmbH
Otto-Dürr-Straße 13
70435 Stuttgart
E-Mail: bernhard.volz@zueblin.de

Dipl.-Ing. Florian Grabmann
Bauleiter Schlamm- und Waschwasserreinigung,
Züblin Umwelttechnik GmbH
Friedenstraße 52
90571 Schwaig
E-Mail: florian.grabmann@zueblin.de

Dipl.-Ing. Julian Baur
Bauleitung Bodenwäsche & Stoffstrom,
Wilhelm Geiger GmbH & Co. KG
Herzmanns 10
87448 Waltenhofen
E-Mail: julian.baur@geigergruppe.de

Dr.-Ing. Benjamin Faigle
Züblin Umwelttechnik GmbH
Otto-Dürr-Straße 13
70435 Stuttgart
E-Mail: benjamin.faigle@zueblin.de

Bildrechte (sofern nichts anderes angegeben): ARGE AUDI IN-Campus GbR

English Summary

A total of approximately 500.000 tons of contaminated soil are treated on the site. Because of an intense time schedule, a stationary scrubbing station was erected for an uptake approximately 1400 t/day in order to regain clean soil to be refilled on site. The contaminants are transferred into the process water and sludge, which needs to be treated in separate plants in order to be reused as a clean washer fluid. In a closed water cycle, around $380 \text{ m}^3/\text{h}$ of clean washing fluid are produced to maintain operation. An uninterrupted operation of all three plants is required for an economically feasible operation of the overall remediation project.