NATO-FLUGPLATZ NEUBURG A.D. DONAU VARIANTENÜBERBLICK IN VORBEREITUNG PHASE IIIA

BERICHT ZUM ÜBERBLICK VON SANIERUNGSVARIANTEN FÜR DIE KF EHEMAL. FEUERLÖSCHÜBUNGSBECKEN (FÜB) UND ALTE FEUERWACHE

VERTRAGSNUMMER: 21 D 0336 00

MAßNAHMENNUMMER: 40352 C 0001

LIEGENSCHAFTSNUMMER: 643701

DATUM: 01. DEZEMBER 2021

AUFTRAGGEBER:

STAATLICHES BAUAMT INGOLSTADT

Staatliches Bauamt Ingolstadt ABTL. I

ELBRACHTSTR. 20

85049 INGOLSTADT

AUFTRAGNEHMER:

The

GEOLOGEN + INGENIEURE GMBH & Co. KG

DEICHSLERSTRASSE 25

D - 90489 NÜRNBERG

PROJEKTLEITER:

PROJEKTNR. GIBS: 099-G-21/033

AUSFERTIGUNG:





INHALTSVERZEICHNIS

1	Anl	ass und Aufgabenstellung	4
2	Ges	setzliche Anforderung	5
3	Überblick		
4	Mai	Snahmen im Einzelnen	7
	4.1	Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen	7
	4.2	Sicherungsmaßnahmen durch Unterbrechung der Kontaminationswege	7
	4.2.1	Sicherungsmaßnahmen Grundwasser	7
		Einkapselungsverfahren	
		In-Situ-Verfahren	
	4.3	Maßnahmen zur Dekontamination	11
	4.3.1	Sanierungsmaßnahmen Grundwasser	11
	4.3.2	Sanierungsmaßnahmen Boden	11
	4.3.3	Umlagerung und Sicherung	11
	4.4	Vorauswahl Zusammenfassung	13
5	Prü	fung auf Anwendbarkeit an den einzelnen KF	14
	5.1	Feuerlöschübungsbecken	14
	5.1.1	Ausgangslage	14
		Oberflächenabdichtung	
		Hydraulische Sicherung	
	5.1.4	Dekontamination	20
	5.1.5	Einkapselung durch Vertikales Sperrelement und Oberflächenabdichtung	23
	5.2	Alte Feuerwache (AFW)	27
	5.2.1	Ausgangslage	27
		Oberflächenabdichtung	
	5.2.3	Hydraulische Sicherung	29
	5.2.4	Dekontamination	31
	5.2.5	Einkapselung durch Vertikales Sperrelement und Oberflächenabdichtung	32
6	Em	pfehlung	33
7	l ita	eraturverzeichnis und Liste der Rechtsvorschriften	21
•		: atu: ve: 26:0111113 uliu Liste uci 1/60 113 vv: 30 111111611	54





ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 5-1	: Lageplan KF "Ehemaliges Feuerlöschübungsbecken"	14
Abbildung 5-2	: Verschiedene Dichtwandsysteme	24
Abbildung 5-3	: Verschiedene Dichtwandsysteme und deren geschätzten Kosten	24
Abbildung 5-4	: Lageplan KF "Alte Feuerwache"	27
TABELLENV	ERZEICHNIS	
Tabelle 1-1:	Projektteam	4
Tabelle 3-1:	Übersicht Sanierungs-/Sicherungsmaßnahmen	6
Tabelle 4-1:	Vorläufige Vorauswahl machbarer Maßnahmen	13
Tabelle 5-1:	Eigenschaften verschiedener Dichtwandsysteme	25



1 Anlass und Aufgabenstellung

Mit Datum vom 19. Juli 2021 wurde das Ingenieurbüro Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG vom Staatlichen Bauamt Ingolstadt mit dem Projekt "Erstellung eines Variantenüberblicks potentieller Sanierungs- und Sicherungsmöglichkeiten für den PFAS-Schaden am ehemaligen Feuerlöschübungsbecken (FÜB) und an der Alten Feuerwache (AFW) (Vertragsnr. 21 D 0336 00, Maßnahmennummer 40352 C 0001) beauftragt. Das Projektteam setzt sich aus den in Tabelle 1-1 gelisteten Personen zusammen.

Tabelle 1-1: Projektteam

Auftraggeber:	Staatliches Bauamt Ingolstadt	
Fachtechnische Leitung:	Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr, Kompetenzzentrum Baumanagement München Referat K 6	
Vertragsangelegenheiten:	Staatliches Bauamt Ingolstadt	
Auftragnehmer:	Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG	
Abteilungsleitung:		
Projektleitung und -bearbeitung:		
Sachverständige gemäß §18 BBodSchG:	(Sachgebiete 1, 2, 5) (Sachgebiete 2, 6)	

Im Vorfeld einer umfassenden integralen Sanierungsuntersuchung für den Gesamt-PFAS-Schaden auf dem NATO-Flugplatz Neuburg/D. sollte eine Art Vorstudie für die beiden genannten Kontaminationsflächen (KF) erarbeitet werden.

Mit diesem Eintritt in die Phase IIIa sollten erste Übersichtsergebnisse erarbeitet werden, die isoliert an den beiden KF ansetzen. Der Variantenüberblick kann nicht gleichgesetzt werden mit dem Umfang einer Variantenstudie entsprechend Anhang 3 der BBodSchV. Die darin aufgeführten Maßnahmen-Varianten können jedoch mit groben Richtkosten versehen werden und damit eine überschlägige Nutzen-Kosten Rangfolge aufgestellt werden.

Schwerpunkt der Zusammenstellung werden die drei innerhalb des PFC-Leitfadens für Liegenschaften des Bundes aufgeführten Maßnahmen sein.

Die zielführendste Variante kann daraus deshalb nur unter Vorbehalt abgelesenen werden, weil sich unter Würdigung der komplexen Zusammenhänge im Verbund mit der Gesamtliegenschaft und allen Kontaminationsflächen durchaus andere, wahrscheinlich auch komplexere Varianten bzw. Variantenkombinationen als die zielführendste Vorgehensweise herausstellen können. Dies gilt insbesondere z.B. für Maßnahmen am Grundwasser (P&T-Maßnahmen).

Die Untersuchungen wurden an den folgenden KF durchgeführt:

- KF 029: Feuerlöschübungsbecken (FÜB)
- KF 500: Alte Feuerwache (AFW)





2 Gesetzliche Anforderung

Die Bundesbodenschutzgesetzgebung mit der entsprechenden Verordnung äußert sich generell zu Maßnahmen wie folgt:

BBodSchV §5:

- (1) Dekontaminationsmaßnahmen sind zur Sanierung geeignet, wenn sie auf technisch und wirtschaftlich durchführbaren Verfahren beruhen, die ihre praktische Eignung zur umweltverträglichen Beseitigung oder Verminderung der Schadstoffe gesichert erscheinen lassen. Dabei sind auch die Folgen des Eingriffs insbesondere für Böden und Gewässer zu berücksichtigen. Nach Abschluß einer Dekontaminationsmaßnahme ist das Erreichen des Sanierungsziels gegenüber der zuständigen Behörde zu belegen.
- (3) Sicherungsmaßnahmen sind zur Sanierung geeignet, wenn sie gewährleisten, dass durch die im Boden oder in Altlasten verbleibenden Schadstoffe dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Hierbei ist das Gefahrenpotential der im Boden verbleibenden Schadstoffe und deren Umwandlungsprodukte zu berücksichtigen. Eine nachträgliche Wiederherstellung der Sicherungswirkung im Sinne des Satzes 1 muß möglich sein. Die Wirksamkeit von Sicherungsmaßnahmen ist gegenüber der zuständigen Behörde zu belegen und dauerhaft zu überwachen.
- (4) Als Sicherungsmaßnahme kommt auch eine geeignete Abdeckung schädlich veränderter Böden oder Altlasten mit einer Bodenschicht oder eine Versiegelung in Betracht.
- (6) Soll abgeschobenes, ausgehobenes oder behandeltes Material im Rahmen der Sanierung im Bereich derselben schädlichen Bodenveränderung oder Altlast oder innerhalb des Gebietes eines für verbindlich erklärten Sanierungsplans wieder auf- oder eingebracht oder umgelagert werden, sind die Anforderungen nach § 4 Abs. 3 des Bundes-Bodenschutzgesetzes zu erfüllen.

BBodSchG §13, Abs. 5:

Soweit entnommenes Bodenmaterial im Bereich der von der Altlastensanierung betroffenen Fläche wieder eingebracht werden soll, gilt § 28 Absatz 1 Satz 1 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes nicht, wenn durch einen für verbindlich erklärten Sanierungsplan oder eine Anordnung zur Durchsetzung der Pflichten nach § 4 sichergestellt wird, daß das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird.

Mit diesem Satz ist bei geplanten Umlagerungen von Bodenmaterial zur Konzentrierung an einem zu sichernden und kontrollierbaren Ort unmissverständlich zum Ausdruck gebracht, dass es sich dabei nicht um Deponiebauwerke i.S. des AbfKwG handelt.

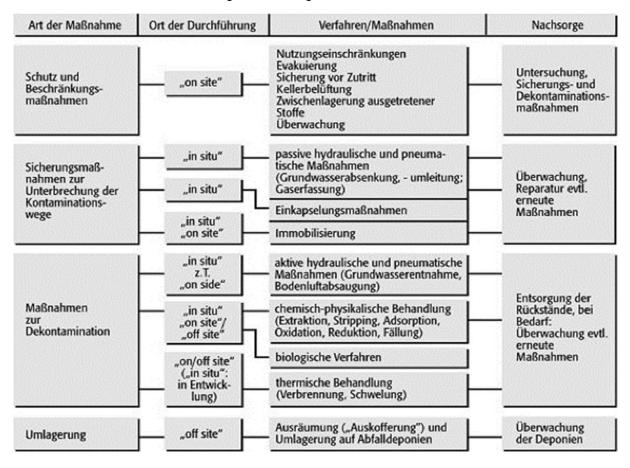


3 Überblick

In Tabelle 3-1 ist eine Übersicht über übliche Sanierungs- und Sicherungsmaßnahmen, deren Ort der Durchführung sowie die nötige Nachsorge aufgeführt.

Nachfolgend werden die aus der Tabelle 3-1 aufgeführten Maßnahmen von oben nach unten kurz angesprochen, vorab auf ihre Anwendbarkeit für die Liegenschaft geprüft und dadurch die Auswahl der möglichen Varianten eingeengt.

Tabelle 3-1: Übersicht Sanierungs-/Sicherungsmaßnahmen





4 Maßnahmen im Einzelnen

4.1 Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen

Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen werden bevorzugt bei der Gefahrenabwehr der Wirkungspfade Boden – Mensch und Boden – Pflanze angewendet.

Hinsichtlich des Wirkungspfades Boden – Mensch besteht aufgrund der aktuellen Nutzung keine Notwendigkeit aufgrund der Umzäunung des Geländes.

Hinsichtlich des Wirkungspfades Boden – Pflanze wurden bereits Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen umgesetzt, indem die Mahd der schadstoffbelasteten Grünflächen nicht als Futtermittel in die Nahrungskette gelangen darf. Die Mahd der Grünflächen innerhalb des Flughafens wird nur noch gemulcht.

Weitere Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen wurden aufgrund der aktuellen Nutzung und der Umzäunung des Geländes nicht ausgesprochen.

4.2 Sicherungsmaßnahmen durch Unterbrechung der Kontaminationswege

4.2.1 Sicherungsmaßnahmen Grundwasser

Eine Sicherung des FÜB und/oder der Feuerwache ist vorstellbar.

Das schadstoffbelastete Grundwasser wird über ggf. noch zu errichtende Grundwasserbrunnen gepumpt und danach in einer Aufbereitungsanlage behandelt (Pump & Treat). Die Eliminierung der Schadstoffe erfolgt aufgrund der Praxiserprobung in den meisten Fällen durch Adsorption an Aktivkohle mit nachträglicher thermischer Verwertung der Kohle oder durch thermische Regenerierung und nachgeschalteter Verbrennung der ausgetriebenen PFC.

Neueste Ergebnisse weisen darauf hin, dass eine Eliminierung der PFAS-Schadstoffe an Ionentauschern u.U. eine wirksame und wirtschaftliche Alternative zu reinen Adsorptionsverfahren darstellen können.

Nach aktuellem Kenntnisstand kann für die Sicherung des FÜB und der Feuerwache bei ausreichender Eignung der hydrogeologischen Situation und der Notwendigkeit für Maßnahmen am Grundwasser das Verfahren Sicherung durch aktive hydraulische Maßnahme als potentiell geeignet erachtet werden.

Bei günstiger hydrogeologischer Standortsituation kann ggf. auch über die Möglichkeiten reaktiver Wände nachgedacht werden. Dabei könnten bautechnisch hergestellte Wände in Frage kommen (ggf. auch als funnel & gate System) oder aber auch die sich aktuell in der Diskussion und auch z.T. noch Entwicklung befindlichen In-Situ-Verfahren (z. B. Plumestop des Unternehmens Regenesis oder Produkte der Fa. Intrapore).





4.2.2 Einkapselungsverfahren

Eine In-situ-Sicherung am Standort FÜB lässt sich in Form von verschiedenen Einkapselungsverfahren vorstellen:

a) Oberflächenabdichtung

Die Oberflächenabdichtung stellt eine häufig angewandte Methode dar, die Unterbrechung der Kontaminationswege sicher vorzunehmen. Hierdurch wird die Infiltration der schadstoffbelasteten Bodenpartien durch Niederschlag unterbunden und die Grundwasserneubildung in diesem Bereich gegen Null gebracht. Dadurch kann es zu keiner weiteren Mobilisierung von Schadstoffen aus dem Boden in das Grundwasser kommen. Bis die Wirkung messbar einsetzt, kann es jedoch - abhängig von der Gebirgscharakteristik und der Schadstoffe - eine gewisse Zeit dauern.

Als wichtigste Voraussetzung für den wirksamen Einsatz von Oberflächenabdichtungen ohne Kombination mit vertikalen Sperrelementen muss die Schadstoffquelle in der ungesättigten Zone liegen, da ansonsten die Mobilisierung von Schadstoffen nicht verhindert und die Unterbrechung von Kontaminationen nicht wirksam vorgenommen werden kann.

Prinzipiell kommt die Oberflächenabdichtung im vorliegenden Fall für beide Standorte in Frage. Da die horizontale Schadstoffverbreitung relativ klar abgegrenzt werden konnte, kann mit ausreichender Aussagekraft die Kosten-Wirksamkeit für die ungesättigte Zone geprüft werden. Da die vertikale Abgrenzung jedoch bis in den Grundwasserleiter reicht, ist die Maßnahme zur echten Gefahrenabwehr nur in Kombination mit einer hydraulischen Sicherung oder einer vertikalen Umschließung tauglich.





b) Vertikale Umschließung

Die vertikale Umschließung kommt i.d.R. dann zum Einsatz, wenn die Schadstoffquelle in der gesättigten Zone liegt oder wenn sich der Sicherungserfolg zeitnah einstellen soll. Dies kann z.B. der Fall sein, wenn Ablagerungen direkt in Steinbrüche, Kiesgruben oder Hohlformen im Gelände zur Ablagerungen gekommen sind, deren Sohlen bereits im Grundwasser liegen.

Die vertikale Umschließung wird i.d.R. bis in das unterliegende stauende Gebirge eingebunden, um dann in Verbindung mit einer Oberflächenabdichtung die gesamte Schadstoffquelle wasserdicht einzupacken bzw. zu konservieren.

Sie kann aber auch insbesondere bei großen Liegenschaften oder Liegenschaften, die aufgrund ihrer Nutzung nicht durch eine Oberflächenabdichtung versehen werden können, in Verbindung mit einer Pump & Treat Maßnahme ausgeführt werden.

Prinzipiell kann im vorliegenden Fall für beide Standorte eine vertikale Einkapselung in Frage kommen.

Eine Besonderheit vertikaler Umschließungen, bzw. ggf. auch nur Teilumschließungen, stellen sogenannte Funnel & Gate Systeme dar, bei denen das zufließende Grundwasser im Abstrom der Schadstoffquelle wie in einem Trichter (funnel) kanalisiert wird und durch Fehlstellen (gate) kontrolliert geleitet wird, wo die Schadstoffe entweder durch Entnahme mittels Pump & Treat entnommen oder durch den Einsatz von reaktiven Wänden gebunden werden und dadurch die Kontaminationswege Richtung der Schutzziele unterbunden werden.

Vertikale Umschließungen können in Verbindung mit hydraulischen Maßnahmen auch als sogenannte hängende Wände ins Gebirge eingebracht werden, ohne dass sie in das unterlagernde stauende Gebirge einbinden, falls sich die Verfrachtung der Schadstoffverteilung in weitere Tiefen hydraulisch sicher beherrschen lassen.

Der Übergang zu den hydraulischen Sicherungsmaßnahmen ist hier fließend.

c) Passive hydraulische Sicherung

Das Aufbringen von Oberflächenabdichtungen ist meist verbunden mit einer entsprechenden Profilierung des Umgriffes der zu sichernden Schadensquelle mit dem Ziel einer effektiven Entwässerung, was in vorliegendem Fall ebenfalls vorstellbar und anzuraten ist.

d) Nachträglich einzubauende Basisabdichtungen

Diese Maßnahme wird nur der Vollständigkeit halber aufgeführt. Aufgrund der bisher nur geringen Praxiserfahrungen und der enorm hohen Kosten wird diese Maßnahme nur theoretische Bedeutung haben und deshalb auch nicht weiter ausgeführt werden. Unabhängig davon ist eine Basisabdichtung nur in Kombination mit der





Unterbindung von Sickerströmungen und/oder der Fassung des auf der Basisabdichtung anfallenden Wassers zielführend und kommt i.d.R. auch nur in Frage, wenn die Basis der Bodenbelastung in der ungesättigten Zone liegt.

e) Aushub und Sicherung durch Oberflächenabdichtung

Eine spezielle Form der Sicherung – allerdings nicht vor Ort – stellt der Aushub mit anschließender Umlagerung und Deponierung dar (s. Kap. 4.3.3).

4.2.3 In-Situ-Verfahren

Für die Fixierung von PFC-Schadstoffen im Gebirge laufen z.Zt. verschiedene Grundlagenforschungen. Ausreichend praktische Erfahrungen für die Fixierung von PFAS im Boden liegen noch nicht vor, weswegen an dieser Stelle keine weiteren Ausführungen erfolgen können. Die Forschungen sollten jedoch im Auge behalten werden, da ggf. zu einem späteren Zeitpunkt diese Verfahren für die Bodenkontaminationen zum Einsatz kommen könnten.

Für die Fixierung von PFAS im Grundwasser gibt es in den USA bereits einige Anwendungsfälle, die aktuell in der Fachwelt noch konträr diskutiert werden. Die Forschungen hierzu sollten ebenfalls im Auge behalten werden. Weitere Überlegungen dazu bedürfen, wie zuvor beschrieben, jedoch ohnehin der auskömmlichen Beschreibung der hydrogeologischen Standortsituation, weswegen an dieser Stelle keine weiteren Ausführungen erfolgen sollen.

Eine On-Site Immobilisierung der Schadstoffe im Boden ist am Standort theoretisch vorstellbar: Das schadstoffbelastete Bodenmaterial müsste ausgehoben werden und dann nicht einer Off-site-Entsorgung zugeführt werden, sondern durch besondere Konditionierung mittels Zuschlagstoffen auf der Liegenschaft gesichert immobilisiert eingebaut werden. Diesbezüglich gibt es bereits Produkte auf dem Markt. Ungeachtet der relativ hohen Kosten wird aktuell aufgrund der Schwierigkeiten hinsichtlich der Genehmigungsfähigkeit (Stichwort Langzeitstabilität = i.S. von "auf Dauer" gemäß BBodSchG) dieses Verfahren nicht weiter verfolgt.

Diese Methode steht außerdem in starker Konkurrenz zu einem Aushub der schadstoffbelasteten Böden mit nachfolgender Umlagerung und gesicherten Einbau unter einer Oberflächenabdichtung (ggf. sogar unter Einbeziehung einer Basisabdichtung), was ebenfalls für den vorliegenden Fall der beiden Standorte vorstellbar ist (s. Kap. 4.3.3) und hinsichtlich der Langzeitstabilität deutlich einfacher nachzuweisen ist.





4.3 Maßnahmen zur Dekontamination

4.3.1 Sanierungsmaßnahmen Grundwasser

Hierunter versteht man den Ansatz einer hydraulischen Maßnahme im Schadenszentrum. Das heißt, das belastete Grundwasser wird direkt aus dem Schadenszentrum gepumpt und nicht nur im unmittelbaren Schadstoffquelle, wie i.d.R. bei einer Sicherung. Der Übergang zu der hydraulischen Sicherung ist jedoch, abhängig von der Lage der Sanierungs-/Sicherungsbrunnen, fließend. Aus vorgenannten Gründen erfolgen zu dieser Maßnahme an dieser Stelle keine weiteren Ausführungen.

Die Behandlung des schadstoffbelasteten Wassers findet wie zuvor unter Sicherungsmaßnahmen (Kap. 4.2.1.) dargestellt statt.

4.3.2 Sanierungsmaßnahmen Boden

Da für die Sanierung von PFC-belasteten Böden aufgrund der enormen Stabilität der PFC-Moleküle nach aktuellem Stand der Technik weder chemische noch biologische Maßnahmen greifen, gibt es z.Zt. weder erprobte In-Situ-Maßnahmen noch Off-site-Anwendungen.

Eine Ausnahme stellt die Bodenwäsche dar, deren Wirkung und Einsetzbarkeit jedoch stark abhängig vom Feinkornanteil und der Kohäsion des Bodens ist. Die Kohäsion stellt Anforderungen an die Bodenvorbereitung zur Herstellung ausreichender Korn-zu-Korn-Kontakte. Der Feinkornanteil stellt letztendlich als Abfall am Ende des Waschprozesses die Anforderung an die Entsorgung. Zur Feststellung der Eignung sind umfangreiche Untersuchungen notwendig. Vorläufig wird aufgrund der anzunehmenden hohen Kosten für die Bodenwäsche und für die Entsorgung der PFAS-aufkonzentrierten Feinkornanteile keine große Kostendifferenz zum Aushub mit Abtransport und Deponierung bzw. thermischer Behandlung gesehen. Dies trifft dann natürlich erst recht für die Umlagerung mit Abdichtung on-site zu.

Aus diesem Grunde wird vorläufig als einzige aktuell praxiserprobte Sanierungsvariante, was die tatsächliche Dekontamination mit Zerstörung der Schadstoffe angeht, der Aushub mit Abtransport und anschließender thermischer Behandlung off-site angesehen.

Diese Maßnahme ist praxiserprobt und für den vorliegenden Fall an beiden Standorten ebenfalls anwendbar.

4.3.3 Umlagerung und Sicherung

Die Maßnahmen hierzu werden gerne abgekoppelt von den Sicherungsmaßnahmen, da sie die Schadstoffquelle, bzw. die schadstoffbelasteten Böden, tatsächlich entfernen. Jedoch erfolgt, im Gegensatz zur Offsite-Zerstörung der Schadstoffe, lediglich eine





Sicherung der Schadstoffe durch Ablagerung in einem gesicherten Ablagerungsbereich wie zum Beispiel hierfür zugelassene Deponien (Über- oder Untertage), der auch in Zukunft betreut werden muss.

Es ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen einer Umlagerung und Sicherung off-site und on-site:

Bei einer Sicherung off-site steht der Entledigungswille im Vordergrund, die Maßnahme unterliegt den Vorgaben des Abfallrechts. Dem gegenüber stehen Maßnahmen der Umlagerung und Sicherung on-site, bei denen Schutz von Boden und Grundwasser im Vordergrund steht und die dem Bodenschutzrecht unterliegen.

Auch eine Sicherung on-site erfordert eine qualifizierte Oberflächenabdichtung, ggf. sogar unter Einbeziehung einer Basisabdichtung. Erfolgt die Ablagerung auf einer anderen noch höher belasteten Fläche, so kann i.d.R. auf den Einbau einer Basisabdichtung verzichtet werden.

Bei beiden Maßnahmen ist die Abgrenzung zum Abfallrecht durch den §13 Abs. 5 des BBodSchG gegeben, wenn im Zuge eines Sanierungsplanes nach BBodSchG die Maßnahmen innerhalb der festgelegten Grenzen des Sanierungsplanes ausgeführt werden

Auch diese Maßnahmen sind praxiserprobt und für den vorliegenden Fall des FÜB und der Feuerwache ebenfalls anwendbar.





4.4 Vorauswahl Zusammenfassung

Zusammenfassend kann man die Auswahl praxiserprobter Maßnahmen für Sicherungs-, und Dekontaminationsverfahren für den vorliegenden Fall der beiden Standorte wie folgt vornehmen.

Tabelle 4-1: Vorläufige Vorauswahl machbarer Maßnahmen

DEKONTAMINATIONSVERFAHREN DER SCHADENSQUELLE (Bodensanierung)		
Aushub von kontaminiertem Boden		
Umlagerung (Deponierung) off-site		
Umlagerung (gesicherte Ablagerung) on-site		
Thermische Behandlung off-site (nur Hochtemperatur Verfahren)		
SICHERUNGSVERFAHREN VORORT (Bodensicherung)		
Einkapselungsverfahren		
Oberflächenabdichtung		
Vertikalumschließung		
Passive hydraulische Maßnahmen		
Aktive hydraulische Maßnahmen (Grundwassersicherung/-sanierung)		
Förderung des Grundwassers mittels Sanierungsbrunnen und Aufbereitung du Adsorption oder Ionentauschverfahren (Pump &Treat)		

Gemäß [7] Kap. 7 wurde beschlossen, dass auf Liegenschaften des Bundes primär Sicherungs- und keine Dekontaminationsmaßnahmen ergriffen werden sollen, sodass für die Sanierung von PFAS-Schäden in Boden und Wasser nur folgende Maßnahmen zur Verfügung stehen:

- 1. Abdeckung der kontaminierten Fläche
- Bodenaustausch bis in eine Tiefe, in der kein PFC-Austrag in das Grundwasser mehr zu besorgen ist, mit anschließender Sicherung belasteten Bodenmaterials
- 3. Hydraulische Maßnahme mit Grundwasseraufbereitung

Dabei ist eine Kombination von Maßnahme 1 und 2 vorstellbar, was bedeutet, dass Bodenaustausch an einer Fläche vorgenommen werden kann und unter Beachtung des Verschlechterungsgebotes zu einer anderen Fläche mit PFAS-Belastung verbracht werden kann, um dort eine Abdeckung/Sicherung zu erfahren.

Meist ist jedoch auch eine Kombination mit der Maßnahme 3 notwendig, wenn das Grundwasser bereits geschädigt ist.

Nachfolgend werden deshalb von den sieben vorstellbaren Maßnahmen für den vorliegenden Anwendungsfall zuerst die o.g. drei Verfahrensmaßnahmen einzeln im Detail vorgestellt.





5 Prüfung auf Anwendbarkeit an den einzelnen KF

5.1 Feuerlöschübungsbecken

5.1.1 Ausgangslage

Abbildung 5-1 zeigt einen Übersichtsplan der KF "Ehemaliges Feuerlöschübungsbecken".

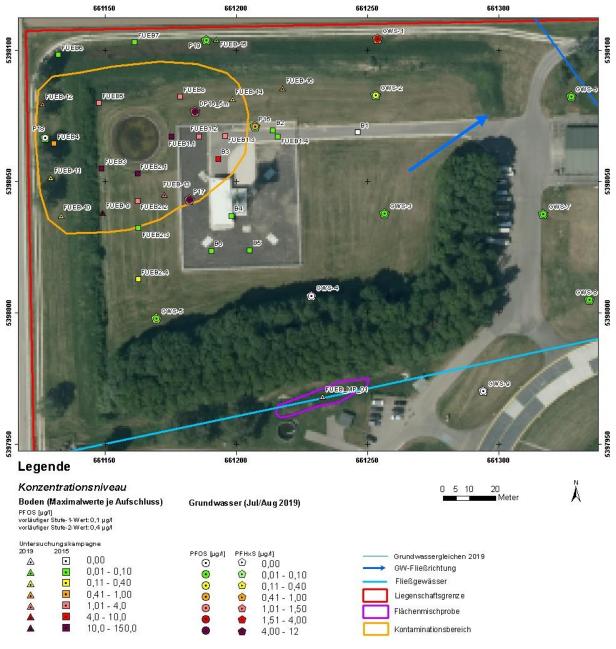


Abbildung 5-1: Lageplan KF "Ehemaliges Feuerlöschübungsbecken"





Kontaminationshypothese: Durch den Einsatz von PFAS-haltigen Feuerlöschmitteln im Zuge von regelmäßigen Übungen der Standortfeuerwehr wurden Bodenbelastungen in der ungesättigten Bodenzone hervorgerufen, die erhöhte PFC-Gehalte im Grundwasser im Abstrombereich der KF 029 nach sich ziehen.

Kontaminationsfläche (PFOS > 0,1 μ g/l): 4.300 m²

Kontaminationstiefe mind.: 2,5 m

Grundwasserumsatz: 1,5 l/s

Schadstofffracht (PFOS) im Grundwasser: 130 g/a

5.1.2 Oberflächenabdichtung

5.1.2.1 Beschreibung der Maßnahme

Die bodenschutzrechtlich zur Sicherung definierten Bereiche (Eingriffswert) werden mit einer Oberflächenabdichtung versehen. Im dargestellten Fall beträgt die Eingriffsfläche 4.300 m². Die Oberflächenabdichtung kann aus verschiedenen Materialien planerisch gestaltet werden, wobei ähnliche Anforderungen wie an Oberflächenabdichtungen nach der DepV (DepV, Anlage 1, Kap. 2.3. Besondere Anforderungen Oberflächenabdichtungssysteme) zu stellen sind. Die Anforderungen an Abdichtungssystem für bodenschutzrechtliche Sicherungen richten sich i.d.R. an Oberflächenabdichtungssysteme der Deponien Klasse DK I, was lediglich eine Dichtungskomponente bedeutet. die meist polymere Schicht als (Kunststoffdichtungsbahn - KDB) ausgeführt wird.

Damit eine ordentliche Oberflächenentwässerung ermöglicht wird, muss das Gelände entsprechend profiliert werden.

5.1.2.2 Wirksamkeit der Maßnahme

Die Wirkung der Maßnahme bedeutet eine Verhinderung der Infiltration von Niederschlagswasser in den kontaminierten Bereich und damit gleichzeitig eine Unterbrechung der weiteren Mobilisierung von Schadstoffen in tiefere Bodenschichten und das Grundwasser. Eine Schadstoffzerstörung findet jedoch nicht statt.

Die Maßnahme ist im vorliegenden Fall jedoch nicht als ausreichende Gefahrenabwehrmaßnahme zu sehen, da die Kontamination bis in die gesättigte Zone reicht. Sie kann dieses Ziel nur in Verbindung mit einer aktiven hydraulischen Maßnahme oder einer vertikalen Sicherungsmaßnahme (Umschließung) erreichen.

5.1.2.3 Eignung und Grenzen der Maßnahme

Die Maßnahme eignet sich insbesondere für großflächige und eher seichtschalige Bodenkontaminationen. Als Einzelmaßnahme ist sie jedoch nur geeignet, wenn die





kontaminierten Bodenbereiche noch ausreichend Abstand zum Grundwasser haben. Ansonsten kann die Maßnahme nur in Kombination mit anderen abgestimmten Maßnahmen eingesetzt werden.

Einen Sonderfall stellen temporäre Abdichtungen mit günstigen polymeren Geweben dar, die vor Ausarbeitung eines integralen Sanierungsplanes als kurzfristige Maßnahme zur Verhinderung bzw. Minderung weiterer Schadstoffeinträge in das Grundwasser zur Ausführung kommen können.

Die Maßnahme eignet sich natürlich insbesondere dann, wenn noch andere Massen aus umgelagerten, kontaminierten Böden zu sichern sind. Aufgrund der Flächengröße des ehemaligen FÜB, kann ein gewisses Volumen für Umlagerungen zur Verfügung gestellt werden, das je nach Höhe und Böschungsneigung auf jeden Fall im Bereich von ca. $3.000-5.000~\mathrm{m}^3$ liegen kann.

Damit stellt die Fläche selbst einen wesentlichen Bestandteil eines integralen Sanierungsplanes dar und kann speziell für die Aufnahme des belasteten Boden aus der Feuerwache als geeignet gelten.

Da in den Vorgaben des BBodSchG und der BBodSchV bezüglich der Sicherung von umgelagerten Böden keine Einschränkung auf Oberflächenabdichtung zu entnehmen ist, könnte eine Erweiterung der Ablagerungsfläche durch eine zusätzliche Basisabdichtung diskutiert werden, um alle umzulagernden Massen unterbringen zu können.

BBodSchV §5 (6): "Soll abgeschobenes, ausgehobenes oder behandeltes Material im Rahmen der Sanierung im Bereich derselben schädlichen Bodenveränderung oder Altlast oder innerhalb des Gebietes eines für verbindlich erklärten Sanierungsplans wieder auf- oder eingebracht oder umgelagert werden, sind die Anforderungen nach § 4 Abs. 3 des Bundes-Bodenschutzgesetzes zu erfüllen."

BBodSchG § 13 (5): "Soweit entnommenes Bodenmaterial im Bereich der von der Altlastensanierung betroffenen Fläche wieder eingebracht werden soll, gilt § 28 Absatz 1 Satz 1 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes nicht, wenn durch einen für verbindlich erklärten Sanierungsplan oder eine Anordnung zur Durchsetzung der Pflichten nach § 4 sichergestellt wird, daß das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird."

BBodSchG § 4 (3): "Der Verursacher einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast sowie dessen Gesamtrechtsnachfolger, der Grundstückseigentümer und der Inhaber der tatsächlichen Gewalt über ein Grundstück sind verpflichtet, den Boden und Altlasten sowie durch schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten verursachte Verunreinigungen von Gewässern so zu sanieren, daß dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Hierzu kommen bei Belastungen durch Schadstoffe neben Dekontaminations- auch Sicherungsmaßnahmen in Betracht, die eine Ausbreitung der Schadstoffe langfristig verhindern. Soweit dies nicht möglich oder unzumutbar ist, sind sonstige Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen durchzuführen."





In [8] wird auch unter Kapitel 6.3. der Einsatz einer Basisabdichtung auch bei der abfallrechtlichen Verwertung von Bodenmaterial in technischen Bauwerken thematisiert.

5.1.2.4 Spezifische Kosten – Kosten/Nutzen-Verhältnis

Oberflächenabdichtungen stellen relativ kostengünstige Maßnahmen dar, da je nach Mächtigkeit der Bodenschicht mit einem Quadratmeter Oberflächenabdichtung gleich mehrere Kubikmeter Boden gesichert werden können.

Temporare Abdichtungen:	2		
Spezifischer Preis:			
bei Bodenmächtigkeit:	1m	2m	3m
Finale Abdichtungen: 80 €/m²			
Spezifischer Preis:		t	
bei Bodenmächtigkeit:	1m	2m	3m

In diesen Preisen ist noch nicht berücksichtigt, dass damit häufig nicht nur der kontaminierte Boden einer Kontaminationsfläche (KF) gesichert wurde, sondern auch umgelagerter Boden aus anderen KF. Damit sind Oberflächenabdichtungen bei einer Nutzen-/Kostenanalyse der Dekontamination mit nachfolgender externer Behandlung deutlich überlegen. Bei einer in-situ-Belastungssituation von 2m Mächtigkeit der ungesättigten Zone und einer Mächtigkeit aus umgelagerten Boden von weiteren 2 m, ergeben sich spezifische Kosten der Sicherung von ca. was im Vergleich zur externen thermischen Behandlung (zuzügl. Transportkosten) einen deutlichen Kostenvorteil bedeutet.







5.1.3 Hydraulische Sicherung

5.1.3.1 Beschreibung der Maßnahme

Bei der hydraulischen Sicherung wird im Grundwasserabstrom der KF durch einen oder mehrere Entnahmebrunnen das Grundwasser gefördert und über eine Grundwasseraufbereitungsanlage abgereinigt.

Bei der hydraulischen Sanierung wird die Grundwasserentnahme im Schadenszentrum positioniert.

Bei den vorherrschenden PFAS-Konzentrationen und dem begrenzten Grundwasserdurchsatz an der KF wird hier die Aufbereitung mittels Adsorptionstechnik durch Aktivkohle zu empfehlen sein.

Alternative Aufbereitungstechniken, z.B. durch Ionentauscherharze oder durch die Perfluor Add Technik (Cornelsen Umwelttechnik), können ihre Vorteile gegenüber der konservativen Aktivkohleadsorption nur bei deutlich größeren Volumenströmen und höheren PFAS-Konzentrationen ausspielen.

Die Aktivkohle wird nach der Beladung thermisch behandelt und dabei entweder beseitigt (verbrannt) bzw. auch regeneriert.





Das gereinigte Wasser kann entweder vor Ort versickert werden, was wasserwirtschaftlich gewünscht ist oder falls dies nicht möglich ist, der Vorflut zugeführt werden.

5.1.3.2 Wirksamkeit der Maßnahme

Die Wirkung der Maßnahme besteht im Abfangen des kontaminierten Grundwassers und der Unterbindung einer Schadstoffverlagerung in der gesättigten Zone mit dem Grundwasserstrom.

Die Wirksamkeit setzt im Gegensatz zur zuvor beschriebenen Abdichtung sehr schnell in der gesättigten Zone ein und ist als eigenständige Gefahrenabwehrmaßnahme zu sehen. In Verbindung mit einer Oberflächenabdichtung wird lediglich die Dauer der hydraulischen Sicherung reduziert, da die Schadstoffnachlieferung durch die Abdichtung nach einer gewissen Zeit (mittelfristig) nachlässt. Durch Grundwasserschwankungen resultiert im Schwankungsbereich nach wie vor eine periodische Schadstoffmobilisierung.

Dadurch, dass die Aktivkohle nach erfolgter Beladung thermisch behandelt wird, findet tatsächlich eine Schadstoffzerstörung statt.

5.1.3.3 Eignung und Grenzen der Maßnahme

Die Maßnahme eignet sich insbesondere für eine kurzfristig erforderliche Gefahrenabwehr zum Schutz der ggf. abstromig genutzten gesättigten Zone sowie bei effluenten Verhältnissen auch der Oberflächengewässer.

Da die Maßnahme einen geringen Platzbedarf erfordert, ist sie auch bei engen Platzverhältnissen ausführbar und je nach Schutzziel auch räumlich variabel.

Die Grenzen der Maßnahme liegen eindeutig in der Betriebsdauer. Abhängig vom Feinerdeanteil des Gebirges desorbiert der PFAS-Schadstoff nur über sehr lange Zeiträume, sodass ohne (Teil-)sanierung oder Sicherung der Schadstoffquelle eine komplette Schadstoffentfrachtung mittels aktiver hydraulischer Technik nicht realistisch ist.

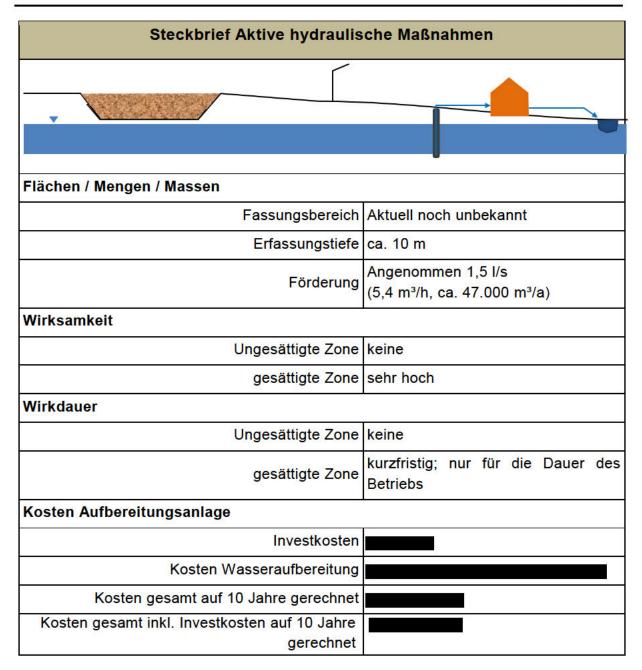
5.1.3.4 Spezifische Kosten – Kosten/Nutzen-Verhältnis

Für die aktive hydraulische Sanierung ist von folgendem Minimalumfang auszugehen:

Entnahmebrunnen inkl. Schacht und Pumpe:	
Leitungen:	
Versickerungseinrichtung (z.B. Rigole):	
Aufbereitungsanlage: ca.	
Summe ca :	







5.1.4 Dekontamination

5.1.4.1 Beschreibung der Maßnahme

Als Dekontamination bezeichnet man den Aushub des kontaminierten Boden an der Kontaminationsfläche in den zuvor festgelegten Bereichen der Eingriffswerte.

Der ausgehobene Boden kann dann entweder einer externen Behandlung zugeführt werden oder wie unter 4.3.3 beschrieben durch Umlagerung auch an anderer Stelle der Liegenschaft bei Vorliegen eines Gesamtsanierungsplanes mit festgelegten Grenzen des Sanierungsplangebietes gesichert werden.





5.1.4.2 Wirksamkeit der Maßnahme

An der Aushubstelle ist dementsprechend tatsächlich eine Dekontamination verwirklicht. Weitere Schadstoffverlagerungen in die Tiefe oder in das Grundwasser werden damit nachhaltig verhindert.

Bei einer Umlagerung innerhalb der Liegenschaft kommt das Bodenmaterial zwar kontrolliert zur gesicherten Ablagerung, eine Schadstoffzerstörung findet jedoch nicht statt.

Bei externer Behandlung ist dies jedoch im Falle der externen Deponierung ebenfalls nicht gegeben. Im Gegenteil: Durch Transportaufwand und Verbrauch von Deponievolumen ist die Umweltbilanz der der Vorortsicherung unterlegen.

Lediglich bei einer thermischen Behandlung kommt es tatsächlich zur Zerstörung der Schadstoffe, was jedoch einen hohen ökologischen und finanziellen Aufwand erfordert, da zusätzlich zu den Transportkosten hoher Energieaufwand bei der thermischen Behandlung aufgebracht werden muss.

Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass für die Rückverfüllung ebenfalls Transportaufwand entsteht.

5.1.4.3 Eignung und Grenzen der Maßnahme

Die Maßnahme des Aushubs eignet sich insbesondere für kleinräumige Bodenbelastungen und für Bodenbelastungen, die bis ins Grundwasser reichen.

Bei sehr tiefgreifenden und großvolumigen Bodenbelastungen findet die Maßnahme meist seine Grenzen innerhalb der Verhältnismäßigkeitsprüfung und muss sich dann gegen konkurrierende Verfahren, wie vertikale Einschließungen in Verbindung mit Oberflächenabdichtung oder Oberflächenabdichtung in Kombination mit hydraulischen Sicherungen, durchsetzen.

Hinsichtlich der externen Behandlung von PFAS-belasteten Böden sind enge Grenzen gesetzt:

- Relativ niedrig belasteter Boden (> Z 1.2 aber < Z 2) kann nach Bayerischem PFC-Leitfaden verwertet werden im "eingeschränkten Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen". Jedoch ist hier eine Umsetzungshemmnis gegeben, da die Angst der Bauherren vor Langzeitfolgen bei PFAS-haltigem Material aktuell zu stark ausgeprägt ist.
- Material >Z2 bis kann nur in Deponien mit Sickerwasserbehandlung zur Ablagerung gebracht werden, was aber z.Zt. von nur sehr wenigen Deponien und nur in kleinen Mengen angenommen wird.
- Ab einer PFC-Konzentration von 50 mg/kg ist eine externe Deponierung nicht mehr möglich, sodass hierfür nur die thermische Behandlung in Frage kommt. Mit Kosten von ca. zuzüglich Transportkosten ist dieses Verfahren sehr





teuer und vom Energieeinsatz sehr aufwändig. Zusätzlich sind die Mengen limitiert, da es nur wenige genehmigte Behandlungsanlagen gibt. Insbesondere bei der thermischen Behandlung sind jedoch die zu behandelnden Mengen aufgrund der aktuellen Anlagenverfügbarkeit beschränkt, sodass die Maßnahme i.d.R. nur für kleinere Mengen in Frage kommt.

Die externe Entsorgung/Behandlung ist jedoch aufgrund der Empfehlung aus [7] nicht weiter zu verfolgen, sodass das ausgehobene Material vor Ort an anderer Stelle gesichert einzubauen ist. Dies bedeutet, dass eine entsprechende Fläche für die Sicherung des umgelagerten Bodens zur Verfügung stehen muss (s. hierzu Kap. 5.1.2).

Dekontaminationsmaßnahmen finden auch ihre Grenzen in Bereichen, wo aufgrund weiterer Zwänge (z.B. Kampfmittelbelastung, enge oder ungewisse Spartenlage etc.) erhöhte Risiken bzw. Kosten entstehen. Insbesondere die Be- oder Überbauung belastet erfahrungsgemäß das Kosten-Nutzenverhältnis des Verfahrens in der Verhältnismäßigkeitsprüfung sehr ungünstig.

Für den vorliegenden Fall des FÜB macht die Dekontamination und Umlagerung auf eine andere Fläche nur dann Sinn, wenn in einer Verhältnismäßigkeitsprüfung belegt wird, dass diese der Maßnahme der Oberflächenabdichtung (inklusive der Sicherung von umgelagerten Material aus anderen belasteten Bereichen – z.B. von der AFW) überlegen ist.

5.1.4.4 Spezifische Kosten – Kosten/Nutzen-Verhältnis

Bei einer Dekontamination mit Umlagerung und Sicherung wie unter 5.1.2 beschrieben kommen bei günstigen Standortbedingungen (keine Zwänge durch Bebauung, kein Verbau, genügend Platz etc.) lediglich zusätzliche Aushub- und i.d.R. Transportkosten über kurze Distanzen dazu, die an dieser Stelle mit ca.

Eine Rückverfüllung mit unbelastetem Material ist ebenfalls mit ca. €/t anzusetzen.

Allerdings sind diese Kosten sehr stark abhängig von den weiteren Standortbedingungen, insbesondere durch die Bebauung und die Endteufe des auszuhebenden Schadens).





Steckbrief Aushub, Umlagerung und gesicherte Ablagerung On-Site		
-0'0	•	
Flächen / Mengen / Massen		
Grundfläche, Aushubtiefe und Aushubmassen	4.300 m ² x 2,5 m = 10.750 m ³ = ca. 19.000 t	
Wirksamkeit		
Ungesättigte Zone	hoch - sehr hoch	
gesättigte Zone	mittel (mittlere Zeitdauer)	
Wirkdauer		
Ungesättigte Zone	kurzfristig; dauerhaft wirksam	
gesättigte Zone	langfristig; dauerhaft wirksam	
Kosten		
Aushub und Umlagerung on-site 19.000 t x	×	
Rückverfüllung 19.000 t x		
Kosten Sicherung an anderer Stelle innerhalb der Liegenschaft	Abhängig von Ablagerungsfläche	

5.1.5 Einkapselung durch Vertikales Sperrelement und Oberflächenabdichtung

An dieser Stelle soll trotz der Empfehlung aus [8] hinsichtlich der Einschränkung der Maßnahmen auf Oberflächenabdichtung, hydraulische Sanierung und Dekontamination mit Umlagerung und Sicherung vor Ort auf die Möglichkeit einer vertikalen Umschließung eingegangen werden. Diese Maßnahme ist theoretisch an beiden Standorten FÜB und AFW anwendbar. Da in ca. 9 bis 10 m Tiefe die geringdurchlässigen tertiären Sedimente anstehen, könnten sich der Aufwand und die Kosten für die Einbindung der vertikalen Umschließung im Rahmen halten.

Eine Übersicht über die gängigen unterschiedlichen Dichtwandsysteme zeigt Abbildung 5-2.



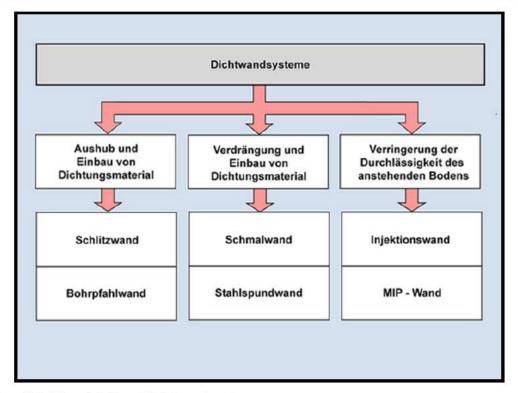


Abbildung 5-2: Verschiedene Dichtwandsysteme

Die spezifischen Kosten verschiedener Dichtwandsystem sind nachfolgend in Abbildung 5-3 aufgeführt.

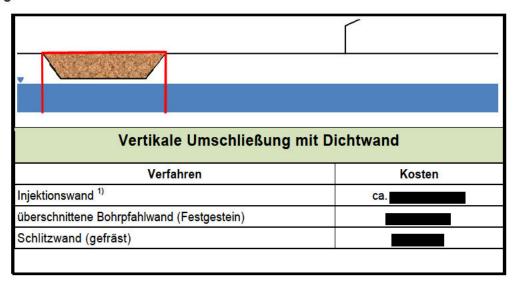


Abbildung 5-3: Verschiedene Dichtwandsysteme und deren geschätzten Kosten

In der nachfolgenden Tabelle 5-1 sind die Stärken und Schwächen der verschiedenen Dichtwandsysteme aufgeführt.





Tabelle 5-1: Eigenschaften verschiedener Dichtwandsysteme

	Schlitzwand	Bohrpfahlwand	Injektionswand
Dichtigkeit	sehr gut	sehr gut	weniger gut 1)
Mechanische Widerstandsfähigkeit	gut	gut	weniger gut 1)
Bautechnischer Aufwand	sehr hoch 2)	hoch	mittel
Aufwand Qualitätssicherung	hoch	mittel	hoch
Gefahr Schwachstellen	gering	gering	hoch
Kosten	hoch	mittel	mittel

Da das innerhalb der vertikalen Umschließung befindliche Grundwasser nicht einen höheren hydraulischen Druck als das Grundwasser außerhalb der Umschließung haben sollte, muss der Gradient durch gemäßigte hydraulische Maßnahmen kontrolliert werden. Um dies energetisch günstig zu gestalten, kann dies i.d.R. am besten und nachhaltigsten durch eine Oberflächenabdichtung der Kontaminationsfläche erreicht werden.

Die Wirkung dieser kombinierten Maßnahme setzt zeitnah ein. Die Investkosten sind hoch, die Betriebskosten jedoch gering, sodass sich die Kombination innerhalb der Sanierungsuntersuchung bei der detailliert durchzuführenden Nutzen-Kosten-Analyse über einen langen Zeitraum durchaus als wettbewerbsfähige Maßnahmenkombination erweisen könnte.





Am Beispiel des FÜB könnte der entsprechende Steckbrief wie folgt aussehen:

Steckbrief Einkapselung durch Vertikales Sperrelement und Oberflächenabdichtung				
Flächen / Mengen / Massen Dichtwand				
Umfang Dichtwand	350 m			
Fläche Dichtwand	3.500 m² (bei 10 m Teufe)			
Flächen / Mengen / Massen Oberflächenabdich	Flächen / Mengen / Massen Oberflächenabdichtung			
Abgedichtete Fläche	4.300 m²			
Wirksamkeit				
Ungesättigte Zone	hoch - sehr hoch			
gesättigte Zone	hoch			
Wirkdauer				
Ungesättigte Zone	kurzfristig; dauerhaft wirksam			
gesättigte Zone	kurzfristig; dauerhaft wirksam			
Kosten				
Kosten Dichtwand	€			
Kosten Oberflächenabdichtung	s. Kap. 5.1.2			



5.2 Alte Feuerwache (AFW)

Für die AFW trifft generell dasselbe zu wie unter 5.1. beim FÜB beschrieben. Deswegen wird nachfolgend speziell auf Unterschiede eingegangen und diese thematisiert.

5.2.1 Ausgangslage

Abb. 5-4 zeigt einen Übersichtsplan der KVF "Alte Feuerwache (AFW)".

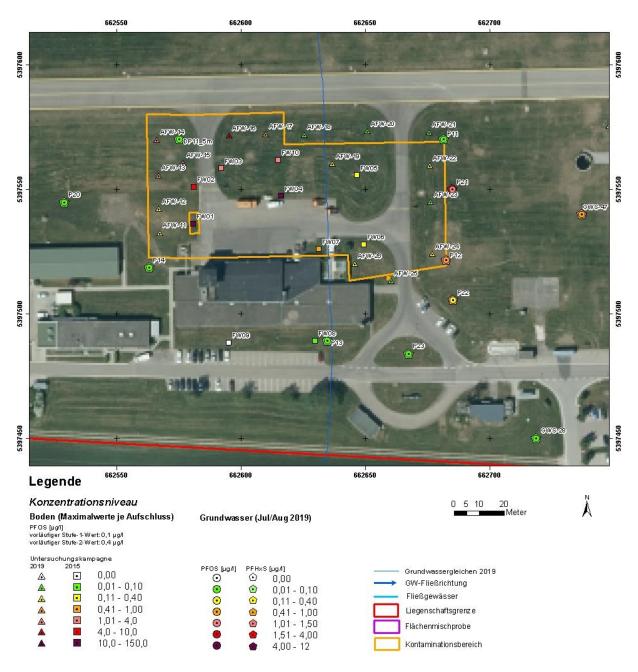


Abbildung 5-4: Lageplan KF "Alte Feuerwache"





Kontaminationshypothese: Durch den Einsatz von PFC-haltigen Feuerlöschmitteln im Zuge von regelmäßigen Übungen der Standortfeuerwehr wurden Bodenbelastungen in der ungesättigten Bodenzone hervorgerufen, die erhöhte PFC-Gehalte im Grundwasser im Abstrombereich der KF 029 nach sich ziehen.

Kontaminationsfläche (PFOS > 0,1 μ g/l): 6.400 m²

Kontaminationstiefe mind.: 2,5 m

Grundwasserumsatz: 1,0 l/s

Schadstofffracht (PFOS) im Grundwasser: ca. 16 g/a

5.2.2 Oberflächenabdichtung

5.2.2.1 Beschreibung der Maßnahme

Die bodenschutzrechtlich zur Sicherung definierten Bereiche (Eingriffswert) werden mit einer Oberflächenabdichtung versehen. Im dargestellten Fall beträgt die Eingriffsfläche 6.400 m².

Im Gegensatz zu den Ausführungen des Kap. 5.1.2 ist aufgrund der Nutzung und der gegebenen Infrastruktur eher darüber nachzudenken, ob eine Sicherung an dieser Stelle nicht besser mit einer definierten Oberflächenbefestigung (Verkehrsfläche) herzustellen ist.

5.2.2.2 Wirksamkeit der Maßnahme

Wie unter 5.1.2.2beschrieben.

5.2.2.3 Eignung und Grenzen der Maßnahme

Wie unter 5.1.2.3 beschrieben jedoch mit folgenden Unterschieden:

- Die Fläche kommt wahrscheinlich aufgrund der bestehenden Infrastruktur weniger als Umlagerungsfläche zur Aufnahme von belasteten Böden aus anderen Dekontaminationsmaßnahmen in Betracht
- In wie weit eine vergrößerte Verkehrsfläche neben der bodenschutzrechtlichen Sicherung weiteren Nutzen bringen könnte, ist mit Masterplanning abzustimmen

5.2.2.4 Spezifische Kosten – Kosten/Nutzen-Verhältnis

Die spezifischen Kosten richten sich nach der Ausgestaltung der Verkehrsfläche und deren Belastungsklasse.





Es ist davon auszugehen, dass für die Gründung der Verkehrsfläche Aushub stattfinden muss und daher selbst bei der Wahl einer Sicherung der Bodenkontaminationen Aushubmaterial anfällt, das anderweitig behandelt werden muss.

Steckbrief Einkapselung durch Oberflächenabdichtung			
	•		
Flächen / Mengen / Massen Oberflächenabdichtung			
Abgedichtete Fläche	6.400 m²		
Wirksamkeit			
Ungesättigte Zone	hoch - sehr hoch		
gesättigte Zone	mittel (mittlere Zeitdauer)		
Wirkdauer			
Ungesättigte Zone	kurzfristig; dauerhaft wirksam		
gesättigte Zone	mittelfristig; dauerhaft wirksam		
Kosten (finale Abdichtung)	Abhängig vom Aufbau und Nutzungsintention		

5.2.3 Hydraulische Sicherung

5.2.3.1 Beschreibung der Maßnahme

Wie 5.1.3.1

5.2.3.2 Wirksamkeit der Maßnahme

Wie 5.1.3.2

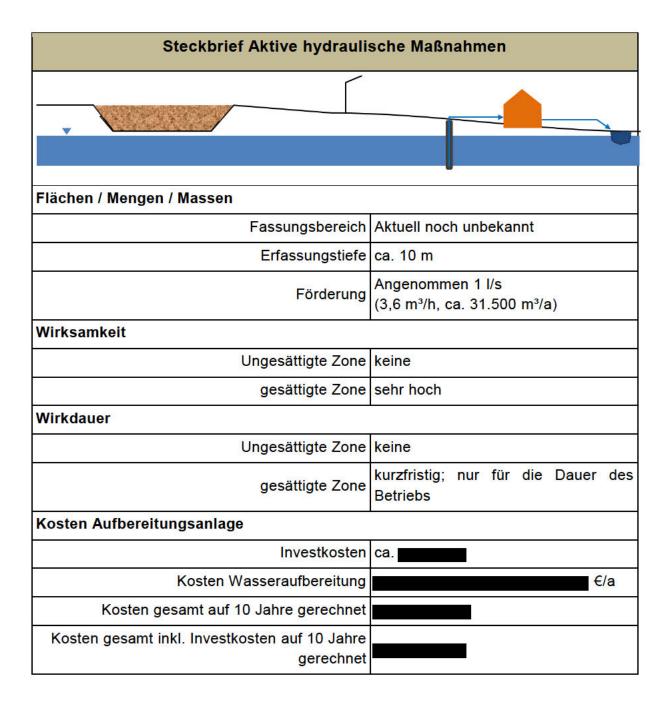
5.2.3.3 Eignung und Grenzen der Maßnahme

Wie 5.1.3.3



5.2.3.4 Spezifische Kosten – Kosten/Nutzen-Verhältnis

Wie 5.1.3.4







5.2.4 Dekontamination

5.2.4.1 Beschreibung der Maßnahme

Wie 5.1.4.1. mit folgendem Zusatz: Da innerhalb der belasteten Fläche von 6.400 m² bereits verschiedene Flächenbefestigungen vorliegen, muss nicht der ganze Bereich ausgehoben werden, was jedoch nicht automatisch Kosteneinsparungen bedeutet (s. 5.2.4.3). Jedoch könnte auch bereits eine Teildekontamination in der Verhältnismäßigkeitsprüfung zur maßgeblichen Unterschreitung der tolerierbaren Schadstofffrachten beitragen.

5.2.4.2 Wirksamkeit der Maßnahme

Wie 5.1.4.2

5.2.4.3 Eignung und Grenzen der Maßnahme

Wie 5.1.4.3. mit folgenden Unterschieden:

Bei der AFW ist bei der Dekontamination darauf zu achten, dass die bestehende Infrastruktur (Sparten) nicht beschädigt wird.

Aber auch entlang der bestehenden Verkehrsflächen ist sicherzustellen, dass durch den Aushub keine nachteilige Veränderung (z.B. Setzungen) stattfindet. Dies ist entweder durch ausreichend Abstand zu den Rändern der Verkehrsflächen und Böschen (Teildekontamination) oder durch entsprechende Verbaumaßnahmen zu gewährleisten.

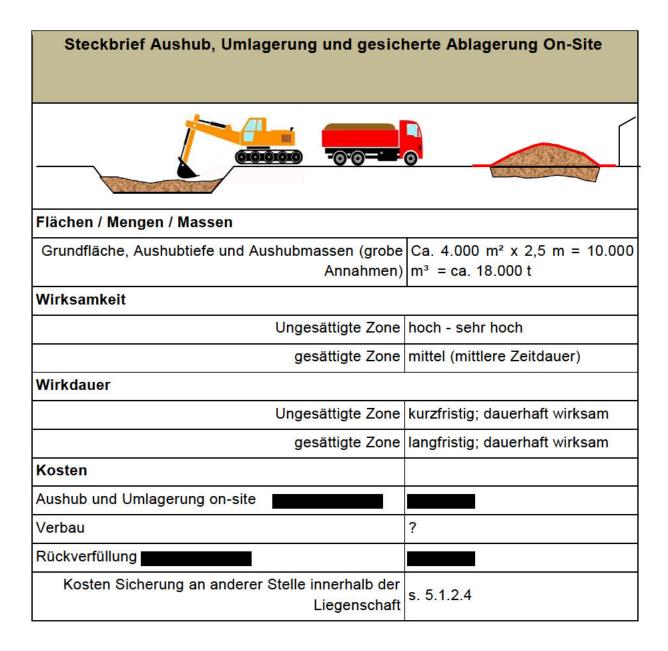
Wie unter 5.1.2.3. beschrieben könnte es Sinn machen, das ausgehobene Material zum FÜB umzulagern und dort einer Sicherung vor Ort zu unterziehen und den Aushubbereich mit unbelastetem Material rück zu verfüllen. Bei genauerer planerischer Auseinandersetzung könnten sich die auszukoffernden Bodenmassen bei einer Umlagerung am FÜB unterbringen lassen.





5.2.4.4 Spezifische Kosten – Kosten/Nutzen-Verhältnis

Wie 5.1.4.4. jedoch mit größerer Unsicherheit hinsichtlich der Aushubmassen.



5.2.5 Einkapselung durch Vertikales Sperrelement und Oberflächenabdichtung

Wie bei 5.1.5, jedoch mit der Einschränkung unterschiedlicher zu beachtender Infrastruktur und höhere Massen/Kosten.





6 Empfehlung

Der aufgeführte Variantenüberblick stellt die potentiell möglichen technischen Sicherungs-/Sanierungsmaßnahmen dar, die es gilt für den integralen Sanierungsplan im Einzelnen innerhalb der Sanierungsuntersuchung auf ein höheres Beweisniveau zu bringen und im Variantenvergleich die zielführendsten Variante bzw. Variantenkombination zu ermitteln.

Dabei sollten die beiden Standorte nicht isoliert betrachtet werden, sondern im Verbund mit allen anderen notwendigen Maßnahmen im integralen Kontext.

Auf dem Beweisniveau des hier vorliegenden Variantenüberblicks zeichnet sich als voraussichtliche Vorzugsvariante die Maßnahmenkombination

 (Teil-)Dekontamination der Bodenkontamination an der AFW und Umlagerung zum ehemaligen FÜB mit anschließender Sicherung

ab.

Bei der zielführendsten Variantenkombination für die anschließende Sicherung wird auf jeden Fall die Oberflächenabdichtung eine entscheidende Rolle spielen. Inwieweit eine zusätzliche kurzfristig wirkende Maßnahme (hydraulische oder vertikale Sicherung) benötigt wird, ist in der Verhältnismäßigkeitsprüfung im Detail zu klären.





7 Literaturverzeichnis und Liste der Rechtsvorschriften

Rechtsvorschriften, Richtlinien und Merkblätter

- [1] Bundes-Bodenschutzgesetz: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (BBodSchG) vom 17.03.1998.
- [2] Bundes Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999.
- [3] Bayer. Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2017): Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden. München.
- [4] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Merkblatt 3.8.1: Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen Wirkungspfad Boden-Gewässer, 31.10.2001.
- [5] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser/Boden (LAWA/LABO) (2006): Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen, Mainz.
- [6] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI), Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) (2018): Baufachliche Richtlinien Boden- und Grundwasserschutz, Berlin/Bonn.
- [7] Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr (2018): PFC-Leitfaden für Liegenschaften des Bundes. Anhang A 8.2 der Baufachlichen Richtlinie Boden- und Grundwasserschutz, Bonn, Juni 2018
- [8] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaften Bodenschutz und Wasser (2020): Leitfaden zur PFC-Bewertung Empfehlungen für die bundeseinheitliche Bewertung von Boden- und Gewässerverunreinigungen sowie für die Entsorgung PFC-haltigen Bodenmaterials Entwurfsfassung 17. Sept. 2020.





Nürnberg, 01. Dezember 2021



GEOLOGEN + INGENIEURE GMBH & Co. KG DEICHSLERSTRASSE 25, D - 90489 NÜRNBERG



BBodSchG SG 1, 2, 5)