

**Hindenburg-Kaserne in Neumünster (LgKNr.: 138460)
Gefährdungsabschätzung / Handlungsempfehlung**

Auftraggeber:

Bundesanstalt für Immobilienaufgaben
-Anstalt des öffentlichen Rechts-
Zentrale – Sparte Portfoliomanagement ZEPM 4
Fasanenstraße 87, 10623 Berlin

13.12.2017 (Rev. 02, Fassung vom 23.07.2018)

Spiekermann GmbH – Consulting Engineers –
Prenzlauer Promenade 28a, 13089 Berlin

Bearbeitung: Dipl.-Geol. Clemens Hofmann

INHALTSVERZEICHNIS		SEITE
1	VERANLASSUNG / AUFGABENSTELLUNG	1
2	UNTERLAGEN	2
2.1	Gutachten zum Standort	2
2.2	Sonstige Gutachten / Unterlagen	2
3	STANDORTBEDINGUNGEN	3
3.1	Lage	3
3.2	Umgebungsnutzung	4
3.3	Historie	4
3.4	Geplante Nutzung	5
3.5	Geologie/Hydrogeologie	5
3.5.1	Geologie	5
3.5.2	Hydrogeologie	5
3.6	Kontaminationssituation	7
3.6.1	Boden	7
3.6.2	Grundwasser	10
4	GEFAHRENBEURTEILUNG	13
4.1	Allgemeines	13
4.2	Milzbrandproblematik	13
4.3	Stoffeigenschaften Arsen	14
4.4	Wirkungspfade	16
4.4.1	Wirkungspfad Boden → Mensch (Direktpfad)	16
4.4.2	Wirkungspfad Boden → Bodenluft → Mensch	16
4.4.3	Wirkungspfad Boden → Nutzpflanze → Mensch	17
4.4.4	Wirkungspfad Boden → Grundwasser → (Oberflächenwasser) → Mensch / aquatische Umwelt	17
4.4.5	Wirkungspfad Boden → Grundwasser	17
4.5	Gefährdung der menschlichen Gesundheit	17
4.6	Gefährdung des Grundwassers	18
5	SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DAS NUTZUNGSKONZEPT	20
6	LITERATURVERZEICHNIS	22

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Luftbild ehem. Hindenburg-Kaserne (ehem. Lederfabrik Sager), Quelle: bing.com, 22.10.2014	3
Abbildung 2: Grundwassergleichen Stichtagsmessungen 2014 – 2016 mit südlicher Grundwasserfließrichtung	6

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Versiegelung und Versiegelungsart auf dem Grundstück	4
Tabelle 2: Ergebnisse der sequentiellen Extraktion an ausgewählten Bodenproben	8
Tabelle 3: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen (Auswahl)	11

ANLAGENVERZEICHNIS

- 1 ÜBERSICHTSKARTE**

- 2 LAGEPLÄNE**
 - 2.1 Untersuchungsbereich Liegenschaft
 - 2.2 Nutzungen mit Verdachtsbereichen
 - 2.3 Aufschlusskarte

- 3 KONTAMINATIONSPLÄNE**
 - 3.1 Arsen im Boden, Tiefe 0 – 1 m
 - 3.2 Arsen im Boden, Tiefe 1 – 2 m
 - 3.3 Arsen im Boden, Tiefe > 2 m
 - 3.4 Arsen im Grundwasser
 - 3.5 Arsen im Boden, Auffüllungen
 - 3.6 Arsen im Boden, gewachsener Boden

- 4 GEOLOGISCHE SCHNITTE**
 - 4.1 NE – SW – Schnitt
 - 4.2 NW – SE – Schnitt 1
 - 4.3 NW – SE – Schnitt 2

- 5 ZUSAMMENSTELLUNG BODENANALYSEN**

Abkürzungsverzeichnis

BG	Bestimmungsgrenze
BImA	Bundesanstalt für Immobilienaufgaben
BTEX	Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol (Summenparameter)
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA 2004
GIS	Geoinformationssystem
GOK	Geländeoberkante
GW	Grundwasser
GWM	Grundwassermessstelle
NE	Nordost
NW	Nordwest
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
SE	Südost
SW	Südwest
TRGS	Technische Regeln Gefahrstoffe
u. GOK	unter Geländeoberkante
WE	Wirtschaftseinheit

1 VERANLASSUNG / AUFGABENSTELLUNG

Die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA) plant, das Grundstück der ehemaligen Hindenburg-Kaserne in Neumünster, gelegen zwischen der Färberstraße und der Carlstraße, zu veräußern.

In diesem Zusammenhang soll eine abschließende Gefährdungsbeurteilung für die Liegenschaft erstellt werden.

Auf der Fläche der früheren Hindenburg-Kaserne befand sich bis 1927 die Lederfabrik Sager. Nach Rückbau der Lederfabrik wurde das Gelände ab dem Jahre 1934 durch die deutsche Wehrmacht (bis 1945), die Royal Army (bis 1958) und abschließend durch die Bundeswehr (bis 2003) genutzt. Seither fanden nur noch Nutzungen der Gebäude in geringem Umfang statt.

Die frühere Nutzung führte zu Schadstoffeinträgen in den Untergrund, wodurch Boden- und Grundwasserverunreinigungen verursacht wurden. Neben Arsen- und Chrombelastungen wurden lokale Belastungen durch PAK und MKW / BTEX nachgewiesen. Auf dem Gesamtgelände liegen Belastungen durch Milzbrandsporen vor, die besondere Maßnahmen zum Arbeitsschutz erfordern.

Das Untersuchungsgebiet war seit 1990 Gegenstand mehrerer Untersuchungen nach bodenschutzrechtlichen und wasserrechtlichen Gesichtspunkten.

Im Ergebnis einer Untersuchung zur Gefährdungsabschätzung durch die Prof. Burmeier Ingenieurgesellschaft mbH im Jahre 2011 /4/ wurden weitere Untersuchungen der Fläche für eine abschließende Gefährdungsabschätzung als notwendig erachtet.

Die UCL Umwelt Control Labor GmbH wurde am 07.07.2015 durch die GMSH Gebäudemanagement Schleswig-Holstein beauftragt, eine Detailuntersuchung (Phase IIb) gemäß BBodSchV für das Untersuchungsgebiet durchzuführen. Die Detailuntersuchung war darauf ausgerichtet, das im Boden vorhandene Gesamt-Schadstoffpotential bezüglich des Wirkungspfadens Boden – Grundwasser zu ermitteln.

Die Detailuntersuchung der UCL wurde mit Berichtslegung vom November 2017 ohne abschließende Gefährdungsabschätzung abgeschlossen /1/.

Die Spiekermann GmbH wurde im November 2017 beauftragt, die abschließende Gefährdungsabschätzung im Rahmen eines Unterstützungsvertrages für die BImA (ZEPM4) durchzuführen. Die Gefährdungsabschätzung basiert unmittelbar auf den Ergebnissen der Detailuntersuchung der UCL, in welcher wiederum auch die Ergebnisse der vorangegangenen Untersuchungen (vgl. Kap. 2) berücksichtigt wurden. Eigene Untersuchungen wurden nicht durchgeführt. Die kompletten Daten der Detailuntersuchung sind der Unterlage /1/ zu entnehmen.

2 UNTERLAGEN

2.1 Gutachten zum Standort

- /1/ UCL Umwelt Control Labor GmbH: Detailuntersuchung in der Hindenburg-Kaserne in Neumünster – Entwurf Abschlussbericht, LgKNr.: 138460, Kiel, 02.10.2017
- /2/ Ehem. Hindenburg-Kaserne im Bereich der ehem. Lederfabrik Sager, Konzept für Detailuntersuchungen, Abschlussdokumentation, BIG Prof. Burmeier Ingenieures. mbH, Gehrden, 23.04.2014
- /3/ UCL Umwelt Control Labor GmbH: Prüfbericht Nr.: 14-01570/1 (Grundwasseruntersuchungen 2014), Kiel, 23.01.2014
- /4/ Gefährdungsabschätzung für die ehemalige Lederfabrik Sager in Neumünster, BIG Prof. Burmeier Ingenieures. mbH, Gehrden, 05.10.2011
- /5/ IGU Biobac: Bericht über die Grundwasseruntersuchungen 2010 auf der Liegenschaft Hindenburg-Kaserne Neumünster, Kiel, 28.02.2011
- /6/ Geoconsulting E. Berling: Zusammenführung und Digitalisierung der Untersuchungsergebnisse (1994-2010) auf der Fläche der ehemaligen Lederfabrik Sager / Hindenburg-Kaserne in Neumünster; Stand 08.12.2010 Ordner 1: Lage der Aufschlüsse, Bohrprofile und Ausbauezeichnungen Ordner 2: Übersichtspläne und Tabellen mit den Analyseergebnissen
- /7/ ECOS Umwelt Nord GmbH: Ergänzende Untersuchung ehemalige Lederfabrik Sager, Teilfläche West in Neumünster; 2007
- /8/ Geoconsulting E. Berling: Zusammenführung und Digitalisierung der Untersuchungsergebnisse auf einer ca. 10 ha großen Teilfläche der ehemaligen Hindenburg-Kaserne in Neumünster; (2006)
- /9/ IGU Dr. Biernath – Wüpping GmbH: Endbericht über die orientierende Untersuchung (Phase IIa-2) der KVF 5-7 und 10-15 auf der Liegenschaft Hindenburg-Kaserne, Neumünster, 2005
- /10/ IGU Dr. Biernath – Wüpping GmbH: Endbericht über die orientierende Untersuchung (Phase IIa) auf der Liegenschaft Hindenburg-Kaserne, Neumünster, 2001
- /11/ Stadt Neumünster / Umweltbundesamt: Standortbericht der Lederfabrik Sager, Carlstraße; Historische Erkundung und Gefährdungsabschätzung (09.12.1996 als Teilprojekt im Rahmen eines BMBF Forschungsvorhabens)

2.2 Sonstige Gutachten / Unterlagen

- /12/ Prof. Burmeier Ingenieurgesellschaft mbH: Abschlussbericht Milzbrandverdacht auf ehemaligen Standorten der Lederindustrie sowie deren Umfeld in Schleswig-Holstein, Gehrden, 19.04.2010

Weitere Quellen siehe unter Kap. 6.

3 STANDORTBEDINGUNGEN

3.1 Lage

Das Grundstück befindet sich in Neumünster zwischen Färberstraße (SW) und Wohngrundstücken an der Carlstraße (NE).

Standort: Färberstraße 92
Land: Schleswig-Holstein
Landkreis: Kreisfreie Stadt Neumünster
Gemarkung: Neumünster
Flur: 30
Flurstück: 59
Flächengröße: 104.740 m²

Die Geländehöhe beträgt ca. 32 m über NN.



Abbildung 1: Luftbild ehem. Hindenburg-Kaserne (ehem. Lederfabrik Sager), Quelle: bing.com, 22.10.2014

Neben der vorhandenen Bebauung ist die Liegenschaft durch einen hohen Versiegelungsgrad der übrigen Freiflächen, bestehend aus Betonplatten, Asphaltdecke sowie Pflaster- und Gehwegplatten, gekennzeichnet. Bei der Versiegelung der Freiflächen handelt es sich um die Erschließungsstraßen und Stellflächen sowie den zentralen, asphaltierten Exerzierplatz (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Versiegelung und Versiegelungsart auf dem Grundstück

Versiegelte Flächen	Gebäude / Bebauung	Beton	Asphalt	Pflaster	Summe	Anteil an Gesamtfläche
		1,84 ha	1,49 ha	1,78 ha	0,70 ha	5,81 ha
Unversiegelte Fläche	-	-	-	-	4,65 ha	45 %

Die unversiegelten Bereiche sind mit Wiesen und Gehölzen (Sträucher, Bäume) bewachsen.

3.2 Umgebungsnutzung

Die nördlich des Grundstückes verlaufende Bahnstrecke Heide-Neumünster trennt die ehemaligen Produktionsflächen der Lederfabrik und späteren Kasernenflächen vom Stadtpark/Stadtwald mit überwiegender Freizeit- und Erholungsnutzung.

Östlich und südlich an die Liegenschaft angrenzend bestehen Wohnnutzungen in der Carl- und Schubertstraße.

Südwestlich des Grundstückes verläuft die Färberstraße mit Wohnnutzungen und Nutzungen durch das Gefahrenabwehrzentrum der Stadt Neumünster (u.a. Feuerwehr).

3.3 Historie

Vor der Nutzung als Kaserne (Bau 1934, 1935-1945 Reichswehr, 1945-1958 Royal Army, 1958-2003 Bundeswehr) bestand auf einer Teilfläche der ehemaligen Hindenburg-Kaserne von 1889 – 1929 eine Lederfabrik (Herrmann Sager Lederfabrik). Nach dem Konkurs 1929 erfolgten der Abbruch des Fabrikgebäudes und vermutlich das Planieren des Geländes.

Die früheren Produktionsanlagen der Lederfabrik wiesen Nutzungen mit unterschiedlicher Altlastenrelevanz auf. Als Anlage mit hoher Altlastenrelevanz müssen aufgrund der in den angelieferten Rohhäuten enthaltenen u.a. arsenhaltigen Konservierungsmittel zunächst alle Einrichtungen gelten, in denen im Herstellungsprozess mit wässrigen Flüssigkeiten umgegangen ist (Weichgruben, Gerbgruben, Abwasserbehandlung, Wasserwerkstatt).

Das anfallende Abwasser wurde, nach Vorklärung, in der gesamten Umgebung der Lederfabrik in Rieselfeldern verrieselt. Das hat bereichsweise zu einem flächenhaften Eintrag von Schadstoffe, insbesondere von Arsen, geführt. Die Rieselfelder waren gemäß einem alten Luftbild (siehe Zeitungsartikel im Holsteinischen Kurier vom 29.10.2015) als rechteckige Versickerungsbecken mit relativ niedrigen Wällen ausgeführt. Die Rieselfelder wurden später bereichsweise überbaut, z.T. bereits schon während der Betriebszeit der Lederfabrik. Rieselfeldflächen befanden sich früher im südwestlichen Bereich der Wirtschaftseinheit und im Bereich der nördlichen

Grundstückgrenze. Auch außerhalb des Untersuchungsgebietes (siehe Anlage 2.1) befanden sich Rieselfelder im Umfeld der Lederfabrik, dazu wird auf die Ausführungen von BIG Prof. Burmeier Ingenieurges. mbH, 2014 /4/ verwiesen.

3.4 Geplante Nutzung

Konkrete Pläne zur geplanten Nutzung liegen bisher nicht vor.

3.5 Geologie/Hydrogeologie

3.5.1 Geologie

Die ehemalige Hindenburg-Kaserne befindet sich geologisch im Bereich des weichselkaltzeitlichen Neumünsteraner Sanders. Der Sander besteht hauptsächlich aus Wechsellagerungen von Sanden und Kiesen. Schluffbeimengungen finden sich zumeist erst in größeren Tiefen. Die Basis des Sanders bilden in einer Tiefe von ca. 20 m unterhalb der Geländeoberkante (GOK) schluffigdominierte Beckenablagerungen und Geschiebemergel.

Im Untersuchungsgebiet wurde im Rahmen der vorhergehenden Untersuchungen eine Vielzahl von Bodenaufschlüssen ausgeführt, um die Beschaffenheit der mineralischen Auffüllungen festzustellen.

Im Wesentlichen wurden Auffüllungen, bei durchschnittlichen Mächtigkeiten von 1,2 m, bis max. ca. 2 m (in Gruben- und ehemaligen Produktionsbereichen z.T. bis 3 m) und variierenden Zusammensetzungen aufgeschlossen. Die Auffüllungen sind überwiegend sandig und z. T. mit Ziegel-, Beton- und Schlackeresten durchsetzt. Diese sind z.T. als Reste der Fundamente der Gerbgruben anzusehen. Im westlichen Teil der Liegenschaft ist die Auffüllungsmächtigkeit eher geringer.

In Teilbereichen sind die Fundamente der früheren Produktionsanlagen der Lederfabrik Sager noch im Untergrund vorhanden und stellen in diesen Bereichen Bohrhindernisse dar (ehem. Grubenanlagen [1] vgl. Anlage 2.2 - Nutzungen).

3.5.2 Hydrogeologie

Am Standort sind lt. den vorliegenden Unterlagen (/2/) zwei Grundwasserleiter ausgewiesen. Der obere Grundwasserleiter befindet sich in quartären Sanden und Kiesen, der untere in den örtlich vorhandenen tertiären Braunkohlensanden. Bis in eine Tiefe von 15 m u. GOK wurden Fein- bis Mittelsande aufgeschlossen. Ein Grundwasserstauer wurde bis in diese Tiefe nicht angetroffen.

Bei ca. 20 m unter Gelände wurde in den Bohrungen P26 und P27 (siehe Anlage 4.3) ein lokaler, quartärer Zwischenstauer angetroffen. Laut Schichtenverzeichnis (siehe Gutachten UCL /1/ Anlage 2.2) handelt es sich um einen tonigen Schluff einer glazilimnischen Beckenablagerung. Nachbarbohrungen aus dem Archivbestand der BGR Hannover (siehe Internet: boreholemap.bgr.de) zeigen im Umfeld des Untersuchungsgebietes Geschiebemergel in ähnlicher Tiefenlage, sodass für den Untergrund der Hindenburg-Kaserne von flächenhaft verbreiteten Grundwassergeringleitern an der Basis des 1. Grundwasserleiters (13 – 20 m u. GOK) ausgegangen

werden kann. Die Aufschlüsse weisen den Geschiebemergel mit Mächtigkeiten von 5 bis 15 m aus.

Der zweite Grundwasserleiter wird durch pleistozäne Sande und Kiese sowie unterhalb von etwa 50 m u. GOK durch tertiäre Braunkohlesande gebildet.

Die Grundwasserfließrichtung im oberen GWL verläuft den nach Ergebnissen langjähriger Stichtagsmessungen nach Süden (siehe Abbildung 2).

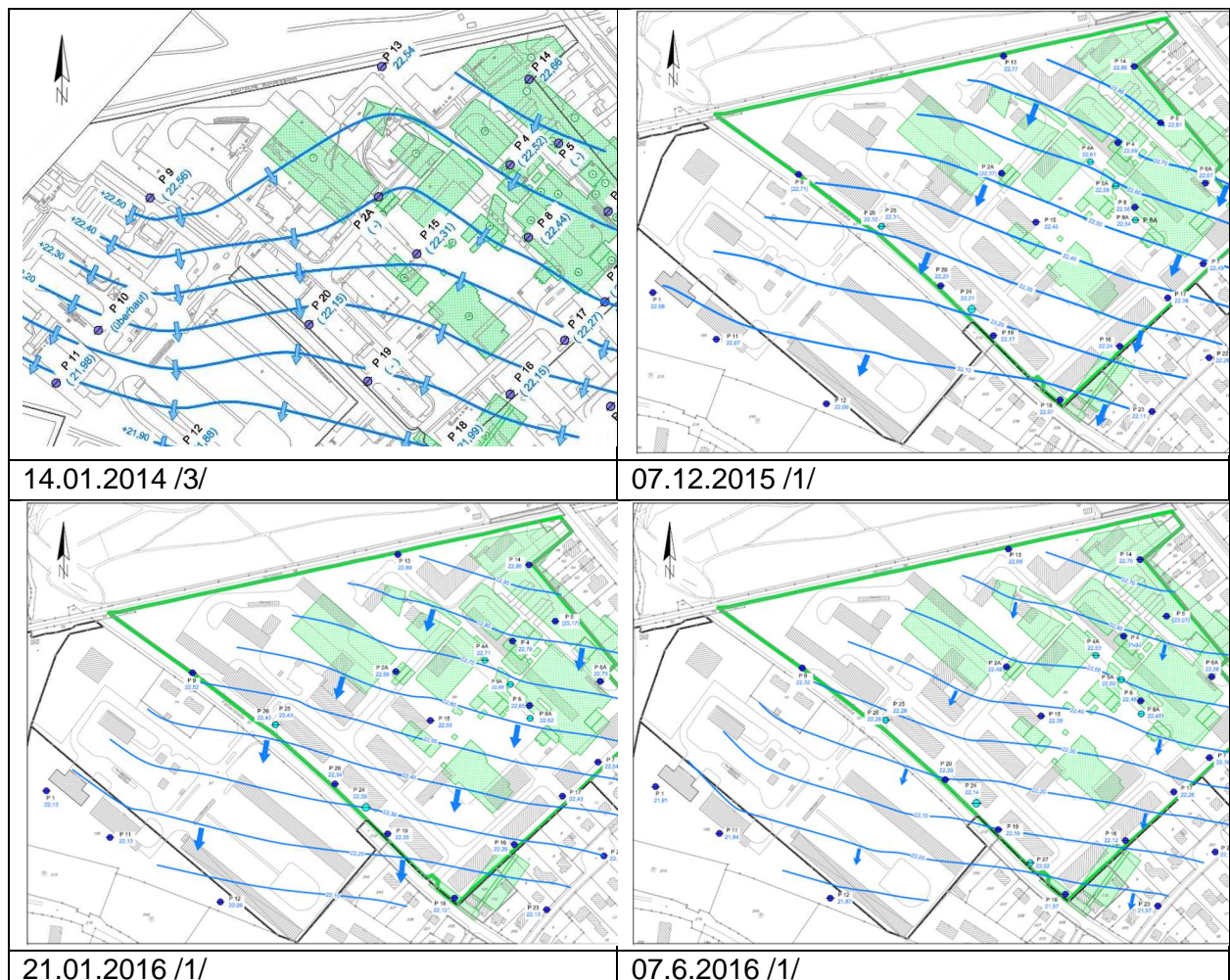


Abbildung 2: Grundwassergleichen Stichtagsmessungen 2014 – 2016 mit südlicher Grundwasserfließrichtung (Quellenverweise siehe Teilabbildung)

Der Grundwasserspiegel differierte von 2014 bis 2016 um ca. 0,2-0,3 m. Das hydraulische Gefälle betrug in diesem Zeitraum zwischen 0,0022 und 0,0025 und unterlag damit nur geringen Veränderungen.

Tiefer reichende Auffüllhorizonte und Grubenbauwerke stehen bei Flurabständen zwischen 2,50 und 3,00 m bereichs- und zeitweise im Kontakt mit dem Grundwasser.

3.6 Kontaminationssituation

Die frühere Nutzung führte zu Schadstoffeinträgen in den Untergrund, wodurch Boden- und Grundwasserverunreinigungen verursacht wurden. Neben Arsenbelastungen wurden lokale Belastungen durch Schwermetalle (u.a. Chrom), PAK und MKW / BTEX nachgewiesen (siehe Kap. 3.6.1 und 3.6.2).

Resultierend aus der Nutzung als Kaserne kam es im Bereich der ehemaligen Wartungshalle in Geb. 22 (KVF 5) zu vergleichsweise geringfügigen Einträgen von Mineralölkohlenwasserstoffen (KW) und (BTEX-) Aromaten.

Auf dem Gesamtgelände liegen Belastungen durch Milzbrandsporen vor. Im Ergebnis einer Grundlagenermittlung wurden folgende Kontaminationsbereiche (siehe Anlage 2.2) herausgearbeitet und im Zuge der Detailuntersuchung zur Ausräumung von Kenntnisdefiziten untersucht.

- 1) Bereich A – Gerbgruben
- 2) Bereich B – Wasserwerkstatt / Kläranlage
- 3) Bereich C – Schlammbereiche (Rieselflächen, Schlammbugger)
- 4) Bereich D – Auffüllungen am Standort

3.6.1 Boden

Auf dem Grundstück erfolgten in der Vergangenheit umfangreiche Bodenuntersuchungen. Die Ergebnisse der Detailuntersuchung können der Unterlage /1/ entnommen werden. Zusammengefasst lässt sich die Belastungssituation im Boden wie folgt darstellen:

Arsen

Als Hauptschadstoff am Standort ist Arsen anzusehen. Dieses stammt ursprünglich aus der Konservierung der Rohhäute und gelangte infolge der Aufarbeitung bei der Lederherstellung über die Abwasserentsorgung bzw. aus rückbaubedingten Emissionen in die Umwelt.

Die Verteilung der Arsenbelastungen ist inhomogen und überwiegend nicht mit früheren Nutzungen zu korrelieren (siehe Anlagen 3.1 und 3.2). Eine Häufung erhöhter Arsenbelastungen besteht in Bereichen, die während der Nutzungsperiode „Lederfabrik“ im Zusammenhang mit der Abwasseraufbereitung, -ableitung und Verrieselung standen. Die höchsten Arsenbelastungen wurden örtlich im Verdachtsbereich C - Schlammbereiche (Rieselflächen, Schlammbugger) nachgewiesen. Die höchsten Belastungen wurden horizontbezogen in den Auffüllungen analysiert (siehe Anlage 3.5), jedoch weisen auch unterlagernde gewachsene Böden erhöhte Arsenbelastungen auf (siehe Anlage 3.6). Zumindest teilweise ist ein Eintrag auch über belastetes und am Standort verbliebenes Rückbaumaterial anzunehmen. Dieses zeigt sich als Bauschuttanteil in den Auffüllungen.

Die Arsenkonzentrationen nehmen im ungesättigten Boden zur Tiefe hin überwiegend ab. In Tiefen unterhalb von 2 m sind nur vereinzelt Belastungen > 50 mg/kg As nachgewiesen worden (siehe Anlage 3.3).

Eluatuntersuchungen auf Arsen zeigen, dass in Abhängigkeit von der Höhe der Belastung im Boden Arsen auch eluiert werden kann. Eine lineare Korrelation ist jedoch nicht möglich. Mitunter weisen Proben geringe Feststoffkonzentrationen auf und zeigen im Eluat vergleichsweise hohe Belastungen. Auch gegenteilige Effekte sind zu beobachten. Hier bestehen vermutlich Differenzen in den Bindungsverhältnissen. Grundsätzlich ist bei Sickerwassereintrag eine Elution aus dem ungesättigten Bodenkörper wahrscheinlich, die letztendlich auch zu einem Eintrag in den Grundwasserkörper führt.

Mit der stichprobenartigen Untersuchung von nachweislich arsenbelasteten Proben sollte mittels sequentieller Extraktion nach Zeien und Brümmer /18/ geklärt werden, welche Bindungsformen die Arsenverbindungen im Boden aufweisen, um deren Mobilität zu bewerten. Die im Regelfall der Schwermetallanalytik durchgeführte Extraktion mit Königswasser löst alle Bindungen, was im natürlichen Bereich aber unwahrscheinlich ist. Die Untersuchung von Eluaten stellt lediglich auf den Einfluss von Wasser ab und lässt Änderungen im physikochemischen Milieu unberücksichtigt. Die Ergebnisse der sequentiellen Extraktion geben daher Hinweise auf die maßgeblichen Bindungsverhältnisse im Sediment.

Tabelle 2: Ergebnisse der sequentiellen Extraktion an ausgewählten Bodenproben

Fraktion	Bindungsform	Bohrung D 25 Probe 94 (0,15-1,00 m)		Schurf V Probe 272 (1,40-1,90 m)		Bohrung C 27 Probe 139 (0,10-0,90 m)	
		Arsen		Arsen		Arsen	
		mg/kg TS	%	mg/kg TS	%	mg/kg TS	%
Konzentration in der Originalprobe		321		182		174	
1. Mobile Fraktion	wasserlösliche und austauschbare Schwermetalle sowie leicht lösliche metallorganische Komplexe	1,28	0,8	1,26	1,0	9,13	8,0
2. Leicht nachlieferbare Fraktion	spezif. adsorbierte, oberflächennah okkludierte und an CaCO ₃ gebundene Formen sowie metallorganische Komplexe geringer Bindungsstärke	3,07	1,8	3,61	2,9	7,25	6,4
3. In Mn-oxiden okkludierte Fraktion	restliche spezifisch adsorbierte Formen und geringe Anteile organisch gebundener Metalle	5,43	3,3	7,55	6,1	6,37	5,6
4. organisch gebundene Fraktion	organisch gebundene Fraktion	33,3	20,0	27,8	22,4	15,6	13,7
5. In schlecht kristallinen Fe-Oxiden okkludierte Fraktion	an schlecht kristallinen Fe-Oxiden gebundene Fraktion	120,0	72,2	74,6	60,1	69,3	60,8
6. In kristallinen Fe-Oxiden okkludierte Fraktion	an kristallinen Fe-Oxiden gebundene Fraktion	3,07	1,8	7,57	6,1	6,36	5,6
7. Residual gebundene Fraktion	Gesamtgehalte	< 1	0,0	1,64	1,3	< 1	0
	Σ	166,15		124,03		114,01	

Das Verfahren der sequentiellen Extraktion beruht auf einer Behandlung mit verschiedenen Extraktionslösungen, deren chemische Aggressivität im Verlauf der Extraktionen zunimmt. Dadurch werden die Bindungsformen von Schwermetallen (SM) im komplexen und heterogenen Bodensystem differenziert und nach Fraktionen aufgeschlüsselt. Da das Verfahren pH- und zeitabhängig ist, muss auf die Einstellung des pH-Wertes der Extraktionslösung und die Einhaltung der Behandlungszeiten geachtet werden /18/.

Für die sequentielle Extraktion wurde pro Kontaminationsbereich (außer A) eine Probe aus dem ungesättigten Boden ausgewählt, die vergleichsweise hohe Arsengehalte aufwies.

Die Ergebnisse der sequentiellen Extraktionen wiesen übereinstimmend aus, dass die im Boden der autoklavierten Proben vorhandenen Arsenverbindungen zu 74 – 92 % an die organische bzw. schlecht kristalline Eisenoxid-Fraktion gebunden sind. Auffällig ist jedoch auch, dass die Summe der Fraktionen deutlich niedriger ist und damit abweicht von den Arsen-Konzentrationen in der jeweiligen Originalprobe, woraus sich auf verfahrensbedingte Verluste schließen lässt.

PAK

Im Bereich ehemaliger Gerbgruben an der östlichen Grundstücksgrenze wurden auf einem benachbarten Grundstück in Sondierung C4 mit 57.061 mg/kg PAK stark erhöhte PAK-Belastungen festgestellt. Neben PAK-Belastungen aus verbliebenen Produktionsrückständen kamen als Ursache auch schadstoffhaltige Baustoffe in Frage (teerhaltige Dichtungsschichten im Bereich von gemauerten Gruben). Auf dem Untersuchungsgrundstück wurden in Sondierung C617C682 PAK-Konzentrationen von 4.842 mg/kg nachgewiesen.

Milzbrandsporen

Auf der gesamten Grundstücksfläche der Wirtschaftseinheit besteht ein erhöhtes Risiko, virulente **Milzbrandsporen** im Untergrund anzutreffen. Laut Gutachten der Burmeier Ingenieurgesellschaft GmbH „Gefährdungsabschätzung für die ehemalige Lederfabrik Sager in Neumünster“ (Oktober 2011) /4/ wurde festgestellt, dass milzbrandrelevante Nutzungen auf der Produktionsfläche der ehemaligen Lederfabrik Sager bestanden und innerhalb des Flurstücks 59 verlagert wurden.

Schurfuntersuchungen

Die Ergebnisse von Schurfuntersuchungen der ehemaligen Gerbgruben lassen sich wie folgt zusammenfassen (Dokumentation siehe /1/):

- Die Fundamente der ehemaligen Gerbgruben wurden beim Rückbau gemäß den stichprobenartigen Befunden nur oberflächennah abgebrochen. Die Fundamente der Gerbgruben sind ab einer Tiefe von ca. 1,40 bis 1,50 m bis ca. 3,00 m u. GOK vermutlich überwiegend im Untergrund verblieben und wurden bei den Schurfuntersuchungen angetroffen. Z.T. sind die Grubensohlen noch vorhanden, z.T. nicht mehr.
- Im Schurf IV wurde eine organische Ablagerung an der Grubensohle bei einer Tiefe von 1,4-2,15 m u. GOK (ehem. Gerbschlamm) angetroffen, die gegenüber anderen Schurfproben erhöhte Gehalte an Blei (268 mg/kg) und Kupfer (438 mg/kg) aufweist. Es ist

zumindest bereichsweise von Restinhalten von Schlämmen in den früheren Grubenbauwerken auszugehen.

- Im Bereich der Wasserwerkstatt / Kläranlage wurden im Schurf V noch Klärschlammablagerungen angetroffen, die z.T. mit Staunässe auf dem Baustoff der Sohlplatte im Kontakt stehen. In den Grubeninhalten der mit Schurf V angeschnittenen Grube wurden erhöhte Chromgehalte (1.100 bis 3.460 mg/kg) nachgewiesen. Die Arsen- und PAK-Konzentrationen sind ebenfalls erhöht, liegen jedoch nicht in der Größenordnung der Bodenbelastungen aus dem Bereich C (z.B. KRB C35) vor.
- In dem benachbarten Schurf VI wurde kein Grubenbauwerk angetroffen. Der Boden der Auffüllung wies allerdings Arsen-Konzentrationen von 85,5 mg/kg auf.

3.6.2 Grundwasser

Auf dem Grundstück erfolgten Grundwasseruntersuchungen auf die standorttypischen Schadstoffe Schwermetalle einschl. Arsen und PAK. Die Ergebnisse der Detailuntersuchung können der Unterlage /1/ entnommen werden. Einen Überblick über Arsenbelastungen aus Messungen 2015/2016 im Grundwasser gibt Anlage 3.4.

Das aktuelle Grundwassermessnetz umfasst 20 Pegel, davon 2 im tieferen Bereich des Grundwasserleiters (P26, P27). Neben einem Anstrompegel (P13) sind 9 Pegel Abstrompegel zur Beurteilung des Abstromes vom Grundstück. Da die Grundwasserfließrichtung über längere Zeit relativ konstant nach Süden bis Südsüdwest zeigt, wird mit dem vorhandenen Messnetz der Grundwasserabstrom vom Grundstück in ausreichendem Maße durch Grundwassermessstellen erfasst.

Zur Bewertung wurde der Geringfügigkeitsschwellenwert GFS (LAWA) von 2004 herangezogen. Mittlerweile liegen neue Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) aus dem Jahr 2016 vor /21/. Diese wurden für die Bewertung nicht berücksichtigt, da diese zum Zeitpunkt der technischen Untersuchungen (2015/2016) noch keine Gültigkeit hatten und daher bei der Methodenauswahl nicht berücksichtigt werden konnten. Die Bestimmungsgrenze der Analytik für Arsen lag mit 5 µg/l für die vorliegende Untersuchung oberhalb des GFS 2016 von 3,2 µg/l, sodass eine Abgrenzung zur Anstrombelastung schwierig ist. Der GFS 2016 für Arsen (3,2 µg/l) liegt auch deutlich unter dem humantoxikologisch begründeten Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 10 µg/l. Ähnlich stellt sich die Situation für Kupfer dar. Die Bestimmungsgrenze für Kupfer lag mit 5 µg/l im Bereich des GFS 2016 für Kupfer von 5,4 µg/l, so dass auch hier eine Abgrenzung der Belastung anhand des GFS 2016 nur bedingt möglich ist.

Tabelle 3: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen (Auswahl); rot – Überschreitung Geringfügigkeitsschwellenwert gemäß LAWA 2004

	Einheit	P 2A	P 4A	P 5A	P 6A	P 7	P 8	P 8A
Position		Bereich C Schlamm-bagger	Abstrom Bereich A Gerbgruben		Bereich B	Seitenstrom Bereich B	Bereich B	Abstrom Bereich B
Filter von - bis	m uGOK	3 - 7	2 - 7	2 - 7	3 - 7	2,4 – 6,4	2,3 - 6,3	2 - 7
Arsen								
27.11.2015	µg/l		< 5	13,8				6,93
22.01.2016	µg/l	5,24	< 5	6,88	< 5	12,2	10,4	13,7
08.06.2016	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	9,54	< 5	5,85
Kupfer								
27.11.2015	µg/l		< 3	< 3				< 3
22.01.2016	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
08.06.2016	µg/l	< 5	9,25	31,2	5,27	711	19,7	6,08
Σ PAK								
22.01.2016	µg/l	k.S.	k.S.	0,021	1,50	k.S.	k.S.	k.S.
08.06.2016	µg/l	k.S.	k.S.	k.S.	1,32	k.S.	k.S.	0,036

	Einheit	P 9	P 13	P 14	P 15	P 16	P 17	P 18
Position		Abstrom WE	Anstrom WE	Bereich A	Bereich C Schlamm-bagger	Abstrom WE	Abstrom B, WE	Abstrom WE
Filter von - bis	m uGOK	2,4 – 6,4	2,4 – 6,4	2,4 – 6,4	2,5 – 6,5	2,4 – 6,4	2 – 7	2 - 7
Arsen								
22.01.2016	µg/l	< 5	< 5	< 5	99,5	< 5	16,8	11,0
08.06.2016	µg/l	< 5	< 5	< 5	76,2	< 5	13,3	< 5
Kupfer								
22.01.2016	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
08.06.2016	µg/l	8,46	6,83	9,97	13,4	< 5	5,56	< 5
Σ PAK								
22.01.2016	µg/l	0	0	0	0	0,063*	11,1	0,047
08.06.2016	µg/l	0	0	0	0	0	5,81	0,023

	Einheit	P 19	P 20	P 24	P 25	P 26	P 27
Position		Abstrom WE	Abstrom WE	Abstrom WE	Abstrom WE	Abstrom WE tief	Abstrom WE tief
Filter von - bis	m uGOK	2 – 7	3 - 7	1,7 – 6,7	2 - 7	16,5 – 20,2	17,2 – 20,2
Arsen							
27.11.2015	µg/l			< 5	< 5	6,26	
22.01.2016	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	6,39	
08.06.2016	µg/l	< 5	< 5	6,08	< 5	< 5	< 5
Kupfer							
22.01.2016	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	45,5*
08.06.2016	µg/l	< 5	7,20	< 5	108	< 5	< 5
Σ PAK							
22.01.2016	µg/l	0,033	0,021	0,024	0	0,017	
08.06.2016	µg/l	0,015	k.S.	k.S.	k.S.	k.S.	0,021

k.S. Keine Summenbildung, da Einzelwerte unter BG,

* Probenahme 20.04.2016

Im Abstrom der Liegenschaft (WE) über die Grundstücksgrenzen im SE und SW wurden in den bisherigen Messungen (1994 – 2017) lediglich geringfügige Überschreitungen des Geringfügigkeitsschwellenwertes 2004 von Arsen ($10 \mu\text{g/l}$) bis max. $16,8 \mu\text{g/l}$ Arsen gemessen. Lediglich auf einer Teilfläche innerhalb des Grundstückes (Bereich ehem. Schlammagger im Bereich C) mit höheren Arsenbelastungen im Boden liegen mit $99,5$ bzw. $76,2 \mu\text{g/l}$ höhere Arsen-Konzentrationen im Grundwasser vor. Diese haben lokalen Charakter (P15).

Die teilweise im Grundwasser festgestellten PAK-Befunde werden überwiegend zurückgeführt auf Einflüsse aus Auffüllungen, Restinhalten von Grubenbauwerken (Bereich Wasserwerkstatt / Kläranlage) und die teerhaltigen Abdichtungen der früheren Grubenbauwerke der ehemaligen Gerbgruben und der Wasserwerkstatt. Es handelt sich überwiegend um Belastungen durch Acenaphthen, Fluoranthen und Pyren. In geringen Konzentrationen wurde PAK, hier Acenaphthen, im tiefen Pegel P27 mit $0,021 \mu\text{g/l}$ gemessen.

Bei den letzten Messungen im Juni 2016 (und April 2016 bei P27) waren bisher einmalig z.T. erhöhte Kupfergehalte in mehreren Messstellen gemessen worden, z.B. P7 mit $711 \mu\text{g/l}$. Die Ursache dafür ist bisher ungeklärt. Diese Konzentrationen sind aus dem Konzentrationsverlauf der bisherigen Messungen als unplausibel einzuschätzen, sollten jedoch noch einmal verifiziert werden.

4 GEFAHRENBEURTEILUNG

4.1 Allgemeines

Der Handlungsbedarf zur Durchführung von Gefahrenabwehrmaßnahmen hängt in erster Linie von dem von einer Altlast ausgehenden Gefährdungspotential für die Gesundheit des Menschen sowie für die natürlichen Schutzgüter Luft, Oberflächen- und Grundwasser, ab.

In der Praxis stehen dabei die Gefährdung der Gesundheit des Menschen und des Schutzgutes Grundwasser meist an erster Stelle. Das Gefährdungspotential wird im Wesentlichen durch folgende Faktoren bestimmt:

- Eigenschaften der vorhandenen Schadstoffe (Migrationsverhalten, ökotoxische Wirkung, Bioverfügbarkeit u. a.);
- Ausbreitung der Schadstoffe in Atmosphäre, Pedo- und Hydrosphäre;
- Objekte, die von der Altlast berührt werden (Flächennutzung, Nutzung/Bewirtschaftung des Grund-/Oberflächenwassers).

Außerdem ist von Bedeutung, wie und in welchem Ausmaß die o. g. Schutzgüter mit den vorhandenen Schadstoffen in Kontakt treten (Exposition). Die Einwirkung der Schadstoffe auf die Schutzgüter zu quantifizieren ist Aufgabe der Gefährdungsabschätzung.

4.2 Milzbrandproblematik

Auf dem gesamten Standort bestehen, resultierend aus der früheren Nutzung als Lederfabrik, Risiken für die menschliche Gesundheit durch die nachgewiesene Anwesenheit virulenter Milzbrandsporen.

Infektionen des Menschen können potentiell über drei Übertragungswege erfolgen:

- Hautkontakt (Krankheitsbild Hautmilzbrand)
- Einatmen (Krankheitsbild Lungenmilzbrand)
- Verschlucken (Krankheitsbild Darmmilzbrand)

Unter den drei genannten Formen kommt dem Hautmilzbrand mit über 90 % der Fälle die Hauptrolle zu /12/, /1/.

Befunde aus durchgeführten Milzbranduntersuchungen /4/ wiesen das Vorkommen von virulenten Milzbrandsporen am Standort nach.

4.3 Stoffeigenschaften Arsen

Neben einer Belastung mit Milzbrandsporen sind als Hauptschadstoff auf dem Grundstück arsenhaltige Verbindungen anzusehen.

Arsen tritt in 4 Oxidationsstufen auf (As^{3-} , As^0 , As^{3+} und As^{5+}).

Arsen tritt im menschlichen Organismus als Spurenelement auf. Lösliche Arsenverbindungen werden leicht über den Magen-Darm-Trakt aufgenommen und innerhalb von 24 Stunden im Körper verteilt.

Organische Arsenverbindungen verlassen den menschlichen Körper fast unverändert innerhalb von zwei bis drei Tagen über die Nieren. Anorganische Arsenverbindungen werden in der Leber zu Monomethylarsonsäure (MMAA) und Dimethylarsinsäure (DMAA) umgewandelt und anschließend ebenso über die Nieren ausgeschieden.

Dreiwertige lösliche Verbindungen des Arsens sind hoch toxisch, weil sie biochemische Prozesse wie die DNA-Reparatur, den zellulären Energiestoffwechsel, rezeptorvermittelte Transportvorgänge und die Signaltransduktion stören.

Anionisches Arsen tritt als Arsenit ($[\text{AsO}_3]^{3-}$) und Arsenat ($[\text{AsO}_4]^{3-}$) in vielen Ländern, besonders in Asien, im Grundwasser in hohen Konzentrationen auf, was zu chronischen Arsenvergiftungen in der Bevölkerung führt. Eine chronische Arsenbelastung kann Krankheiten der Haut und Schäden an den Blutgefäßen hervorrufen, was zum Absterben der betroffenen Regionen, sowie zu bösartigen Tumoren der Haut, Lunge, Leber und Harnblase führt.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfiehlt seit 1992 einen Grenzwert für Arsen im Trinkwasser von 10 $\mu\text{g/l}$ pro Liter. In der gültigen Trinkwasserverordnung (TrinkwV) ist dementsprechend ein Grenzwert für Arsen in Höhe von 10 $\mu\text{g/l}$ festgelegt. Der Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS) wurde gemäß LAWA 2016 mit 3,2 $\mu\text{g/l}$ (LAWA 2004: 10 $\mu\text{g/l}$) festgelegt.

Metallisches Arsen dagegen zeigt wegen seiner Unlöslichkeit nur eine geringe Giftigkeit, da es vom Körper kaum aufgenommen wird ($\text{LD}_{50} = 763 \text{ mg/kg}$ Ratte, oral). Es sollte aber, da es sich an der Luft leicht mit seinen sehr giftigen Oxiden wie dem Arsenik überzieht, stets mit größter Vorsicht behandelt werden.

Arsenverbindungen (z.B. Arsen(III)-oxid, Arsen(V)-oxid) werden als karzinogen, Kat. 1A eingestuft. Es gelten stoffspezifische Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) entsprechend der TRGS 561.

Das Migrationsverhalten von Arsen im Untergrund wird bestimmt durch Transformationsprozesse, die sowohl durch Redoxprozesse als auch durch mikrobielle Aktivität hervorgerufen werden. Unter natürlichen Verhältnissen schwankt das Verhältnis von As^{5+} und As^{3+} aufgrund komplexer Prozesse im Aquifer beträchtlich. Unter aeroben Bedingungen läuft die Oxidation von As^{3+} mit gelöstem Sauerstoff als einziges Oxidationsmittel langsam ab, wird jedoch durch Eisen und Mangan rapide beschleunigt /13/.

In /13/ wird u.a. herausgearbeitet, dass an Eisenverbindungen im Aquifer adsorbiertes Arsen durch mikrobielle Reduktionsprozesse freigesetzt werden (Re-Adsorption) und an anderer Stelle auch wieder an Fe-/Mn-Mineralen adsorbiert werden kann, in Abhängigkeit von den Milieubedingungen. Letztendlich bestimmt ein komplexes Zusammenspiel von biotischen und abiotischen Faktoren die Reduktion von Fe^{3+} , welches als Konkurrenzreaktion die Freisetzung bzw. Rückhaltung von Arsen induziert /13/.

Untersuchungen des Umweltbundesamtes im Tiermodell an ausgewählten Schadstoffen belegen für Arsen eine „relative Bioverfügbarkeit“ um 20%, die gegenüber anderen Verbindungen (insbesondere anderen Schwermetallen) als hoch anzusehen ist.

Untersuchungen zur Pflanzenverfügbarkeit von Arsen zeigen, dass Pflanzen in der Umgebung ihrer Wurzeln nicht nur den pH-Wert des Bodens stark verändern, z.B. um bei Nitrat- oder Ammoniumernährung die Kationen-Anionen-Bilanz auszugleichen, sondern auch durch Abgabe von organischen Säuren Phosphat- oder Eisenionen im Boden mobilisieren können. Es konnte die Bildung von As^{3+} in der Rhizosphäre nachgewiesen werden /16/, die zu einer verbesserten Pflanzenverfügbarkeit und der Aufnahme in die Pflanze führten.

Für die übrigen auf dem Grundstück in vergleichsweise als geringfügig erhöht einzuschätzenden Konzentrationen vorliegenden Stoffen ist eine Gefahrenbeurteilung mangels Relevanz entbehrlich.

4.4 Wirkungspfade

Grundsätzlich sind die Wirkungspfade

- Boden → Mensch (Direktpfad)
- Boden → Bodenluft → Mensch
- Boden → atmosphärische Luft → (Staub) → Mensch
- Boden → Nutzpflanze → Mensch
- Boden → Grundwasser → Trinkwasser → Mensch
- Boden → Oberflächenwasser (→ Mensch)
- Boden → Oberflächenwasser (→ aquatische Lebensgemeinschaft)

zu betrachten.

4.4.1 Wirkungspfad Boden → Mensch (Direktpfad)

Einleitend ist zu erwähnen, dass für die Beurteilung des Direktpfades Boden – Mensch nur die obersten 35 cm gemäß BBodSchV für Wohngebiete ausschlaggebend sind. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Zielstellung der Bodenuntersuchungen insbesondere die laterale und vertikale Abgrenzung der Schadstoffbelastung darstellte und nicht gesondert auf die Untersuchung des Wirkungspfades Boden-Mensch ausgelegt war. Eine spezifische Untersuchung der obersten 35 cm gem. BBodSchV liegt nicht vor.

Für den Wirkungspfad Boden → Mensch ist außerdem von Bedeutung, dass auf dem Standort virulente Milzbrandsporen nachgewiesen wurden.

Der Wirkungspfad Boden → Mensch (Direktpfad) ist für die zukünftige Nutzung relevant und muss für die Konzeption der Nachnutzung Berücksichtigung finden.

4.4.2 Wirkungspfad Boden → Bodenluft → Mensch

Schadstoffe mit hohem Dampfdruck werden in die Bodenluft freigesetzt und breiten sich in der gut bis mäßig durchlässigen ungesättigten Bodenzone aus. Sie können die im Porenraum befindliche Luft verdrängen und zu Belastungen von Luft von Räumen im Einflussbereich der Kontamination mit leichtflüchtigen Schadstoffen führen.

In früheren Nutzungsbereichen (hier: KFZ-Wartungsgruben innerhalb der Wartungshalle, Gebäude 22, Sondierung BS5/3) wurde in der Untersuchung von IGUBAC /9/ lokal ein positiver BTEX-Befund von 25 mg/m³ in der Bodenluft im Zusammenhang mit einer MKW-Belastungen festgestellt.

Am Standort der Hindenburg-Kaserne wurden keine leichtflüchtigen Schadstoffe in Konzentrationen nachgewiesen, die zu einer Raumluftbelastung führen können. Die bestehenden lokalen, geringen Belastungen durch BTEX im Bereich BS 5/3 liegen unterhalb des empfohlenen Maßnahmeschwellenwertes gemäß LAWA 1993 von 50 mg/m³ /19/ und sind hinsichtlich Ihrer Konzentrationshöhe nicht gefahrenrelevant.

4.4.3 Wirkungspfad Boden → Nutzpflanze → Mensch

Aufgrund der gegenwärtig fehlenden Nutzung des Grundstückes ist der Wirkungspfad Boden → Nutzpflanze → Mensch am Standort nicht relevant.

Zukünftig sind wegen der Belastungen des Standortes mit Milzbrandsporen Eingriffe in den Boden, wie sie bei einer gärtnerischen Nutzung üblich sind, auszuschließen.

4.4.4 Wirkungspfad Boden → Grundwasser → (Oberflächenwasser) → Mensch / aquatische Umwelt

Der Wirkungspfad Boden → Grundwasser → (Oberflächenwasser) → Mensch / aquatische Umwelt ist für den Standort ohne Relevanz, da keine Oberflächengewässer im näheren Umfeld des Standortes vorhanden sind. Nächstgelegenes Oberflächengewässer im Abstrom ist die Schwale in einer Entfernung von ca. 2 km.

4.4.5 Wirkungspfad Boden → Grundwasser

Für den Boden mit seinen schützenswerten Bodenfunktionen im Sinne des BBodSchG gilt derzeit, dass dieser stark erhöhte Belastungen hauptsächlich mit Arsen aufweist, die seine Funktion als „Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium“ auf Grund der beeinträchtigten Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften beeinträchtigen.

Der Wirkungspfad Boden → Grundwasser ist aktiv und für die zukünftige Nutzung zu berücksichtigen.

4.5 Gefährdung der menschlichen Gesundheit

Oberstes Schutzgut ist die menschliche Gesundheit. Für die Gefährdung des Schutzgutes menschliche Gesundheit sind grundsätzlich folgende Transferpfade am Standort zu betrachten:

Schadstoff im **Boden** → **Bodenluft** → **Luft** → (**Staub**) → **Mensch**

Schadstoff im **Boden** → **direkter Kontakt** → **Mensch**

Schadstoff im **Grundwasser** → **Trinkwasser** → **Mensch**

Istzustand

Aufgrund der Tatsache, dass derzeit das Gelände

- zu einem großen Anteil (55%) versiegelt ist,
- gegenüber unbefugtem Betreten durch Umzäunung gesichert ist,
- nicht genutzt wird,

ist eine Gefährdung des Schutzgutes menschliche Gesundheit über den Pfad Boden - Luft - Mensch (inhalative Aufnahme) bzw. Boden – direkter Kontakt - Mensch nach derzeitigem Kenntnisstand nicht zu besorgen.

Der festgestellte Grundwasserschaden liegt außerhalb von Wassergewinnungsanlagen und entsprechenden Schutzzonen, so dass gegenwärtig keine Gefährdung für den Menschen über den Pfad Grundwasser - Trinkwasser – Mensch besteht. Bestehende Nutzungseinschränkungen sind derzeit nicht bekannt.

Zukünftige Nutzung

Werden im Bereich des Untersuchungsgeländes Erkundungs-, Probenahme- oder Tiefbauarbeiten durchgeführt, besteht die Möglichkeit einer Gesundheitsgefährdung des Menschen durch Exposition mit dem kontaminierten Medium Boden (Milzbrandsporen, Schwermetalle, insbesondere Arsen, bereichsweise weitere Schadstoffe wie z.B. PAK).

Im Rahmen von Tiefbauarbeiten sind gemäß den Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz „Kontaminierte Bereiche“ (DGUV 101-004) der BG Bau bzw. TRGS 524 entsprechende Sicherheitsvorkehrungen zu treffen, die in einem Arbeits- und Sicherheitsplan (ASi-Plan) zu regeln sind. Dies betrifft den Umgang mit Expositionen gegenüber Milzbrandsporen und Arsen.

In Abhängigkeit von der geplanten Nutzung und der zukünftigen Bebauungssituation ist entstehenden Gefährdungen des Schutzgutes menschliche Gesundheit (Direktkontakt) durch entsprechende Maßnahmen (Überdeckung, Versiegelung, ggf. Dekontamination) zu begegnen.

4.6 Gefährdung des Grundwassers

Bei der Bewertung einer Grundwassergefährdung ist grundsätzlich der Boden als Schadstoffquelle für das Grundwasser gemäß BBodSchG zu berücksichtigen. Folgende Ausbreitungspfade sind für den Standort von Bedeutung:

Schadstoff im **ungesättigten Boden** → **Sickerwasser** → **Grundwasser**
(gemäß BBodSchG)

Istzustand und zukünftige Nutzung

Für den **Boden** mit seinen schützenswerten **Bodenfunktionen** im Sinne des BBodSchG gilt derzeit, dass der Boden Belastungen aufweist, die seine Funktion als „Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch **zum Schutz des Grundwassers**“ **beeinträchtigen**.

Bodenuntersuchungen zeigen, dass derzeit im ungesättigten Boden ein Schadstoffnachlieferungspotential für Arsen vorhanden ist.

Als Grundwasserleiter treten im Untersuchungsgebiet holozäne und pleistozäne, kiesige Sande in Erscheinung. Entsprechend der aufgrund der Lithologie abgeleiteten k_f -Werte (1×10^{-4} bis 1×10^{-5}

m/s) besitzt der Grundwasserleiter eine gute Durchlässigkeit. Der Grundwasserflurabstand, und damit die Mächtigkeit der ungesättigten Zone, liegt bei ca. 2,50 - 3,00 m.

Der Grundwasserleiter ist mit mindestens 15 - 20 Metern relativ mächtig. Es fehlen aushaltende oberflächennahe schützende Grundwassernichtleiter. Erst in Tiefen um 20 m u. GOK sind Grundwassergeringleiter vorhanden.

Fazit:

Auf dem Grundstück selbst lassen die analytischen Befunde erkennen, dass ebenfalls ein Potential für die Mobilisierung von Arsenbelastungen über den nach BBodSchG relevanten Pfad

ungesättigter Boden → Sickerwasser → Grundwasser

besteht.

Für die am Standort abgelagerten Auffüllungen und vorhandenen Böden ist aus Eluatuntersuchungen ein Mobilisierungspotential für das Schwermetall Arsen belegt. Untersuchungen belegen auf dem Standort lokal im Bereich der GWM P15 erhöhte Konzentrationen von Arsen im Grundwasser. Im Abstrom der Liegenschaft über die Grundstücksgrenzen im SE und SW wurden in den bisherigen Messungen (1994 – 2017) nur geringfügige Überschreitungen des Geringfügigkeitsschwellenwertes von Arsen (10 µg/l (LAWA 2004) bzw. 3,2 µg/l (LAWA 2016) bei Konzentrationen bis max. 16,8 µg/l Arsen gemessen.

Unter den derzeitigen Standortverhältnissen (Versiegelungsgrad, Vegetation) führen trotz langfristiger Exposition seit mindestens 88 Jahren Arsenbelastungen im Boden nicht zu relevanten Belastungen im Abstrom des Grundstückes.

Für die zukünftige Entwicklung ist bei Beibehaltung oder Vergrößerung der Versiegelung am Standort keine grundlegende Verschlechterung des Grundwasserzustandes in Hinblick auf die Arsenbelastungen zu erwarten. Dies schließt die Höhe und Verbreitung der gegenüber geogenen Verhältnissen erhöhten Arsenkonzentrationen ein.

Angesichts der geringen Überschreitung des Geringfügigkeitsschwellenwertes wird der derzeitige Zustand als tolerabel eingeschätzt.

In Verbindung mit der unter Punkt 5 empfohlenen Nutzungseinschränkung für das Grundwasser wird die Durchführung von regelmäßigen Überwachungen des Grundwassers an ausgewählten Grundwassermessstellen mittels analytischem Grundwassermonitoring in angemessenen Abständen (aller 3 – 5 Jahre, bei Eingriffen in das hydraulische Regime bzw. bei Entsiegelungen ggf. in kürzeren Abständen).

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DAS NUTZUNGSKONZEPT

Die zukünftige Nutzung der Liegenschaft hat die Standorthistorie und die dadurch induzierten Standortbedingungen zu berücksichtigen. Eine vollständige Beseitigung der Boden- und Grundwasserbelastungen im Sinne der Wiederherstellung eines unbelasteten Zustandes ist zwar technisch möglich, jedoch angesichts der Standortbedingungen (Größe, Schadstoffverteilung) sowie der fehlenden akuten Gefährdung der menschlichen Gesundheit weder ökologisch sinnvoll noch wirtschaftlich vertretbar. Für die zukünftigen Nutzungsmöglichkeiten der Fläche ergeben sich jedoch bestimmte Anforderungen bzw. Restriktionen, die grundsätzlich bei den Planungen zu berücksichtigen sind. Diese werden nachfolgend erläutert:

1. Aufgrund der Belastungssituation insbesondere mit Arsen im ungesättigten Boden ist für jedwede zukünftige Nutzung der bestehende hohe Versiegelungsgrad zu erhalten. Ein höherer Versiegelungsgrad ist wünschenswert.
2. Ein Direktkontakt Mensch → Boden ist wegen der Belastung der gesamten Fläche mit Milzbrandsporen und Arsen zukünftig sicher auszuschließen. In Abhängigkeit von der Nutzung sind Freiflächen zur dauerhaften Unterbrechung des Wirkpfades durch Bodenaustausch und/oder Abdeckung mit unbelastetem Material zu sichern.
3. Nutzgärten sind aufgrund der damit verbundenen Direktkontakte (Milzbrand, Arsen) und erwarteten Pflanzenverfügbarkeit von Arsen auszuschließen. Da von einer flächigen Verteilung der Schadstoffe auszugehen ist, reichen exemplarische Untersuchungen und die entsprechende Auswertung der horizontbezogenen Analytik aus den anderen Proben. Da die relative Pflanzenverfügbarkeit von Arsen zwischen pH-Werten von 6,5 und 7 am höchsten ist, wirken sich die am Standort in dieser Größenordnung vorhandenen pH-Verhältnisse nicht limitierend aus.
4. Bei Baumaßnahmen mit Eingriffen in den Untergrund und entsprechenden Nutzungen ist zu berücksichtigen, keinen Windabtrag von Böden (bei Vegetationsfreiheit) zuzulassen. Bodenaushub ist daher in Deckelcontainern oder vollständig abgedeckten Haufwerken zur Entsorgung bzw. zum Wiedereinbau bereit zu halten.
5. Bei Gründungen und bei Erdarbeiten im Bereich der früheren Gerbgruben und der Wasserwerkstatt ist mit Bauwerks-Resten der früheren Fundamente und Grubenbauwerken zu rechnen.
6. Eingriffe in den Boden sind fachtechnisch durch einen Sachverständigen zu begleiten und zu dokumentieren.
7. Bei Eingriffen in den Boden sind Arbeitsschutzmaßnahmen nach TRGS 524 bzw. BGR 101-004 zu ergreifen. Dabei sind sowohl die Gefährdung durch Milzbrand und die Arsenbelastung schutzrelevant. Aufgrund des höheren Gefährdungsgrades für die menschliche Gesundheit durch den Milzbrand sind über die dafür notwendigen Schutzmaßnahmen hinaus zusätzliche Schutzmaßnahmen aufgrund Arsen nicht notwendig.

8. Soll Material im Zuge von Baumaßnahmen vom Standort verbracht werden, ist die Gefährlichkeit des Abfalles bei Transport und Entsorgung zu berücksichtigen. Das Material darf nur in geschlossenen Behältnissen bzw. mit abgeplanten Fahrzeugen vom Standort verbracht werden. Die Regelungen zur Schwarz-Weiß-Trennung (TRGS 524) sind auch auf LKW-Transporte anzuwenden (Be- und Entladung im Schwarzbereich, Fahrzeug- und Reifendekontamination, Persönliche Schutzausrüstung). Entsprechende Ausarbeitungen zum Arbeitsschutz liegen bereits vor.
9. Versickerungsanlagen sollten auf dem Grundstück nicht errichtet werden. Sollte dennoch eine Versickerung auf Teilflächen nötig werden, sind dafür kontaminationsfreie Versickerungszonen durch Aushub des belasteten Materials zu schaffen.
Bei einer Planung von möglichen Versickerungen auf der Fläche wäre im Detail zu prüfen, ob die Versickerung keine nachteiligen Auswirkungen auf die Beschaffenheit des Grundwassers hat. Im Bereich der Gruben-Fundamente (siehe Anlage 6) sind Versickerungsanlagen nur nach vorheriger Unterflurenttrümmerung unter Berücksichtigung der Punkte 6, 7 und 8 möglich.
10. Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen für das Grundwasser: Es wird empfohlen, für das Grundwasser auf der Fläche der Liegenschaft und im unmittelbaren Umfeld Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen in Form von Nutzungsverböten auszusprechen, um unkontrollierte Verschleppungen zu vermeiden (z.B. durch Nutzung von Gartenbrunnen). Bei nicht vermeidbaren Wasserhaltungsmaßnahmen sind ggf. Wasseraufbereitungsmaßnahmen und geeignete Kontrollmessungen erforderlich. Dazu bedarf es jeweils Einzelfallentscheidungen im Zuge der jeweiligen Bearbeitung der Erlaubnisanträge gemäß WHG.
11. Zur Überwachung der Grundwasserbelastung wird ein Grundwassermonitoring empfohlen.

6 LITERATURVERZEICHNIS

- /13/ Freikowski, D.: Mikrobiologischer Einfluss auf die Mobilisierung von Arsen in Aquiferen des Nadia-Distriktes, West-Bengalen, Indien, Dissertation, Karlsruhe, 2013
- /14/ Elsässer, M., Feldwisch, N., Nußbaum, H.: Ehrmann, O.: Maßnahmenkonzept zur verschmutzungsarmen Nutzpflanzenernte - Handlungsempfehlungen für die Bodenschutzbehörden für Bewirtschaftungsbeschränkungen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen bei schädlichen Bodenveränderungen LABO-Projektnummer B 4.03, 2007
- /15/ Hack, A. Welge, P., Wittsiepe, J., Wilhelm, M., Marschner, B.: Aufnahme und Bilanzierung (Bioverfügbarkeit) ausgewählter Bodenkontaminanten im Tiermodell (Minschwein), Umweltbundesamt Bericht Nr. 298 73 227/01, Berlin, 2002
- /16/ Vetterlein, D., Mattusch, J., Tanneberg, H., Ackermann, J., Szegedi, K., u.a.: Die Bedeutung von Rhizosphärenprozessen für die Bioverfügbarkeit von Arsen – Fallbeispiel Goethit, Kurzfassung Vortrag auf Arsen 2005, 19.- 20. April 2005 in Leipzig, Quelle: <http://www.gpi.uni-kiel.de/~rk/tagungsband%20ohneat.pdf>, abgerufen am 09.11.2017
- /17/ BGR Hannover: Bohrpunktkarte Deutschland, boreholemap.bgr.de (abgerufen am 07.12.2017)
- /18/ Christine Vornehm: Hydro-geochemische Untersuchungen zum System Niederschlag – Boden – Grundwasser im Grundgebirge des Bayerischen Waldes, Dissertation an der Fakultät für Geowissenschaften der Ludwig-Maximilians-Universität München, eingereicht am 09. September 2004
- /19/ LAWA: Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden, Oktober 1993
- /20/ LAWA: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser, 2004
- /21/ LAWA: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser, aktualisierte und überarbeitete Fassung 2016