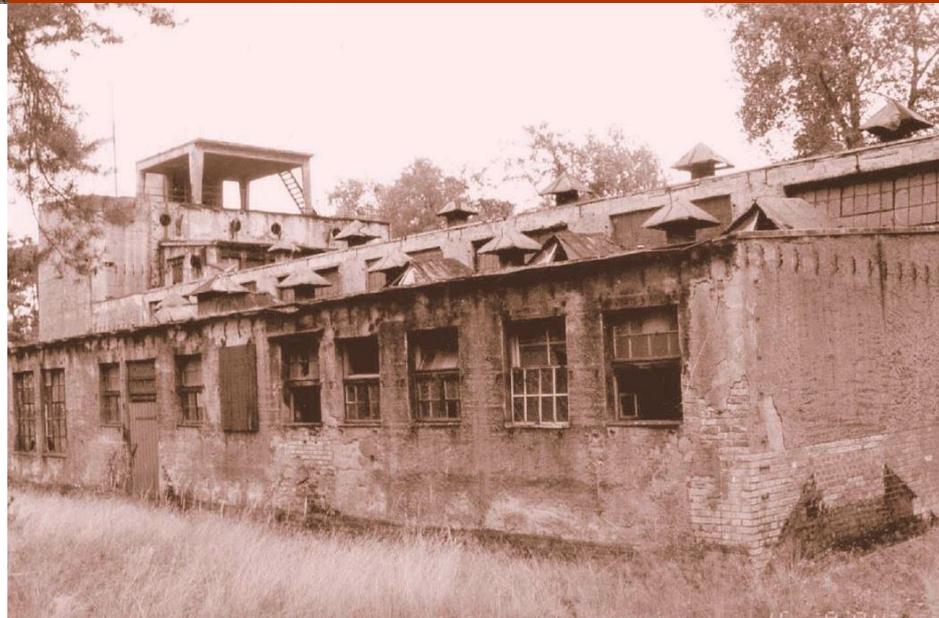




LAND
BRANDENBURG

Ministerium für Ländliche
Entwicklung, Umwelt und
Landwirtschaft

Boden,
Umweltgeologie
und Altlasten



Fachinformation des LfU
Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg
Heft Nr. 23

Arbeitshilfe

**„Grundwasserkontaminationen mit
sprengstofftypischen Verbindungen
im Land Brandenburg“**

**Behandlung, Aufnahmemechanismen,
Abbauverhalten**

Stufe II 1 Fallrecherche, Handlungsempfehlung



Landesamt für Umwelt

Impressum:

Herausgeber:

Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg

Erarbeitung und Redaktion:

Landesamt für Umwelt (LfU)

Referat Altlasten, Bodenschutz, Grundwassergüte (W15)

Seeburger Chaussee 2

14476 Potsdam OT Groß Glienicke

Tel.: 033201/ 44 2 - 0

Fax: 033201/ 44 26 62

info@lfu.brandenburg.de

<http://www.lfu.brandenburg.de>

Die Veröffentlichung basiert auf dem vom LfU (vormals LUGV) beauftragten Thema an die IABG mbH Berlin (Auftrag-Nr.: 340 5633 01) über „Arbeitshilfe „Grundwasserkontaminationen mit STV im Land Brandenburg“ - Stufe II; Fallrecherche - Handlungsempfehlung“

Bearbeiter/innen Annette Joos, Frank Huckert

Einrichtung IABG mbH, Niederlassung Berlin, Friedrichstraße 185,
Haus E, 10117 Berlin

Abschlussbericht November 2014



Diese Veröffentlichung erfolgt im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Der Bericht einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Titelfoto: © IABG-Archiv (1994) - Granatenfüllstelle

Vorwort

Rüstungsaltslasten sind gemäß der Definition in Brandenburg ([1] § 25 LAbfVG 1996) Altablagelagen und Altstandorte der chemischen Rüstungsproduktion, sofern von diesen nach den Erkenntnissen einer im einzelnen Fall vorausgegangenen Untersuchung und einer darauf beruhenden Beurteilung durch die zuständige Behörde eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung ausgeht.

Bund und Länder haben in den letzten Jahren verschiedene Themen und Fragen im Zusammenhang mit Rüstungsaltslasten, dem Verhalten von sprengstofftypischen Verbindungen (STV) in der Umwelt sowie Möglichkeiten zur Bewertung und Sanierung eingehend untersucht.

Die derzeit verfügbaren Arbeitshilfen wurden auf Lösungsmöglichkeiten hinsichtlich im Land Brandenburg existierender spezieller Fragestellungen, insbesondere im Zusammenhang mit konkreten Gefahrentatbeständen für die Trinkwasserversorgung auf Grund ermittelter Belastungen des Grundwassers mit sprengstofftypischen Verbindungen durch ehemalige Rüstungsstandorte geprüft. Im Zusammenspiel mit den Daten der Fallbeispiele wurden spezifische Lösungsmöglichkeiten, bezogen auf Brandenburger Fallbeispiele, abgeleitet.

Die Ergebnisse der Stufen der Arbeitshilfe I A - Literaturrecherche - und I B - Vertiefende Grundlagen - wurden in der folgenden Stufe II - Fallrecherche - weiterentwickelt und darauf aufbauend eine Handlungsempfehlung für das Land Brandenburg entwickelt.

Der Leser und Anwender wird darauf hingewiesen, dass die resultierenden Empfehlungen aus anonymisierten Fallbeispielen abgeleitet wurden. Daher haben sowohl die Empfehlungen zur Auswahl geeigneter Verfahren zur Schadstoffeliminierung als auch die Handlungsempfehlung rein orientierenden Charakter. Für die Bearbeitung konkreter Schadensfälle ist eine einzelfallbezogene Prüfung immer unerlässlich.

Besonderer Dank gilt allen angefragten Institutionen für ihre Mitwirkung, die Bereitstellung von Daten über die gesamte Bearbeitungszeit der Stufen IA, IB und II sowie für das Interesse an der vorliegenden Arbeitshilfe. Diese kann damit nicht nur landesweit angewendet, sondern auch bundesweit genutzt werden.

Inhalt

1	Veranlassung	9
2	Zielstellung und Aufgabe	10
3	Vorgehensweise	11
4	Grundlegendarstellung der Brandenburger Fallbeispiele im Überblick.	14
4.1	Standort 1- Standortübungsplatz mit Spreng- und Handgranatenwurfplatz....	16
4.1.1	Kurzcharakteristik des Standortes	16
4.1.2	Historische - aktuelle Nutzung	16
4.1.3	Geologische Grundlagen	16
4.1.4	Hydrogeologische Grundlagen	17
4.1.5	Nutzungsbereiche	17
4.1.6	Bearbeitungsstand	17
4.1.7	Defizitanalyse.....	18
4.1.8	Empfehlung zur Auswahl geeigneter Verfahren zur Schadstoffeliminierung	19
4.1.8.1	Darstellung von Auswahlkriterien	19
4.1.8.2	Darstellung geeigneter Verfahren zur Entfernung von STV aus kontaminiertem Grundwasser auf der Grundlage der Arbeitshilfe STV Stufe IB aus 2013	20
4.2	Standort 2 - Munitionsanstalt mit TNT-Belastung.....	21
4.2.1	Kurzcharakteristik des Standortes	21
4.2.2	Historische - aktuelle Nutzung	21
4.2.3	Geologische Grundlagen	22
4.2.4	Hydrogeologische Grundlagen	22
4.2.5	Nutzungsbereiche	22
4.2.6	Bearbeitungsstand	23
4.2.7	Defizitanalyse.....	25
4.2.8	Empfehlung zur Auswahl geeigneter Verfahren zur Schadstoffeliminierung	26
4.2.8.1	Darstellung von Auswahlkriterien	26
4.2.8.2	Darstellung geeigneter Verfahren zur Entfernung von STV aus kontaminiertem Grundwasser auf der Grundlage der Arbeitshilfe STV Stufe IB aus 2013	26
4.3	Standort 3 - Truppenübungsplatz mit Sprengplätzen und Bombenabwurfplatz.....	28
4.3.1	Kurzcharakteristik des Standortes	28
4.3.2	Historische - aktuelle Nutzung	28
4.3.3	Geologische Verhältnisse	29
4.3.4	Hydrogeologische Grundlagen	29
4.3.5	Nutzungsbereiche	29
4.3.6	Bearbeitungsstand	30
4.3.7	Defizitanalyse.....	30

4.3.8	Empfehlung zur Auswahl geeigneter Verfahren zur Schadstoffeliminierung	32
4.3.8.1	Darstellung von Auswahlkriterien	32
4.3.8.2	Darstellung geeigneter Verfahren zur Entfernung von STV aus kontaminiertem Grundwasser auf der Grundlage der Arbeitshilfe STV Stufe IB aus 2013	33
4.4	Standort 4 - Pulver- und Sprengstofffabrik mit Hexogen-Belastung	34
4.4.1	Kurzcharakteristik des Standortes	34
4.4.2	Historische - aktuelle Nutzung	34
4.4.3	Geologische Grundlagen	35
4.4.4	Hydrogeologische Grundlagen	35
4.4.5	Nutzungsbereiche	35
4.4.6	Bearbeitungsstand	35
4.4.7	Defizitanalyse.....	37
4.4.8	Empfehlung zur Auswahl geeigneter Verfahren zur Schadstoffeliminierung	39
4.4.8.1	Darstellung von Auswahlkriterien	39
4.4.8.2	Darstellung geeigneter Verfahren zur Entfernung von STV aus kontaminiertem Grundwasser auf der Grundlage der Arbeitshilfe STV Stufe IB aus 2013	39
4.5	Standort 5 - Handgranatenwurfplatz	41
4.5.1	Kurzcharakteristik des Standortes	41
4.5.2	Historische - aktuelle Nutzung	41
4.5.3	Geologische Grundlagen	41
4.5.4	Hydrogeologische Grundlagen	42
4.5.5	Nutzungsbereiche	42
4.5.6	Bearbeitungsstand	43
4.5.7	Defizitanalyse.....	44
4.5.8	Empfehlung zur Auswahl geeigneter Verfahren zur Schadstoffeliminierung	45
4.5.8.1	Darstellung von Auswahlkriterien	45
4.5.8.2	Darstellung geeigneter Verfahren zur Entfernung von STV aus kontaminiertem Grundwasser auf der Grundlage der Stufe IB aus 2013	46
5	Handlungsempfehlung zur Verwendung als Orientierungshilfe für die Bearbeitung von Grundwasserkontaminationen mit STV im Land Brandenburg.....	48
6	Literatur	56

Abkürzungen

ADNT	Aminodinitrotoluol
AH	Arbeitshilfe
AL	Altlast
ALVF	Altlastverdächtige Fläche
ANT	Aminomononitrotoluol
DAG	Dynamit AG
DNBS	Dinitrobenzoesäure
DNB	Dinitrobenzol
DNPh	Dinitrophenol
DNT	Dinitrotoluol
DU	Detailuntersuchung
DWA	Drainwasseraufbereitungsanlage
FFH-Gebiet	Fauna, Flora, Habitat (Schutzgebietssystem „Natura 2000“)
HE	Historische Erkundung
HMX	Oktogen
HOKO	hochkonzentrierte Salpetersäure
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitsspektroskopie
GFS	Geringfügigkeitsschwelle
GOK	Geländeoberkante
GOW	Gesundheitlicher Orientierungswert
GW	Grundwasser
GWL	Grundwasserleiter
GWMS	Grundwassermessstelle
GSA	Grundwassersanierungsanlage
KF	Kontaminierte Fläche
KORA	Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Boden
KRB	Kleinrammbohrung
KVF	Kontaminationsverdächtige Fläche
LUIS	LandesUmwelt / VerbraucherInformationssystem Brandenburg
LUGV	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg (bis 02/2016)
LfU	Landesamt für Umwelt Brandenburg (seit 02/2016)
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
MNT	Mononitrotoluol
MS	Massenspektrometrie

MUNA	Munitionsanstalt
Nc-Fabrik	Nitrocellulose-Fabrik
NB	Nitrobenzol
NBS	Nitrobenzoesäure
NHN	Normalhöhennull
NMR	Kernspinresonanzspektroskopie
NSG	Naturschutzgebiet
NT	Nitrotoluol
NVA	Nationale Volksarmee
OFD	Oberfinanzdirektion
OU	Orientierende Untersuchung
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
RDX	Hexogen
RW	Rohwasser
SM	Schwermetalle
StÜbPl	Standortübungsplatz
STV	Sprengstofftypische Verbindungen
SU	Sanierungsuntersuchung
SW	Sickerwasser
TLW	Trinkwasserleitwert
TNB	Trinitrobenzol
TNBS	Trinitrobenzoesäure
TNT	Trinitrotoluol
TÜP	Truppenübungsplatz
TWSZ (G)	Trinkwasserschutzzone (-Gebiet)
TWEG	Trinkwassereinzugsgebiet
WASAG	Westfälisch-Anhaltische Sprengstoff-Actien-Gesellschaft
WF	Wasserfassung
WGT	Westgruppe der Truppen (Gruppe der Sowjetischen Streitkräfte)
WK	Weltkrieg
WW	Wasserwerk

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung zur Ableitung geeigneter Sanierungstechniken und zur Systematisierung der Gefahrenabwehrmaßnahmen	53
---	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die ausgewählten Referenz-Standorte	15
Tabelle 2: Standort 1 - Historische Nutzung mit STV-Relevanz	16
Tabelle 3: Standort 1 - Nutzungsbereiche mit STV-Relevanz, betroffenem Schutzgut und Schadstoffspektrum	18
Tabelle 4: Standort 1 - Prinzipiell geeignete Sanierungstechniken mit Vor- und Nachteilen, abgeleitet aus der Arbeitshilfe STV Stufe IB und aus BMBF KORA TV5.....	20
Tabelle 5: Standort 2 - Historische Nutzung mit STV-Relevanz	21
Tabelle 6: Standort 2 - Nutzungsbereiche mit STV-Relevanz, betroffenem Schutzgut und Schadstoffspektrum	24
Tabelle 7: Standort 2 - Prinzipiell geeignete Sanierungstechniken mit Vor- und Nachteilen, abgeleitet aus der Arbeitshilfe STV Stufe IB und aus BMBF KORA LF TV5.....	27
Tabelle 8: Standort 3 - Historische Nutzung mit STV-Relevanz	28
Tabelle 9: Standort 3 - Nutzungsbereiche mit STV-Relevanz und Schadstoffspektrum	29
Tabelle 10: Standort 3 - Prinzipiell geeignete Sanierungstechniken mit Vor- und Nachteilen, abgeleitet aus der Arbeitshilfe STV Stufe IB und aus BMBF KORA LF TV5.....	33
Tabelle 11: Standort 4 - Historische Nutzung mit STV-Relevanz	34
Tabelle 12: Standort 4 - Nutzungs- und Produktionsbereiche mit STV-Relevanz sowie potentiell betroffenem Schutzgut (erkundet im Rahmen der OU).....	37
Tabelle 13: Standort 4 - Schadstoffspektrum STV-belasteter Nutzungsbereiche	37
Tabelle 14: Standort 4 - Geeignete Sanierungstechniken mit Vor- und Nachteilen, abgeleitet aus der Arbeitshilfe STV Stufe IB und aus BMBF KORA LF TV5.....	40
Tabelle 15: Standort 5 - Historische Nutzung des Standortes mit STV-Relevanz	41
Tabelle 16: Standort 5 - Nutzungsbereiche mit STV-Relevanz, betroffenem Schutzgut und Schadstoffspektrum	43
Tabelle 17: Standort 5 - Prinzipiell geeignete Sanierungstechniken mit Vor- und Nachteilen, abgeleitet aus der Arbeitshilfe IB und aus BMBF KORA LF TV5	47
Tabelle 18: Übersicht über bundesweite Fallbeispiele, vorgestellt in der Arbeitshilfe IB	51
Tabelle 19: Auswahlmöglichkeiten für den Einzelfall geeigneter Sanierungstechniken	54

1 Veranlassung

Im Land Brandenburg existieren auf Grund ermittelter Belastungen des Grundwassers mit sprengstofftypischen Verbindungen (STV) durch ehemalige Rüstungsstandorte spezielle Fragestellungen im Zusammenhang mit konkreten Gefahrentatbeständen für die Trinkwasserversorgung.

Bund und Länder haben in den letzten Jahren verschiedene Themen und Fragen im Zusammenhang mit Rüstungsaltslasten, dem Verhalten von sprengstofftypischen Verbindungen (STV) in der Umwelt sowie Möglichkeiten zur Bewertung und Sanierung eingehend untersucht.

Die bislang verfügbaren Arbeitshilfen boten für die konkrete Fragestellung jedoch noch keine spezifischen Lösungsmöglichkeiten an.

Daraus leitete sich der Bedarf für eine Handlungsempfehlung für das Land Brandenburg ab. Die Ergebnisse sollen landesweit anwendbar sein, aber auch vergleichsweise bundesweit genutzt werden können.

Die IABG mbH wurde vom Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg (LUGV) mit Vertrag vom 01.07.2012 beauftragt, den ersten Teil einer Arbeitshilfe „Grundwasserkontaminationen mit sprengstofftypischen Verbindungen (STV) im Land Brandenburg - Behandlung, Aufnahmemechanismen, Abbauverhalten“ zu erarbeiten.

Für die Fortschreibung der Arbeitshilfe erhielt die IABG mbH am 15.07.2013 einen Vertrag zur Erarbeitung der Stufe I B „Umsetzung der Literaturrecherche und Erarbeitung vertiefender Grundlagen“.

Die Fortführung der Arbeitshilfe mit ausgewählten Fallbeispielen des Landes Brandenburg wurde mit der Beauftragung der „Stufe II: Fallrecherche für das Land Brandenburg“ an die IABG mbH am 01.04.2014 ermöglicht.

Die Ergebnisse der einzelnen Arbeitsstufen der Arbeitshilfe - Literaturrecherche (I A) und Vertiefende Grundlagen (I B) werden im vorliegenden Bericht an Fallbeispielen des Landes Brandenburg umgesetzt, erweitert und vertieft. Daraus resultierend wird eine Handlungsempfehlung für das Land Brandenburg zur Bearbeitung von Grundwasserkontaminationen mit STV zur Verwendung als Orientierungshilfe herausgearbeitet.

2 Zielstellung und Aufgabe

Resultierend aus der Darstellung der bundesweit vorgestellten Fallbeispiele nach Standorttypen und betroffenen Wirkungspfaden stellt die Arbeitshilfe „Umsetzung der Literaturrecherche und Erarbeitung vertiefender Grundlagen“ - Stufe IB - die Grundlage für die in der Fallrecherche (Stufe II) zu betrachtenden Standorte im Land Brandenburg dar.

Die aus der anonymisierten Darstellung Brandenburger Fallbeispiele resultierenden Empfehlungen zur Auswahl geeigneter technischer Verfahren zur Schadstoffeliminierung sind aus den, in der Stufe IB vorgestellten, bundesweit bereits vorliegenden, Praxiserfahrungen auf ehemaligen Rüstungsstandorten in Abhängigkeit von den jeweiligen Randbedingungen, abzuleiten und zu übertragen.

Die modellhaft darzustellenden Fallbeispiele werden an Hand ihrer Charakteristika nebeneinander gestellt. Für jeden Beispielstandort sind hinsichtlich des erforderlichen Handlungsbedarfs zwei Fallgestaltungen zu betrachten:

- Gefahrenabwehrmaßnahmen sind *kurzfristig* erforderlich (Standort liegt im TWEG, WW ist betroffen bzw. kann betroffen sein)
- Gefahrenabwehrmaßnahmen sind *langfristig* erforderlich (Standort liegt außerhalb von TWEG, keine Betroffenheit von WW bzw. Wasserfassungen)

Mögliche Auswahlkriterien entsprechender Sanierungstechniken sind zu benennen und die jeweiligen Techniken unter Bezug auf die bundesweit recherchierten Standorte im Rahmen der Stufe IB (1) [4] sowie den Darstellungen nach JOOS et al. (2008) [2]: Leitfaden Natürliche Schadstoffminderung bei sprengstofftypischen Verbindungen, BMBF-Förderschwerpunkt KORA, Themenverbund 5 Rüstungsaltslasten; IABG mbH, Berlin, (im Weiteren als KORA LF TV5 bezeichnet) zusammenzustellen und zu bewerten.

Um Anwendern eine Orientierungshilfe zur systematischen Bearbeitung eines eigenen Einzelfalles im Rahmen der Bearbeitung von Grundwasserkontaminationen durch STV auf bzw. im Einzugsbereich ehemaliger Rüstungsstandorte zur Verfügung stellen zu können, sind die einzelnen Arbeitsstufen – Literaturrecherche (I A), Vertiefende Grundlagen (IB) und Fallrecherche (II) umzusetzen und daraus resultierend eine Handlungsempfehlung für das Land Brandenburg zur Bearbeitung von Grundwasserkontaminationen mit STV herauszuarbeiten.

3 Vorgehensweise

Die Realisierung der Aufgabe - Erstellung einer Arbeitshilfe zur Thematik „Grundwasserkontaminationen mit sprengstofftypischen Verbindungen im Land Brandenburg“ - erschien in Form eines stufenweisen Vorgehens sinnvoll, welches mehrere Vorteile beinhaltet. Einerseits soll jede Stufe für sich stehen, andererseits sollen nach jeder Stufe die Ergebnisse überprüft werden können, indem die nachfolgende Stufe auf den Ergebnissen der Vorstufe aufsetzt.

Stufe IA: **Literaturrecherche**

Stufe IB: **Vertiefende Grundlagen**

- (1) Umsetzung der Literaturrecherche und Erarbeitung vertiefender Grundlagen
- (2) Erarbeitung ergänzender vertiefender Grundlagen zur Analytik und zum Abbauverhalten von STV

Stufe II: **Fallrecherche** für das Land Brandenburg mit **Handlungsempfehlung**

Die **Literaturrecherche** der Arbeitshilfe (Stufe IA) gibt einen Überblick über die in den letzten 5 bis 10 Jahren gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen hinsichtlich der Stoffgruppe STV und der Sanierung von mit STV belasteten Wässern.

Damit ist die Recherche Voraussetzung für die Erarbeitung vertiefender Grundlagen für die Stufe IB, die auf dem zusammengestellten Stand des Wissens und der Technik aufbauen konnte.

Folgerichtig gliedert sich der Bericht der Stufe IA - Literaturrecherche - in:

1. Grundlagen und derzeitiger Kenntnisstand STV
2. Zusammenstellung technischer Verfahren zur Entfernung von STV aus Grund- und Rohwasser
3. Wirkungspfad Gießwasser-Boden-(Wild- und Nutz-)Pflanze-Mensch und Gießwasser-Boden-(Wild-, Nutz-)Pflanze-(Nutz-)Tier und Oberflächenwasser(Tränk-)Nutztier
4. Erfahrungen mit landwirtschaftlicher Bewirtschaftung STV-kontaminierter Flächen - bundesweite Recherche
5. Erfahrungsstand der Bundesländer

Im Rahmen der Literaturrecherche ist eine erste bundesweite Recherche erfolgt, zunächst insbesondere auf Erfahrungen hinsichtlich Grundwasserkontaminationen durch STV mit Bezug zum Gartenbau und zur Landwirtschaft beschränkt. Aus den Ergebnissen der bundesweit bekannten Fälle, die bereits bearbeitet wurden oder sich noch in Bearbeitung befinden, haben sich Anhaltspunkte für eine weitergehende Bearbeitung ergeben. In einer Folgestufe sind Detailinformationen herauszuarbeiten und auf spezielle Fragestellungen in Brandenburg anzuwenden.

Die **vertiefenden Grundlagen** (Stufe IB) teilen sich in zwei fachlich getrennt bearbeitete Themen auf:

Zum einen (Stufe IB (1)) wurden Grundwasserbelastungen mit STV in Einzugsgebieten von Wasserwerken und im Einzugsbereich ehemaliger Rüstungsstandorte bundesweit recherchiert.

Zum anderen (Stufe IB (2)) wurde die Literaturrecherche hinsichtlich der Erarbeitung vertiefender Grundlagen zur Analytik und zum Abbauverhalten der STV ergänzt.

Aufgrund der Ergebnisse der Literaturrecherche ergaben sich für die weiterführenden Arbeiten der vertiefenden Grundlagen folgende Schwerpunkte:

1. Bundesweite Recherche durch Befragung möglicherweise betroffener oder auch zuständiger Wasserversorger
2. Bundesweite vertiefende Recherche durch Befragung der jeweils zuständigen Umweltbehörden/-Institutionen
3. Darstellung der STV-Problematik bezogen auf das Schutzgut Wasser (Roh-, Grund-, Sicker-, Oberflächen- bzw. Abwasser)
4. Vertiefende Zusammenstellung technischer Verfahren zur Entfernung von STV aus Grund- und Rohwasser bzw. Schicht-, Oberflächen- sowie Abwasser
5. Zusammenfassung des Erfahrungsstandes aus den einzelnen Bundesländern und Darstellung von repräsentativen Beispielen, bei denen bereits Aufbereitungsmaßnahmen durchgeführt werden (bezogen auf betroffene Schutzgüter, unter Berücksichtigung der konkreten Standortsituation und Verfahren in Abhängigkeit der Kosteneffizienz)
6. Darstellung des jeweiligen Verfahrens in einem entsprechenden Verlaufsschema

Der Fokus liegt bewusst auf der Bearbeitung von Grundwasserbelastungen in Einzugsbereichen von Wasserwerken, die die Versorgung mit Trinkwasser auch weiterhin für das Einzugsgebiet gewährleisten müssen. Grundsätzlich zeigen einige Standorte mit STV-Belastungen die Betroffenheit des Schutzgutes Wasser allgemein auf, wobei hier standortspezifische Verfahrensweisen zur Eliminierung der Belastungen herangezogen werden.

Anhand von vergleichbaren Fallbeispielen aus anderen Bundesländern sollen technisch machbare und wirtschaftliche Lösungen aufgezeigt werden, die bereits mit Erfahrungen aus der Praxis belegt sind.

Die für den Bericht erforderlichen Daten wurden per Fragebogen bei den Betreibern von Wasserwerken bzw. von Versorgern und zuständigen Umweltbehörden/-Institutionen für das Grund- bzw. Rohwasser abgefragt. Darüber hinaus wurden auch allgemeine Fragestellungen im Zusammenhang mit der STV-Problematik in Bezug auf das Schutzgut Wasser recherchiert.

Insgesamt konnten bundesweit 20 Standorte, u.a. auch ein Standort als Übungsgelände oder Handgranatenwurfplätze in Thüringen in die Auswertung der rückgesandten Fragebögen einbezogen werden. Standorte, die sich in einer Bearbeitungsphase befinden, die eine konkrete Einstufung der Betroffenheit des Schutzgutes Wasser noch nicht zulässt bzw. bei denen für die abschließenden Verfahrensmaßnahmen noch weitere Erkundungen notwendig sind, wurden in die weitere Bearbeitung nicht mit einbezogen. Es verblieben sieben Standorte, für die im Sinne der Aufgabenstellung der Arbeitshilfe ausreichend Informationen aus der Internetrecherche und/oder aus den Rückmeldungen der Umfrage vorlagen. Von diesen sieben detaillierter betrachteten Standorten sind vier ehemalige Rüstungsstandorte direkt von Grundwasserbelastungen, einer von Schichtwasser- und zwei von Abwasserbelastungen betroffen.

Die Bearbeitung in der Stufe II basiert auf den Grundlagendaten von 5 Standorten im Land Brandenburg, die beispielhaft die Brandenburg-typisch vertretenen Nutzungsprofile repräsentieren. Für sämtliche **Fallbeispiele** liegen Grundlagendaten aus bislang erstellten Gutachten mit jeweils unterschiedlichem Bearbeitungsstand vor. Die Vorstellung der Standorte erfolgt in anonymisierter Form, eine Bewertung der vorliegenden Gutachten ist nicht Gegenstand des Projektes.

Für die Auswahl entsprechender Sanierungstechniken werden Kriterien benannt und die jeweiligen Techniken unter Bezug auf die bundesweit recherchierten Standorte im Rahmen der Stufe IB (1) [4] sowie den Darstellungen nach JOOS et al. (2008) zusammengestellt und bewertet.

Die im Ergebnis resultierenden Empfehlungen zur Auswahl geeigneter technischer Verfahren zur Schadstoffeliminierung werden aus den in der Stufe IB (vertiefende Grundlagen) vorgestellten, bundesweit bereits vorliegenden, Praxiserfahrungen auf ehemaligen Rüstungsstandorten in Abhängigkeit von den jeweiligen Randbedingungen abgeleitet und übertragen.

Auf den Ergebnissen sämtlicher Arbeitsstufen der Arbeitshilfe - Literaturrecherche (I A), Vertiefende Grundlagen (I B) und Fallrecherche (II) - basierend wird eine Handlungsempfehlung für das Land Brandenburg zur Bearbeitung von Grundwasserkontaminationen mit STV zur Verwendung als Orientierungshilfe herausgearbeitet.

Ausdrücklich ist darauf hinzuweisen, dass die resultierenden Empfehlungen aus anonymisierten Fallbeispielen abgeleitet wurden und damit rein orientierenden Charakter haben. Für die Bearbeitung konkreter Schadensfälle ist eine einzelfallbezogene Prüfung immer unerlässlich.

4 Grundlegendarstellung der Brandenburger Fallbeispiele im Überblick

Die Vorstellung der Brandenburger Fallbeispiele **erfolgt in anonymisierter Form** und basiert auf den Grundlagendaten von 5 Standorten im Land Brandenburg, die beispielhaft die Brandenburg-typisch vertretenen Nutzungsprofile repräsentieren:

- ❖ Standortübungsplatz mit Spreng- und Handgranatenwurfplatz
- ❖ Munitionsanstalt
- ❖ Truppenübungsplatz mit Sprengplätzen und Bombenabwurfplatz
- ❖ Pulver- und Sprengstofffabrik
- ❖ Luftwaffenübungsplatz mit Handgranatenwurfplätzen

In Abhängigkeit vom jeweils vorliegenden realen Bearbeitungsstand wird jeder Nutzungstyp unter den nachfolgenden Punkten betrachtet:

- Kurzcharakteristik der Standorte
- historische - aktuelle Nutzung
- geologische/hydrogeologische Grundlagen
- Nutzungsbereiche
- Bearbeitungsstand
- Defizitanalyse
- Empfehlung zur Auswahl geeigneter Verfahren zur Schadstoffeliminierung auf der Grundlage der bundesweit recherchierten Standorte, abgeleitet aus der Arbeitshilfe STV Stufe IB und aus BMBF KORA LF TV5 [2]

Betrachtet werden die im Sinne der Aufgabenstellung relevanten Teilflächen der gesamten Liegenschaft mit STV-Kontaminationspotential für das Schutzgut Wasser.

Die im Kap. 4 modellhaft dargestellten Fallbeispiele werden an Hand ihrer Charakteristika nebeneinander gestellt. Für jeden Beispielstandort werden hinsichtlich des, aus dem Bearbeitungsstand abgeleiteten, weiteren erforderlichen Handlungsbedarfs zwei Fallgestaltungen betrachtet:

- Gefahrenabwehrmaßnahmen sind *kurzfristig* erforderlich (Standort liegt im TWEG, WW ist betroffen bzw. kann betroffen sein)
- Gefahrenabwehrmaßnahmen sind *langfristig* erforderlich (Standort liegt außerhalb von TWEG, keine Betroffenheit von WW bzw. relevanter Wasserfassungen)

Tabelle 1: Übersicht über die ausgewählten Referenz-Standorte

Fallbeispiel	Historische Nutzung der Gesamtfläche	Anlagen der historischen Nutzung	STV- relevante Teilflächen
Standort (1)	Standortübungsplatz	Erbaut als Sprengstofffabrik, Lagerung von Munition, Bombardierung/Sprengungen	Spreng- und Handgranatenwurfplatz
Standort (2)	Munitionsanstalt mit Verarbeitung von Sprengstoffen	Sprengstoffverarbeitung, Befüllung von Granaten	Schmelz- und Gießhäuser der Füllstelle
Standort (3)	Truppenübungsplatz	Schießplatz, Bombenabwurfplatz für Flugzeuge, Minenwerferschule, Sprengplätze	Sprengplätze, Bombenabwurfplatz
Standort (4)	Ehem. Pulver- und Sprengstofffabrik	Anlagen der Pulver-, Sprengstoff-Herstellung, Ammonalfabrik, Bomben- und Minenfüllanlage	Hexogenanlage, Abwassersystem (Abwasserteich, Absetzgrube)
Standort (5)	Luftwaffenübungsplatz	Luftwaffenübungsplatz, Handgranatenwurfplätze	Handgranatenwurfplätze

4.1 Standort 1 - Standortübungsplatz mit Spreng- und Handgranatenwurfplatz

4.1.1 Kurzcharakteristik des Standortes

Bei dem Fallbeispiel 1 handelt es sich um einen Standort, auf dem Ende der 1930er Jahre eine Sprengstofffabrik geplant und erbaut wurde. Die Produktionsanlagen in der Fabrik wurden im Laufe des 2. Weltkrieges mehrfach erweitert und angepasst, die Sprengstoffproduktion lief jedoch nie an. Das Gelände wurde im Kriegszeitraum eher als Lager für Munition genutzt. Nach dem 2. Weltkrieg wurden die Anlagen der Fabrik demontiert bzw. gesprengt und der Standort diente der Lagerung von Munition, die auf mehreren Sprengplätzen vernichtet wurde. Als relevante Fläche mit STV-Belastungen ist insbesondere der Spreng- und Handgranatenwurfplatz zu benennen.

4.1.2 Historische - aktuelle Nutzung

Der Standort 1 stellt ein ca. 470 ha großes Waldgelände dar, in dem eine Sprengstofffabrik vor dem 2. Weltkrieg errichtet wurde. Diese ist jedoch als solche nicht in Nutzung gegangen (Historie des Standortes). Gegen Ende des Krieges wurde im Südteil eine Zündhütchenfabrik eingerichtet. In den letzten Kriegsjahren dienten die Fabrikgebäude hauptsächlich als Lager.

Tabelle 2: Standort 1 - Historische Nutzung mit STV-Relevanz

Zeitraum	Gesamtgelände	Teilflächen mit STV-Relevanz
vor 2. WK	Planung und Errichtung einer Sprengstofffabrik mit einer Gesamtfläche von ca. 470 ha	
nach 2. WK	Sprengung und Demontage der Gebäude/Anlagen in mehreren Etappen, Sammelpunkt und Vernichtung von Munition	Spreng- und Handgranatenwurfplatz
Weitere Anmerkungen zur Historie des Gesamtstandortes		
Ende 2. WK	Planung einer Zündhütchenfabrikation	
	Umnutzung des Geländes in Unterkünfte der Arbeiter der Zündhütchenfertigung	
nach 2. WK	Nutzung unter anderem von Wohnbaracken, Roh- und Betriebsstofflager	
	Nutzung als Standortübungsplatz	Vielzahl von Sprengtrichtern
	Forstwirtschaftliche Nutzung, Fahrschulstrecke für LKW	

Die Nutzungen nach dem 2. Weltkrieg bzw. aktuellen Nutzungen können weiter unter militärisch eingestuft werden. Es erfolgten Sprengungen und die Demontage der Anlagen der ehemaligen Sprengstofffabrik. Der Standort wurde in dieser Zeit auch als Munitionssammelzwischenlager und zur Sprengung von Munition genutzt. Ab den 1950er Jahren wurde das Gelände zur Ausbildung und zu Übungen auf Spreng- und Handgranatenwurfplätzen übernommen. Luftbilder zeigen eine Vielzahl von Sprengtrichtern in Teilbereichen des Werkes. Aufgrund von Sprengungen noch scharfer Munition wird eine großflächige Munitionsbelastung vermutet. Der Übungsplatz ist aktuell größtenteils bewaldet und wird forstlich bewirtschaftet. Eine Vielzahl von Trümmern und Gebäuderesten der ehemaligen Fabrik sind noch vorhanden.

4.1.3 Geologische Grundlagen

Der Standort liegt aus naturräumlicher Sicht im Raum der Norddeutschen Tiefebene in direkter Nähe von Flussauen. Das Gelände ist mit ca. 20 - 30 m ü. NHN relativ eben. Glaziale und fluviale

atile Ablagerungen bilden die oberen Bodenhorizonte. Der unbedeckte 1. GWL erstreckt sich als kiesige Sande in Geschiebe- und Talsanden mit einer Mächtigkeit von ca. 20 m. Es folgt ein 15 m mächtiger Stauhorizont, der mit den Kiesen und Sanden der Flussniederungen in hydraulischer Verbindung steht.

An den Untersuchungspunkten zeigen sich oberflächlich geringmächtige Auffüllungen bzw. eine Mutterbodenschicht. Es folgen bis zu einer Tiefe von etwa 3 m schwach mittelsandige Feinsande, die im Liegenden in schwach feinsandige Mittelsande übergehen. Im Horizont zwischen 7 und 8 m Tiefe wurden wechselweise mittel-/grobsandiges bis feinkiesiges und feinsandiges Bodenmaterial angetroffen. Eine Bohrung wies in ca. 10 m Tiefe eine grobkiesige, schwach steinige Sedimentlage auf. Eine Schluffschicht wurde nur im südöstlichen Teil des Standortes erbohrt, die aber nicht flächendeckend ausgebildet ist.

4.1.4 Hydrogeologische Grundlagen

Hydrologisch wird der Raum durch Oberflächengewässer geprägt und stark beeinflusst.

Das Grundwasser steht oberflächennah, maximal bis ca. 10 m u. GOK, an. Die GW-Fließrichtung verläuft in Abhängigkeit vom Wasserstand der Fließgewässer in Richtung Vorflut. Der Flurabstand kann mit 5 - 10 m u. GOK im östlichen und 2 - 5 m u. GOK im Bereich nahe der Vorflut angegeben werden.

In wasserwirtschaftlicher Sicht spielen die ehemaligen Flächen der Sprengstoffherstellung eine Rolle. Das Wasserwerk der Gemeinde liegt nördlich des Standortes. Aufgrund benachbarter Talauen liegt der Standort in geringer Entfernung vom nächsten Gewässer.

Auf dem Standort selbst gibt es keine natürlichen stehenden Gewässer. Je nach Beschaffenheit der oberen Deckschichten (Verdichtung des Oberbodens) kann sich in den Sprengtrichtern zeitweise Niederschlagswasser sammeln. Ein Löschteich aus dem Zeitraum des Sprengstoffwerkes befindet sich im Norden des Standortes.

4.1.5 Nutzungsbereiche

Mögliche STV-Belastungen sind auf Flächen wiederzufinden, die nach dem 2. Weltkrieg zur Delaborierung/Sprengung von Munition genutzt wurden. Relevant sind die vielfältigen Sprengplätze (Spreng- und Handgranatenwurfplatz, Munitionssprengplatz und Munitionssprengtrichter) sowie Flächen, auf denen Sprengstoffe gehandhabt wurden.

4.1.6 Bearbeitungsstand

Im Bereich des Rüstungsaltsstandortes 1 sind verschiedene Maßnahmen im Rahmen eines stufenweisen Vorgehens zur Bearbeitung der Altlastenproblematik durchgeführt worden:

- Bestandsaufnahme mit Handlungskonzept
 - ◆ Zusammenstellung der grundlegenden Informationen zum Standort
- Abgeschlossene Historisch-genetische Rekonstruktion
- Orientierende Untersuchung (OU)
 - ◆ Bearbeitung der Sprengplätze mit STV-Verdacht (Schutzgüter: Boden, Grundwasser - Errichten von Grundwassermessstellen (GWMS))
 - Spreng- und Handgranatenwurfplatz
 - Munitionssprengplatz
 - Munitionssprengtrichter

Anhaltspunkte auf STV-Belastungen für die Schutzgüter Boden bzw. Wasser, festgestellte Schadstoffe: TNT und Metabolite 2-A-4,6-DNT, 4-A-2,6-DNT, RDX, Schwermetalle - hier Nickel

- Detailuntersuchung (DU)
 - ◆ Erkundung der in der OU festgestellten Grundwasser-Belastungen
 - Errichtung einer weiteren GWMS
 - Festgestellte Schadstoffe: TNT mit Metaboliten 2-A-4,6-DNT, 4-A-2,6-DNT, RDX, TNB, Schwermetalle - hier Zink
 - Empfehlung für das weitere Vorgehen

Das nachstehende STV-Schadstoffspektrum wurde für die verschiedenen Nutzungsbereiche ermittelt. In folgenden Untersuchungsphasen des Grundwassers in der DU und der Überwachung (Grundwassermonitoring) ergaben sich weitere konkrete Verdachtsmomente auf Belastungen mit STV.

Tabelle 3: Standort 1 - Nutzungsbereiche mit STV-Relevanz, betroffenem Schutzgut und Schadstoffspektrum

Nutzungsbereich	Schutzgut OU	Schutzgut DU	Schadstoff- spektrum Boden	Schadstoffspektrum Grundwasser
Spreng- und Handgranatenwurfplatz	Boden, GW	GW	Geringe STV-Konz.: 2-A-4,6-DNT, 4-A- 2,6-DNT, RDX	Erhöhte STV-Konz.: TNT, 2-A-4,6-DNT, 4-A-2,6- DNT, RDX, TNB, Zn
Munitionssprengplatz	OW, GW	GW	Keine Untersu- chung	Erhöhte STV-Konz.: 2-A- 4,6-DNT, 4-A-2,6-DNT, RDX
Munitionssprengtrichter	GW	GW	Keine Untersu- chung	Kein Nachweis von STV

Fortführung von Untersuchungen der Detailuntersuchung

- ◆ Erkundung der in der OU/DU festgestellten Grundwasser-Belastungen
 - Errichtung weiterer GWMS
 - Bestätigung der in der OU/DU festgestellten STV-Kontaminationen und weiterer Parameter (u.a. Schwermetalle)
 - Empfehlung für das weitere Vorgehen
- Grundwassermonitoring
 - ◆ Jährliche Untersuchungen an den für relevant eingestuften GWMS

4.1.7 Defizitanalyse

Zusammenfassung der vorliegenden Informationsdichte

Auf dem Standort wurden im Rahmen der Orientierenden und Detailuntersuchung Grundwasserbelastungen mit STV nachgewiesen. Die ermittelten STV-Konzentrationen bestätigen für die betrachtete Teilfläche - Spreng- und Handgranatenwurfplatz - einen andauernden Austrag aus dem Boden in das Grundwasser. Eine Verlagerung der STV in den nahen Grundwasserabstrom ist nachweislich erfolgt. Nach aktuellem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass die STV-Belastungen punktuell eingegrenzt vorhanden sind (einzelne Sprengtrichter). Aufgrund des Schadstoffspektrums (2,4,6-TNT mit den Metaboliten 2-A-4,6-DNT, 4-A-2,6-DNT, TNB und RDX) ist nicht auszuschließen, dass es sich um einen älteren Schaden handelt.

Der vorliegende Bearbeitungsstand erlaubt hinsichtlich zukünftig erforderlicher Gefahrenabwehrmaßnahmen noch keine konkreten Festlegungen auf geeignete Anlagentechniken. Dies zu

Grunde legend, werden die folgenden Defizite hinsichtlich des weiteren Handlungsbedarfes auf dem Beispielstandort 1 unter Betrachtung zweier grundsätzlicher Fallgestaltungen formuliert.

Zusammenstellung von Defiziten für die zwei grundsätzlichen Fallgestaltungen

- a. Fallbearbeitung unter der Annahme, dass Gefahrenabwehrmaßnahmen kurzfristig erforderlich sind (Standort liegt im TWEG, WW ist betroffen bzw. kann betroffen sein)
 - Abschließende Eingrenzung des Schadens in Boden und GW auf dem Standort und in der Schadstofffahne im Rahmen der Fortführung der DU
 - Fortführung der Schadstoffquellenermittlung
 - Errichtung weiterer GWMS zur horizontalen und vertikalen Abgrenzung der GW-Belastung einschließlich deren Beprobung
 - Berechnung von Schadstofffrachten
 - Abschließende Gefährdungsabschätzung im Rahmen der Fortführung der DU
 - Sanierungsuntersuchung (einschließlich Vergleich möglicher Sicherungs-/Sanierungsvarianten)
 - Sanierungsplanung
 - Sicherung/Sanierung (Umsetzung der Vorzugsvariante) in Boden und/oder GW
 - Maßnahmen im Wasserwerk zur Sicherstellung der Versorgung mit Trinkwasser in Abhängigkeit von der Höhe der Belastungen und des Anfalls des belasteten geförderten Wassers.

Denkbar wären u.a.

 - ◆ die kurzfristige Behandlung mittels einer Aktivkohlefilteranlage
 - ◆ eine biologische Behandlungsanlage als längerfristige Maßnahme
- b. Fallbearbeitung unter der Annahme, dass Gefahrenabwehrmaßnahmen langfristig erforderlich sind (Standort liegt außerhalb von TWEG, keine Betroffenheit eines WW bzw. relevanter Wasserfassungen)
 - Abschließende Eingrenzung des Schadens in Boden und GW auf dem Standort und in der Schadstofffahne im Rahmen der Fortführung der DU
 - Fortführung der Schadstoffquellenermittlung
 - Errichtung weiterer GWMS zur horizontalen und vertikalen Abgrenzung der GW-Belastung einschließlich deren Beprobung
 - Berechnung von Schadstofffrachten
 - Abschließende Gefährdungsabschätzung im Rahmen der Fortführung der DU
 - Entscheidung über die Notwendigkeit der Durchführung von Sicherungs-/Sanierungsmaßnahmen, ggf. Überwachung durch Grundwassermonitoring

4.1.8 Empfehlung zur Auswahl geeigneter Verfahren zur Schadstoffeliminierung

4.1.8.1 Darstellung von Auswahlkriterien

Fallspezifische Kriterien, deren Erfüllungsgrad für die Auswahl geeigneter Sanierungstechniken zu prüfen ist:

- Stoffbezogenes Schadstoffpotential (Schadstoffinventar, Art und Umfang der Kontamination)
- Lokalisierung und räumliche Abgrenzung der Kontaminationsquelle(n))
- Horizontale und vertikale Abgrenzung der Kontaminationsfahne
- Weitere Kontaminanten als Störfaktoren der Verfahrenstechnik
- Zugang bzw. Zuwegung zur Einrichtung und Wartung der Technik (z.B. unwegsames Waldgelände mit Trümmerresten)
- Verfügbarkeit von Flächen zur Einrichtung möglicher Techniken
- Untergrundbeschaffenheit - Grundwassersituation (Geologie, Hydrogeologie)
- Kosten-Nutzen-Abschätzung.

4.1.8.2 Darstellung geeigneter Verfahren zur Entfernung von STV aus kontaminiertem Grundwasser auf der Grundlage der Arbeitshilfe STV - Stufe IB - aus 2013

Durch die folgenden Maßnahmen können weitere Verfahrensgrundlagen ermittelt werden: Längerfristiger Pumpversuch mit Einschalten einer mobilen Aktivkohlefilteranlage, um das Verhalten von Schadstoffkonzentration und -spektrum zu untersuchen.

Die nachfolgende Tabelle benennt für das Fallbeispiel 1 prinzipiell geeignete Sanierungstechniken und ihre Vor- und Nachteile. Detaillierte Ausführungen zu den einzelnen technischen Verfahren sind der Arbeitshilfe STV - Stufe IB - und dem KORA-Leitfaden Bd. 5 zu entnehmen.

Tabelle 4: Standort 1 – Prinzipiell geeignete Sanierungstechniken mit Vor- und Nachteilen, abgeleitet aus der Arbeitshilfe STV Stufe IB und aus BMBF KORA TV5

Grundlagen: Abschließende Quellenermittlung und Sanierung der Schadstoffquelle(n)		
Sanierungstechniken GW	Vorteile	Nachteile
<p>Behandlung mittels Aktivkohlefilter</p> <p>Vgl. Beispiel Werk Tanne Clausthal-Zellerfeld</p> <p>Vgl. Beispiel Werk WASAG Elsnig</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Direkter Einsatz möglich • Gute Ergebnisse anhand der Beispiele bekannt 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Im Gegensatz zu den Beispielen in der AH STV IB sind die Schadstoffquellen nicht abschließend bekannt ○ Eine aufwändige Anlagentechnik ist in z.T. unwegsamem Gelände nicht einsetzbar
<p>Biologische Behandlungsanlage</p> <p>Vgl. Beispiel Werk Tanne Clausthal-Zellerfeld</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kostengünstige Variante • Aufwand könnte sich entsprechend der natürlichen Standortgegebenheiten stark reduzieren 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Zeitaufwändiges Verfahren - nicht für kurzfristige Gefahrenabwehr geeignet ○ Einschränkung der Effektivität des Verfahrens durch weitere Kontaminanten (Schwermetalle u.a.)
<p>Hydraulische Sicherung</p> <p>Vgl. Beispiel Stadtallendorf</p> <p>Vgl. Beispiel Leverkusen-Schlebusch</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Für kurzfristige Gefahrenabwehr geeignet • Direkte Gefahrenabwehr an GW-Entnahmestellen • Nutzung bereits existierender GWMS möglich 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Zusätzliche Verfahrenstechnik erforderlich - wie direkte Reinigung über Aktivkohlefilter ○ ggf. Errichtung weiterer GWMS erforderlich

4.2 Standort 2 - Munitionsanstalt mit TNT-Belastung

4.2.1 Kurzcharakteristik des Standortes

Als Fallbeispiel 2 wird eine Munitionsanstalt (MUNA) dargestellt, in der bis zum Ende des 2. Weltkrieges Sprengstoffe verarbeitet und Granaten befüllt wurden. Als relevante Flächen mit STV-Belastungen sind insbesondere die Schmelz- und Gießhäuser der Granatenfüllstelle zu benennen.

4.2.2 Historische - aktuelle Nutzung

Der Raum um den Standort 2 ist durch eine jahrhundertelange militärische Nutzung geprägt.

Tabelle 5: Standort 2 - Historische Nutzung mit STV-Relevanz

Zeitraum	Gesamtgelände	Teilflächen mit STV-Relevanz
Ende 1. WK	Errichtung einer Munitionsanstalt	
nach 1. WK	Artilleriedepot zur Zerlegung und Vernichtung von Munition und anderem militärischem Gerät	Pulverbrandplätze außerhalb der Umfriedung des Munitionslagers
		Pulvermagazine, Granatenerle- gungsstellen
nach 1. WK bis Ende 2. WK	Erneute Nutzung als Munitionsanstalt mit Erweiterungen	
vor 2. WK	Planung und Bau einer Granaten-Füllstelle in der Munitionsanstalt Errichtung eines Flugplatzes aus 2 ehemaligen Luftschiffhallen	Granaten-Füllstelle (entstanden aus den ehemaligen Munitionsdepots), bestehend aus mehreren Produktionsbezirken (v.a. Schmelz- und Gießhäuser und Abwassersystem) Befüllung von Fliegerbomben
Ende des 2. WK	Nutzungsaufgabe der Füllanlage (Vollbetrieb bis zum Zeitpunkt der Nutzungsaufgabe)	
nach 2. WK	militärische Nachnutzung (u.a. Flugzeug-Instandsetzungs-Werk Nutzung der MUNA größtenteils als Munitionslager und Teilbereiche als Kaserne)	
Weitere Anmerkungen zur Historie des Gesamtstandortes		
Ende des 18. Jhd.	Bis Anfang des 19 Jhd. Einrichtung und Erweiterung des TÜP, u.a. mit weiteren Schießplätzen, Truppenlagern, weiteren Geschoss- und Kartuschhäusern (Nutzung des TÜP auch zu Bombenabwurfübungen von Luftschiffen)	
nach 2. WK	Umbau und Erweiterung des benachbarten TÜP	
ab 1990	Nutzungsaufgabe	
aktuell	Keine Nutzung der ehemaligen MUNA im Bereich der Füllstelle, bewaldeter Bereich unterliegt der forstwirtschaftlichen Nutzung, Errichtung von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien auf Teilflächen	

Im Rahmen der Wiederaufrüstung zwischen den Weltkriegen wurde die Geschossfüllanlage am Rande des Truppenübungsplatzes zur Deckung des Munitionsbedarfes eingerichtet. In der Anlage wurden u.a. Fliegerbomben bis zu einem Gewicht von 5 Zentnern mit Sprengstoff befüllt.

Mit zwei weiteren Produktionsbereichen wurde die Füllanlage nach kurzer Zeit wesentlich vergrößert. Im ersten, älteren Produktionsbezirk sind Granaten schweren Kalibers im Handbetrieb

mit Sprengstoff befüllt worden. Für die beiden neuen Bezirke wurde der Prozess der Sprengstofffüllung der Granatenkörper weitgehend mechanisiert und teilautomatisiert. Insgesamt war die Füllanlage in der Lage, monatlich Granaten mit bis zu 1.250 Tonnen Sprengstoff bzw. Sprengstoffgemisch zu füllen.

Nach dem 2. Weltkrieg wurde der Standort u.a. als Flugzeug-Instandsetzungswerk umgenutzt und der Truppenübungsplatz weiter ausgebaut. Im Rahmen des Truppenabzugs ab 1990 wurde der Standort freigegeben, wobei Materialien des militärischen Bedarfs verbrannt bzw. vergraben wurden.

Flächen der ehemaligen Munitionsanstalt werden aktuell durch Anlagen zur Erzeugung regenerativer Energien genutzt. Der Bereich der Füllstellen unterliegt aktuell keiner Nutzung.

4.2.3 Geologische Grundlagen

Nach der Naturraumgliederung kann der Standort in den Raum der Norddeutschen Tiefebene mit dem Teilbereich eines Grund- und Endmoränenzuges eingestuft werden, geprägt durch die wiederholten Vorstöße des Skandinavischen Inlandeises und daher zum größten Teil aus eiszeitlichen Sedimenten aufgebaut. Der Standort befindet sich auf einer pleistozänen Hochfläche, Der Bereich der Füllstellen weist keine natürlichen Aufhöhungen auf (ca. 110 m ü. NHN).

Im Bereich des Standortes bilden Feinsande mit geringmächtigen holozänen Überdünnungen und einer Mächtigkeit bis ca. 30 m den obersten Horizont. Diese Schicht ist nahezu durchgängig verbreitet. Eingelagert in die Feinsande sind geringmächtige Grob- und Mittelsande, vereinzelt auch bindige Partien (Schluff, Lehm). In der sich anschließenden Schicht überwiegt Mittelsand mit Einlagerungen von Ton und Schluff. Es folgt eine Schicht aus Geschiebemergel (Stauhorizont zwischen 1. und 2. Grundwasserleiter), tonig-schluffig bis feinsandig-kiesig ausgebildet. Unterlagert wird diese Mergelschicht von einer 10 - 12 m mächtigen Grundwasser führenden Schicht aus Mittel- bis Grobsanden mit Feinsandanteilen, die den 2. GWL darstellt. Der 3. GWL setzt sich aus Mittel- und Grobsanden mit feinkiesigen und feinsandigen Anteilen zusammen. Lokal können stark gestörte Schichtenfolgen auftreten, die u.a. durch Einlagerungen von Ton- und Kohlelagen gekennzeichnet sind.

4.2.4 Hydrogeologische Grundlagen

Von West nach Ost verläuft eine regional bedeutende Wasserscheide, die zwei große Einzugsgebiete voneinander trennt. Nördlich des Standortes erstreckt sich ein ausgedehntes Graben- und Gewässersystem, dessen Gewässer in Richtung Norden fließen. Die Wasserscheide ist bis in den Bereich der Munitionsanstalt ausgebildet. Dieser entwässert in südliche Richtung.

In dem Standortbereich können mehrere Grundwasserstockwerke aufgezeigt werden. Der 1. GWL mit einem Flurabstand von ca. 18 bis ca. 24 m u. GOK wird als unbedeckt und ungespannt beschrieben. Er erstreckt sich in Horizonten des Fein- bis Mittelsandes, teilweise schluffig (Mächtigkeit des 1. GWL mit ca. 30 - 40 m u. GOK). Der Haupt-GWL (2. GWL) kann je nach Ausprägung der Schichtenfolge mit dem 3. GWL korrespondieren. Er ist als bedeckt und gespannt angegeben.

Hinsichtlich der wasserwirtschaftlichen Gegebenheiten zeigen sich im Bereich des Standortes mehrere Wasserversorgungsanlagen. Auf dem Standort selbst existierte ehemals ein Wasserwerk zur Versorgung der umliegenden Ortsgemeinden. Nach dem Nachweis von STV-Belastungen im Rohwasser wurde die Nutzung eingestellt und das Wasserwerk umgebunden.

4.2.5 Nutzungsbereiche

Der Standort 2 ist in seiner Gesamtheit als Truppenübungsplatz einzuordnen. Die im Verhältnis zur Gesamtfläche kleinräumigen Verdachtsflächen der hier mit STV-Relevanz betrachteten Granaten-Füllstelle können funktional grob unter Füllstationen, Spreng- und Verbrennungsplätze sowie das Abwassersystem mit Sickergräben und -becken mit STV-Belastungen in Boden und Grundwasser zusammengefasst werden.

4.2.6 Bearbeitungsstand

Im Bereich des Standortes 2 sind verschiedene Maßnahmen im Rahmen eines stufenweisen Vorgehens zur Bearbeitung der Altlastenproblematik durchgeführt worden:

- Bestandsaufnahme - Erstbewertung mit Handlungskonzept - abgeschlossene Historisch-deskriptive Recherche
 - ◆ Zusammenstellung der grundlegenden Informationen zum Standort
 - Füllbezirke
 - Sprengplätze
 - Verbrennungsplätze
 - Abwassersystem
- Orientierende Untersuchung (OU)
 - ◆ Erkundung der vermuteten Grundwasser-Belastungen
 - Errichtung von Grundwassermessstellen (GWMS) im 1. und 2. GW
 - Anhaltspunkte auf STV-Belastungen für die Schutzgüter Boden bzw. Grundwasser: Festgestellte Schadstoffe: TNT mit Metaboliten 2-A-4,6-DNT, 4-A-2,6-DNT, TNB sowie RDX, geringfügige STV-Belastungen auch im 2. GWL, 3. GWL ohne Befund
 - Empfehlung für DU: Detaillierte Untersuchungen, insbesondere des Abwassersystems (Rohrleitungen und Becken)
- Detailuntersuchung (DU)
 - ◆ Erkundung weiterer Untersuchungspunkte der Füllstellen mit Abwassersystem
 - Beprobung von Materialproben (Schlamm) auf STV
 - Vorschlag zum Beräumen und zur Entsorgung von STV-belastetem Material im Bereich des Abwassersystems (Verhinderung von Verfrachtungen der STV-Belastungen)
- Weitere Untersuchungsmaßnahmen im Bereich der Füllstellen bzw. ermittelter Grundwasserbelastungen
 - ◆ Durchführung der noch ausstehenden Untersuchungen
 - Bodenuntersuchung auf noch nicht vollständig erkundeten Verdachtsflächen (u.a. Verbrennungsplätze)
 - Einbeziehen des Oberflächengewässernetzes ins GW-Monitoring
 - Abschließende Erkundungsmaßnahme im Abwassersystem (u.a. nicht abschließend erkundete Haufwerke)
 - Entsorgung kontaminierter Haufwerke
 - ◆ Erweiterung des GWMS-Netzes
 - Bestätigung der festgestellten Kontaminationen

Die kontaminierten Flächen wiesen STV-Belastungen des Bodens und des Grundwassers auf. Durch Entsorgung kontaminierter Haufwerke konnte eine der Kontaminationsquellen beseitigt werden. Als weitere Schadstoff-Emittenten waren die Bausubstanz der Gebäude und das Abwassersystem zu untersuchen.

In das Grundwassermonitoring wurden auch zwei Oberflächenwassermessstellen einbezogen. Die Analytik wurde auf die STV der Els nig-Liste mit 15 Einzelparametern festgelegt.

Die betroffenen Flächen werden in der folgenden Tabelle charakterisiert.

Tabelle 6: Standort 2 - Nutzungsbereiche mit STV-Relevanz, betroffenem Schutzgut und Schadstoffspektrum

Nutzungsbereich	Schutzgut	Schadstoffspektrum Boden/ Gebäude	Schadstoffspektrum GW
Sickerbecken		Erhöhte STV-Konz.: TNT, TNB, 2-A-4,6-DNT, 4-A-2,6-DNT, 2,4-DNT, 1,3-DNB, z.T. Hexogen	
Füllbezirke	GW		Sehr hohe STV-Konz.: TNT, 2-A-4,6-DNT, 4-A-2,6-DNT, DNB, TNB, RDX
Verbrennungsplatz	Boden	Sehr hohe STV-Konz.: TNT, TNB, 2-A-4,6-DNT, 4-A-2,6-DNT, 2,4-DNT, 1,3-DNB, z.T. Hexogen; unter Sohle geringe STV-Konz.	
Sickergraben (Wasserwerk)	Boden	Geringe STV-Konz.	
Abwassersystem	Boden	Rohrleitung und darunter: geringe STV-Konz.	

Im Rahmen der OU wurden Verdachtsflächen wie Absetzbecken, Füllstellen, Granatenausbrennstellen, Brandflächen, Explosionsflächen, Granatenfüllstelle und Hülsenreinigung sowie Kanäle und Rohrleitungen registriert. Da bereits in dieser Erkundungsphase Grundwasserkontaminationen durch STV vermutet wurden, wurde die Errichtung von GWMS in den Leistungsumfang einbezogen. Die höchsten STV-Belastungen konnten im Bereich der ehemaligen Schmelz- und Gießhäuser ermittelt werden. Die Grundwasseruntersuchung im 1. GWL ergab eine ebenfalls hohe TNT-Belastung. Auch im 2. GWL konnten Belastungen in abgeschwächter Form nachgewiesen werden, hier wurde die Ursachenforschung insbesondere auf den Stauhorizont bezogen vorgeschlagen. Außerdem sollte das Ausmaß möglicher STV-Belastungen durch das Abwassersystem untersucht werden.

Im Rahmen der DU wurde die umfassende Lokalisierung des Systems zur Abwasserbehandlung der Füllstellen mit den Kontaminationsschwerpunkten - Absetzbecken - und - Sickergruben - erreicht. Z.T. waren sehr hohe STV-Konzentrationen im Boden nachweisbar, analysiert wurden TNT, TNB, 2-A-4,6-DNT, 4-A-2,6-DNT, 2,4-DNT, 1,3-DNB sowie teilweise Hexogen. Innerhalb von baulichen Einrichtungen wurden sehr hohe STV-Kontaminationen der genannten Einzelparameter nachgewiesen. Als weiterer Handlungsbedarf nach der DU wurden als kurz- bis mittelfristige Maßnahmen Beräumungs- und Entsorgungsmaßnahmen in den STV-belasteten Gebäuden und Anlagen benannt. Noch nicht untersuchte Flächen, wie Brand- und Vernichtungsplätze, sollten nacherkundet werden.

Es folgten Grundwasseruntersuchungen im Bereich der Kontaminationsschwerpunkte, die stetig ansteigende STV-Gehalte erkennen ließen.

An Einzelparametern wurden u.a. TNT, ADNT, DNB, TNB und RDX nachgewiesen.

Neben den STV-Belastungen des Füllbezirkes und des entsprechenden Abwassersystems sind weitere Flächen, wie Verbrennungsplätze, mit in die Überlegungen zu Sanierungsmaßnahmen einzubeziehen.

4.2.7 Defizitanalyse

Zusammenfassung der vorliegenden Informationsdichte

Auf dem Standort ist nach den vorliegenden Gutachten eine Kontamination durch STV (TNT mit Metaboliten ADNT, TNB und Hexogen (RDX)) eindeutig im Grundwasser nachgewiesen. Untersuchungen einzelner Brunnen des benachbarten Wasserwerkes zeigten STV-Belastungen im Rohwasser auf. In der Folge wurde das betroffene Wasserwerk umgebunden.

Boden- und Grundwasserbelastungen durch STV wurden in den bisher durchgeführten Untersuchungsphasen der Altlastenbearbeitung nachgewiesen. Neben der Fortführung des Grundwassermonitorings wäre in weiteren Untersuchungen die Bausubstanz der ehemaligen Schmelz- und Gießhäuser auf STV-Kontaminationen zu untersuchen. Hierbei sollten weitere Erkenntnisse auf mögliche Kontaminationsquellen gewonnen werden.

Sollte das umgebundene Wasserwerk wieder in Nutzung gehen, müssten weitere Erkundungen und Maßnahmen erfolgen. Die abschließende Quellenerkundung wäre eine grundlegende Maßnahme der Ursachenerforschung, eine entsprechende Sanierung müsste durchgeführt werden. Aber auch Maßnahmen zur Eliminierung der STV-Belastungen im Rohwasser wären unumgänglich.

Zusammenstellung von Defiziten für die zwei grundsätzlichen Fallgestaltungen

- a. Fallbearbeitung unter der Annahme, dass Gefahrenabwehrmaßnahmen kurzfristig erforderlich sind (Standort liegt im TWEG, WW ist betroffen bzw. kann betroffen sein) (Bezug: Umgebundenes Wasserwerk)
 - Abschließende Eingrenzung des Schadens in Boden, Bausubstanz und GW auf dem Standort im Rahmen der Fortführung der DU
 - Fortführung der Schadstoffquellenermittlung (abschließende genaue Identifikation der Kontaminationsquellen bzw. STV-Emittenten)
 - Evtl. Errichtung weiterer GWMS zur horizontalen und vertikalen Abgrenzung der GW-Belastung und deren Schadstofffahnen
 - Berechnung von Schadstofffrachten
 - Abschließende Gefährdungsabschätzung im Rahmen der Fortführung der DU
 - Sanierungsuntersuchung (einschließlich Vergleich möglicher Sicherungs-/Sanierungsvarianten)
 - Sanierungsplanung zur schnellen Umsetzung
 - Abbruch und Entsorgung der kontaminierten Gebäude, Abwasseranlage und Haufwerke
 - Sicherung/Sanierung (Umsetzung der Vorzugsvariante) in Boden und/oder GW
 - Maßnahmen im Wasserwerk zur Sicherstellung der Versorgung mit Trinkwasser in Abhängigkeit von der Höhe der Belastungen und des Anfalls des belasteten geförderten Wassers
- Denkbar wäre u.a.
- ◆ die kurzfristige Behandlung mittels einer Aktivkohlefilteranlage
 - ◆ Hydraulische Sicherung

- b. Fallbearbeitung unter der Annahme, dass Gefahrenabwehrmaßnahmen langfristig erforderlich sind (Standort liegt außerhalb von TWEK, keine Betroffenheit eines WW bzw. relevanter Wasserfassungen) (Bezug: WW ist umgebunden und aktuell nicht in Nutzung)
- Abschließende Eingrenzung des Schadens in Boden, Bausubstanz und GW auf dem Standort und in der Schadstofffahne im Rahmen der Fortführung der noch ausstehenden Maßnahmen
 - Fortführung der Schadstoffquellenermittlung
 - Errichtung weiterer GWMS zur horizontalen und vertikalen Abgrenzung der GW-Belastung einschließlich deren Beprobung
 - Berechnung von Schadstofffrachten
 - Abschließende Gefährdungsabschätzung im Rahmen der Fortführung der DU
 - Entscheidung über die Notwendigkeit der Durchführung von Sicherungs-/Sanierungsmaßnahmen, Grundwassermonitoring
 - Zu überprüfen wären u.a. folgende Sanierungstechniken
 - ◆ die kurzfristige Behandlung mittels einer Aktivkohlefilteranlage
 - ◆ eine biologische Behandlungsanlage als längerfristige Maßnahme

4.2.8 Empfehlung zur Auswahl geeigneter Verfahren zur Schadstoffeliminierung

4.2.8.1 Darstellung von Auswahlkriterien

Fallspezifische Kriterien, deren Erfüllungsgrad für die Auswahl geeigneter Sanierungstechniken zu prüfen ist:

- Stoffbezogenes Schadstoffpotential (Schadstoffinventar, Art und Umfang der Kontamination)
- Lokalisierung und räumliche Abgrenzung der Kontaminations-Quelle(n)
- Horizontale und vertikale Abgrenzung der Kontaminations-Fahne
- Weitere Kontaminanten als Störfaktoren der Verfahrenstechnik (Schwermetalle, MKW-Belastungen durch die Nachnutzung des Geländes)
- Zugang bzw. Zuwegung zur Einrichtung und Wartung der Technik/- zu den Sanierungsbereichen (unwegsames Waldgelände mit Trümmerresten; Wasserwerksbrunnen zur Beprobung des 2. bzw. 3. GWL; Lage des Abwassersystems)
- Verfügbarkeit von Flächen zur Einrichtung möglicher Techniken
- Untergrundbeschaffenheit - Grundwassersituation (Geologie, Hydrogeologie)
- Sonstige konkurrierende Nutzungen (Schutzgebietsbereiche - Wasserschutzgebiet des umgebundenen WW sowie naturschutzrelevante Belange/Flächen)
- Kosten-Nutzen-Abschätzung

4.2.8.2 Darstellung geeigneter Verfahren zur Entfernung von STV aus kontaminiertem Grundwasser auf der Grundlage der Arbeitshilfe STV - Stufe IB - aus 2013

Die nachfolgende Tabelle benennt für das Fallbeispiel 2 prinzipiell geeignete Sanierungstechniken und ihre Vor- und Nachteile. Detaillierte Ausführungen zu den einzelnen technischen Verfahren sind der Arbeitshilfe STV - Stufe IB - und dem BMBF KORA LFTV 5 zu entnehmen.

Tabelle 7: Standort 2 – Prinzipiell geeignete Sanierungstechniken mit Vor- und Nachteilen, abgeleitet aus der Arbeitshilfe STV Stufe IB und aus BMBF KORA LF TV5

Grundlagen: Abschließende Ermittlung der vermuteten punktuellen Schadensquellen		
Sanierungstechniken GW	Vorteile	Nachteile
<p>Behandlung mittels Aktivkohlefilter</p> <p>Vgl. Beispiel Werk Tanne Clausthal-Zellerfeld</p> <p>Vgl. Beispiel Werk WASAG Elsnig</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Direkter Einsatz möglich (umgehende Eliminierung der STV möglich) • Gute Ergebnisse anhand der Beispiele bekannt 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Schadstoffquellen benachbarter Altlasten sind nicht abschließend bekannt ○ Eine aufwändige Anlagentechnik ist in z.T. unwegsamem Gelände nicht einsetzbar
<p>Hydraulische Sicherung</p> <p>Vgl. Beispiel Stadtallendorf</p> <p>Vgl. Beispiel Leverkusen-Schlebusch</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Zur direkten Gefahrenabwehr gut geeignet • Existierende Brunnen und GWMS nutzbar 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Zusätzliche Verfahrenstechnik notwendig - wie direkte Reinigung über Aktivkohlefilter ○ Ggf.. Errichtung weiterer GWMS erforderlich
<p>Biologische Behandlungsanlage</p> <p>Vgl. Beispiel Werk Tanne Clausthal-Zellerfeld</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kostengünstige Variante • Aufwand könnte sich entsprechend der natürlichen Standortgegebenheiten stark reduzieren 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Zeitaufwändiges Verfahren – nicht für kurzfristige Gefahrenabwehr geeignet ○ Einschränkung der Effektivität des Verfahrens durch weitere Kontaminanten (Schwermetalle, MKW u.a.)
<p>In-Situ-Verfahren</p> <p>Möglichkeiten (vgl. WASAG Sythen in Haltern Am See oder allgemein AH I B):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ In-Situ-Abbau (auf mikrobiologischer Basis durch Ozonintrag) ○ In-Situ-Verfahren mittels Pilzinjektion ○ Alkohol-Verfahren 	<ul style="list-style-type: none"> • Alternativverfahren zu gängiger Methodik • Quellen müssen nicht unbedingt abschließend bekannt sein • Flexible Einsetzbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> ○ U.U. langwieriger Prozess und Sanierungsverlauf ○ Im Feld noch mit Unsicherheiten bzgl. Beeinträchtigungen durch Co-Kontaminanten behaftet

4.3 Standort 3 - Truppenübungsplatz mit Sprengplätzen und Bombenabwurfplatz

4.3.1 Kurzcharakteristik des Standortes

Der Standort des Fallbeispiels 3 diente seit dem Ende des 19. Jahrhunderts als militärisches Übungsgelände mit Sprengplätzen auf einer Gesamtfläche von ca. 15.000 ha. Nach dem 2. Weltkrieg wurden die Flächen auch weiterhin militärisch genutzt. Als STV-relevante Nutzungsbereiche können ein Schießplatz, Bombenabwurfplätze für Flugzeuge, der Bereich der Minenwurfschule und Sprengplätze aufgezeigt werden.

Der Truppenübungsplatz (TÜP) liegt im Einzugsgebiet von Wasserfassungen, in denen im Rohwasser bereits STV-Belastungen nachgewiesen wurden.

4.3.2 Historische - aktuelle Nutzung

Der Standort 3 blickt auf eine lange militärische Geschichte zurück. Zum Ende des 19. Jahrhunderts gab es erstmals Nachweise für militärische Aktivitäten in diesem Raum.

Tabelle 8: Standort 3 - Historische Nutzung mit STV-Relevanz

Zeitraum	Gesamtgelände	Teilflächen mit STV-Relevanz
ab Ende 19. Jhd.	Entwicklung des Raumes für militärische Zwecke	Übungsbereich zum Bombenabwurf aus der Luft
vor 1. WK	Nutzung eines Versuchsschießplatzes	
	Übungsbereich als Nahkampfmittelplatz	
während 1. WK	Übungsschießen mit Minenwerfern	
nach 2. WK		Bombenabwurfplatz
Weitere Anmerkungen zur Historie des Gesamtstandortes		
nach 1. WK	Privatisierung von militärischen Flächen, nach Kriegsende sind noch 3 gesonderte Schießplätze vorhanden	Schießplätze
vor 2. WK	Truppenübungsplatz	
nach 2. WK	Nutzung des TÜP als Panzerübungsgelände und Schießplatz	Schießplatz
	Erweiterung des TÜP, Errichtung verschiedener Bunkeranlagen	Panzerschießstand mit Munitionslager und Bombenabwurfplatz
	Errichtung eines Truppenlagers	
ab 1990	Nutzungsaufgabe des gesamten TÜP, Gleichzeitig wurden auf vielen Flächen Renaturierungsmaßnahmen eingeleitet	

Nachdem Ende des 19. Jahrhunderts Ballone und Luftschiffe als Kriegsmaschinen in militärische Operationen einbezogen wurden, erfolgten auf dem Gelände Übungen zum Bombenabwurf aus der Luft. Ein Nahkampfmittelplatz wurde erstmals vor dem 1. Weltkrieg eingerichtet.

Nach dem 1. Weltkrieg erfolgte eine Privatisierung von Flächen, der Schießplatz blieb weiter in militärischer Nutzung. Im Vorfeld des 2. Weltkrieges wurde die Militarisierung des Standortes wieder vorangetrieben. So wurde ein Bombenabwurfplatz nochmals erneuert und es entstanden ein Panzerschießstand mit Munitionslager und ein Bombenabwurfplatz für Flugzeuge. Verschiedene Bunkerobjekte dienten als Leitstände für mobile Raketen, militärische Fernmeldeknotenpunkte sowie als Radarobjekte.

Nach dem 2. Weltkrieg entstand aus dem Bombenabwurfplatz ein großflächiger Truppenübungsplatz. Auf diesem erfolgten mehrere Erweiterungen und Neuerrichtungen von militärischen Anlagen.

Nach dem Freizug der Liegenschaft erfolgte in bewaldeten Gebieten lediglich eine forstwirtschaftliche Nutzung. Eine relativ offene Teilfläche wird aktuell zur Gewinnung von regenerativen Energien genutzt.

4.3.3 Geologische Verhältnisse

Der TÜP liegt in naturräumlicher Sicht im Bereich eines Urstromtales und eines Hochflächengebietes. Die höchste Erhebung befindet sich im östlichen Teil des Standortes. Der Höhenunterschied zum Niveau des Urstromtals (Jungmoränenland) beträgt auf eine Entfernung von nur 1 Kilometer rund 120 Meter. Das Gebiet im Bereich der Erhebungen besteht meist aus Sanden und untergeordnet aus Geschiebemergel. Als Bestandteil der Altmoränenlandschaft findet man an der Erhebung zahlreiche Windkanter, die während der jüngsten Weichseleiszeit entstanden.

Der geologische Untergrund kann bis in eine Tiefe von ca. 70 m durch quartäre Sande und Tone charakterisiert werden. Aus Bodenaufschlüssen ist zu ersehen, dass eine Wechselfolge von Sanden, Kiesen und Lehm in unterschiedlicher Horizontmächtigkeit den 1. GWL ausbildet.

4.3.4 Hydrogeologische Grundlagen

Hydrologisch wird der Raum durch Gewässer und Gräben geprägt, wobei einzelne Gräben auch den Standort selbst tangieren und durchziehen.

Hydrogeologisch ist der Standort abhängig vom Relief des großflächigen TÜP. Die höchste Erhebung mit 178 m ü. NHN zeigt einen GW-Flurabstand bei 44 m u. GOK, in den Niederungen kann sich der Flurabstand bis auf 4 - 5 m u. GOK verringern. Die Fließrichtung ist grob in nördliche Richtung anzusehen.

Der 1. GWL erstreckt sich in kiesigen Sanden/Lehmen bis Kies mit einer Mächtigkeit von ca. 45 m. Ein 2. GWL muss nicht grundlegend im gesamten Gebiet ausgeprägt sein. In einer Bohrung im Bereich des Bombenabwurfplatzes wurde ab ca. 50 m u. GOK eine Tonschicht als Stauer mit einer Mächtigkeit von 12 m angetroffen. Es folgt der 2. GWL, welcher sich in tertiären Sand- und Tonschichten erstreckt (Endteufe der Bohrung ca. 71 m u. GOK).

Aus wasserwirtschaftlicher Sicht spielen die Flächen des Rüstungsalstandortes eine Rolle, Flächen der Wasserversorgung eines Wasserwerkes sind hier direkt betroffen. Die Schutzzone III des Wasserwerkes überlagert den Standort und die relevanten Teilflächen. Ein objekt eigenes Wasserwerk entnimmt Wasser aus einer Tiefe von ca. 15 m.

4.3.5 Nutzungsbereiche

Der Standort 3 kann in der Gesamtheit als Nutzungseinheit eines Truppenübungsplatzes eingeordnet werden. Auf den beiden STV-relevanten Teilflächen (Truppenübungsplatz i.e.S. und Bombenabwurfplatz) wurden im Rahmen der Erhebung mehr als 500 Verdachtsflächen festgehalten. Für mehr als ein Viertel dieser Verdachtsflächen wurden Sofortmaßnahmen empfohlen, die insbesondere eine Munitionsbeseitigung beinhalteten.

Die Verdachtsflächen wurden in den Unterlagen in bestimmte Kategorien wie geschobene Flächen und Vergrabungen oder technische Bereiche, Anlagen, in denen mit wassergefährdenden Stoffen wie Mineralölen u.a. umgegangen wurde, bzw. Schrottplätze eingestuft.

Auf Flächen wie Vergrabungen, Schrott- oder Sprengplätzen (u.a. auch im Bereich des Bombenabwurfplatzes) konnte nicht ausgeschlossen werden, dass Munitionsreste und auch Sprengstoffe vorgefunden bzw. nachgewiesen werden konnten.

Weitere Flächen mit möglichen STV-Belastungen könnten auch die Bomben-Haupteinschlaggebiete sowie der Sprengplatz bzw. Munitionsvernichtungsplatz darstellen.

Tabelle 9: Standort 3 - Nutzungsbereiche mit STV-Relevanz und Schadstoffspektrum

Nutzungsbereich	Potentielles Schadstoffspektrum GW/ Nachweis im Wasserwerk (Rohwasser)
Bombenabwurfplatz	2,4,6-TNT, 2,4-DNT, 2,6-DNT, 4-NT, 2-NT sowie weiterhin Naphthaline, Alkylbenzole, Phthalate
Geschobene Flächen/Vergrabungen	2,4,6-TNT, 2,4-DNT, 2,6-DNT, 4-NT, 2-NT sowie weiterhin Naphthaline, Alkylbenzole, Phthalate
Sprengplatz	2,4,6-TNT, 2,4-DNT, 2,6-DNT, 4-NT, 2-NT sowie weiterhin Naphthaline, Alkylbenzole, Phthalate

4.3.6 Bearbeitungsstand

Im Bereich des Standortes 3 sind verschiedene Maßnahmen im Rahmen eines stufenweisen Vorgehens zur Bearbeitung der Altlastenproblematik durchgeführt worden:

- Bestandsaufnahme einer Teilfläche des TÜP (Tanklager) - Erstbewertung mit Handlungskonzept
- Abgeschlossene Historisch-deskriptive Recherche, punktuell auch im Bereich der Flächen möglicher STV-Belastungen
 - ◆ Zusammenstellung der grundlegenden Informationen zum Standort
- Anschließende erneute Bewertung
- Fehlende Orientierende Untersuchung und Detailuntersuchung im Bereich möglicher STV-Belastungen auf dem Standort
- Grundwasseruntersuchungen und regelmäßige Überprüfungen des Rohwassers des WW
 - ◆ regelmäßige Untersuchungen im Wasserwerk mit Hinweisen auf STV-Belastungen

Die Historisch-deskriptive Recherche kann als abgeschlossen gelten. Die Recherche der beiden Teilflächen mit STV-Relevanz - eigentlicher Truppenübungsplatz - und - Bombenabwurfplatz - erfolgte im Rahmen einer Nachrecherche.

Vor wenigen Jahren wurde eine Belastung des Rohwassers des, den Standort tangierenden, Wasserwerkes mit STV in Spuren aufgezeigt (u.a. der Einzelkomponenten 2,4,6-TNT, 2,4-DNT, 2,6-DNT, 4-NT, 2-NT sowie weiterhin Naphthaline, Alkylbenzole, Phthalate und sonstige Substanzen wie u.a. Biphenyl).

4.3.7 Defizitanalyse

Zusammenfassung der vorliegenden Informationsdichte

Auf dem Gesamtstandort sind bisher lediglich die ersten Schritte des stufenweisen Vorgehens zur Bearbeitung der Altlastenproblematik erfolgt.

Weitere Verdachtsflächen mit STV-Belastungen können nach den vorliegenden Untersuchungen nicht ausgeschlossen werden. In jüngster Zeit durchgeführte Rohwasseruntersuchungen in Wasserfassungen konnten Kontaminationen durch STV (TNT, NT, DNT) in Spuren nachweisen. Im Verlauf der langjährigen Nutzung der Liegenschaft eingetragene STV haben somit mit Konzentrationen im Spurenbereich ein sich in Nutzung befindendes Wasserwerk erreicht.

Nach den bisherigen Untersuchungen fehlen eine abschließende genaue Identifikation möglicher Kontaminationsquellen bzw. STV-Emittenten sowie Untersuchungen zu Art, Ausbreitung und Ausmaß der ermittelten STV-Kontamination.

Die nachgewiesenen STV-Belastungen im Rohwasser des benachbarten Wasserwerkes bedingen weitere Maßnahmen zur Erkundung. Zur weiteren Bearbeitung müssten sich die Durchführung von OU und DU anschließen.

Zusammenstellung von Defiziten für die zwei grundsätzlichen Fallgestaltungen

- a. Fallbearbeitung unter der Annahme, dass Gefahrenabwehrmaßnahmen kurzfristig erforderlich sind (Standort liegt im TWEG, WW ist betroffen bzw. kann betroffen sein) (Bezug: bereits betroffenes Wasserwerk, eine Umbindung ist nicht möglich)
- Abschließende Eingrenzung des Schadens in Boden und GW auf dem Standort und möglicher Schadstofffahnen
 - Fortführung der Schadstoffquellenermittlung (abschließende genaue Identifikation der Kontaminationsquellen bzw. STV-Emittenten im Rahmen einer OU bzw. DU)
 - Errichtung weiterer GWMS zur horizontalen und vertikalen Abgrenzung der GW-Belastungen einschließlich deren Beprobung
 - Berechnung von Schadstofffrachten
 - Abschließende Gefährdungsabschätzung im Rahmen der DU
 - Einleiten eines Grundwassermonitorings mit Errichtung weiterer GWMS
 - Sanierungsuntersuchung (einschließlich Vergleich möglicher Sicherungs-/Sanierungsvarianten)
 - Sanierungsplanung
 - Sicherung/Sanierung (Umsetzung der Vorzugsvariante) in Boden und/oder GW
 - Maßnahmen im Wasserwerk zur Sicherstellung der Versorgung mit Trinkwasser in Abhängigkeit von der Höhe der Belastungen und des Anfalls des belasteten geförderten Wassers
- Denkbar wäre u.a.
- ◆ die kurzfristige Behandlung mittels einer Aktivkohlefilteranlage
 - ◆ möglicherweise Einleiten einer Sofortmaßnahme, hydraulische Sicherung
 - ◆ bezüglich einer Rohwassergefährdung des genutzten WW - Einrichten einer alternativen Wasserversorgung
 - ◆ eine biologische Behandlungsanlage als längerfristige Maßnahme
- b. Fallbearbeitung unter der Annahme, dass Gefahrenabwehrmaßnahmen langfristig erforderlich sind (Standort liegt außerhalb von TWEG, keine Betroffenheit eines WW bzw. relevanter Wasserfassungen)
- Abschließende Gefährdungsabschätzung im Rahmen einer DU
 - Abschließende Eingrenzung des Schadens in Boden und GW auf dem Standort und Abschätzung der Gefährdung für die aktuell genutzten Wasserfassungen
 - Fortführung der Schadstoffquellenermittlung
 - Errichtung weiterer GWMS zur horizontalen und vertikalen Abgrenzung der GW-Belastung einschließlich deren Beprobung
 - Berechnung von Schadstofffrachten
 - Entscheidung über die Notwendigkeit der Durchführung von Sicherungs-/Sanierungsmaßnahmen, ggf. Durchführung eines Grundwassermonitorings zur Überwachung

In den vorliegenden Gutachten wurde der weitere Handlungsbedarf (nach Erhebung), u.a. als Sofortmaßnahmen, insbesondere zur Munitionsberäumung und Entsorgung der Schrottplätze aufgeführt. Es fehlen insbesondere detaillierte Untersuchungen zum Schadstoffinventar sowie

zu Art, Umfang und Ausdehnung der Kontamination. Eine Quellenerkundung ist erforderlich. Wichtig wäre es, in Erfahrung zu bringen, ob die Kontaminationen als punktuelle Belastungen vorliegen oder mehrere größere Schadstofffahnen mit unterschiedlichem Kontaminationspotential darstellen.

4.3.8 Empfehlung zur Auswahl geeigneter Verfahren zur Schadstoffeliminierung

4.3.8.1 Darstellung von Auswahlkriterien

Nach dem aktuellen Kenntnisstand fehlen eine Vielzahl grundlegender Daten zu möglichen STV-Kontaminationen in Boden und GW, bevor Auswahlkriterien für geeignete Verfahren zur Schadstoffeliminierung detailliert benannt werden können.

Es lassen sich grob einige Szenarien skizzieren, bei denen folgende Lösungsansätze denkbar wären:

- 1) Die Belastungen beschränken sich nach der Lokalisierung der maßgeblichen Schadensherde auf den Bereich des Schutzgutes Boden - hier wäre, unter Berücksichtigung entsprechender Randbedingungen als weiterer Handlungsbedarf die Sanierung der Flächen durch Auskoffern und Entsorgung der belasteten Erdmassen vorzusehen
- 2) Eine Gefährdung des Schutzgutes Grundwasser ist bereits eingetreten, zusätzlich sind Gefahrenabwehrmaßnahmen zur Vermeidung weiterer Grund- und Rohwasserbelastungen einzuleiten:
 - Vorhalten von belastetem Grundwasser in der Rückhaltung
 - Einleiten von hydraulischen Sicherungsmaßnahmen
 - Vorhalten von Anlagen zur Behandlung von STV-belastetem Wasser, u.a. über Aktivkohlefiltration
- 3) Es liegen Bodenbelastungen und lokal eingegrenzte Grundwasserbelastungen durch STV vor. Eine Freisetzung der Grundwasserbelastungen ist nicht auszuschließen (vergleichbar der unter Punkt 2 aufgeführten Maßnahmen)

Fallspezifische Kriterien, deren Erfüllungsgrad für die Auswahl geeigneter Sanierungstechniken zu prüfen ist:

- Untergrundbeschaffenheit – detaillierte Grundwassersituation (Geologie, Hydrogeologie)
- Stoffbezogenes Schadstoffpotential (Schadstoffinventar, Art und Umfang der Kontamination)
- Lokalisierung und räumliche Abgrenzung der Kontaminationsquelle(n)
- Horizontale und vertikale Abgrenzung der Kontaminationsfahne
- Erreichbarkeit des Bereichs (im Waldgebiet, Gebäuderelikte bzw. Trümmer)
- Zugang/Zuwegung zur Einrichtung/Wartung der Technik
- Verfügbarkeit von Flächen zur Einrichtung möglicher Anlagen
- Weitere Kontaminanten als Störfaktor der Verfahrenstechnik (bisher auszuschließen)
- Sonstige konkurrierende Nutzungen (Schutzgebietsbereiche - Wasserschutzgebiet der ehemaligen WW sowie naturschutzrelevante Belange/Flächen)
- Kosten-Nutzen-Abschätzung

4.3.8.2 Darstellung geeigneter Verfahren zur Entfernung von STV aus kontaminiertem Grundwasser auf der Grundlage der Arbeitshilfe STV - Stufe IB - aus 2013

Der im Rahmen der vorliegenden Arbeitshilfe ganz bewusst gewählte Bearbeitungsstand des Fallbeispiels lässt eine konkrete Beurteilung geeigneter Verfahren kaum zu.

Detaillierte Aussagen über Kontaminationen, deren Ausmaß/Umfang sowie Kontaminationsgrad können aus den vorliegenden Unterlagen nicht entnommen werden. Die nachfolgende Tabelle benennt für das Fallbeispiel 3 prinzipiell geeignete Sanierungstechniken und ihre Vor- und Nachteile, kann jedoch nur als erster Ansatz angesehen werden. Wenn die entsprechenden Erkenntnisse der noch fehlenden Erkundungen vorliegen, müsste die Verfahrensauswahl weiter angepasst und eventuell variiert werden.

Detaillierte Ausführungen zu den einzelnen technischen Verfahren sind der Arbeitshilfe STV - Stufe IB - und dem BMBF KORA LF TV 5 zu entnehmen.

Tabelle 10: Standort 3 – Prinzipiell geeignete Sanierungstechniken mit Vor- und Nachteilen, abgeleitet aus der Arbeitshilfe STV Stufe IB und aus BMBF KORA LF TV5

Grundlagen: Durchführung der OU/DU, abschließende Quellenermittlung und Ausmaß der GW-Belastungen		
Sanierungstechniken GW	Vorteile	Nachteile
Behandlung mittels Aktivkohlefilter Vgl. Beispiel Werk Tanne Clausthal-Zellerfeld Vgl. Beispiel Werk WASAG Eising	<ul style="list-style-type: none">• Direkter Einsatz möglich• Gute Ergebnisse anhand der Beispiele bekannt	<ul style="list-style-type: none">○ Im Gegensatz zu den Beispielen in AH STV IB sind die Schadstoffquellen bisher nicht bekannt
Biologische Behandlungsanlage Vgl. Beispiel Werk Tanne Clausthal-Zellerfeld	<ul style="list-style-type: none">• Kostengünstige Variante• Aufwand könnte sich entsprechend der natürlichen Standortgegebenheiten stark reduzieren	<ul style="list-style-type: none">○ Zeitaufwändiges Verfahren - nicht für kurzfristige Gefahrenabwehr geeignet○ Einschränkung der Effektivität des Verfahrens durch unbekannte weitere Kontaminanten

4.4 Standort 4 - Pulver- und Sprengstofffabrik mit Hexogen-Belastung

4.4.1 Kurzcharakteristik des Standortes

Bei dem Fallbeispiel 4 handelt es sich um einen Standort, auf dem bereits während des 1. Weltkrieges eine Pulver- und Sprengstofffabrik erbaut wurde. Die Nutzung erstreckte sich mit weiteren Produktionsanlagen der Sprengstoffherstellung, einer Ammonalfabrik und Granaten- und Minenfüllanlagen bis zum Ende des 2. Weltkrieges, danach wurden die Anlagen im Rahmen der Entmilitarisierung demontiert bzw. gesprengt. Als relevante Flächen mit STV-Belastungen sind insbesondere die Hexogenanlage und deren Abwassersystem zu benennen.

4.4.2 Historische - aktuelle Nutzung

Der Standort 4 ist in zwei getrennte Bereiche gegliedert (Historie des Standortes). Zum einen handelt es sich um das ehemalige Werksgelände einer Pulverfabrik. Dort begann während des 1. Weltkrieges die militärische Nutzung mit der Errichtung von Gebäuden und Anlagen. Zum anderen folgte in geringer Entfernung der Aufbau von mehreren kleineren Sprengstofffabriken.

Tabelle 11: Standort 4 - Historische Nutzung mit STV-Relevanz

Zeitraum	Gesamtgelände	Teilflächen mit STV-Relevanz
während 1. WK	Errichtung und Betrieb der Pulverfabrik Errichtung kleinerer Sprengstofffabriken in geringer Entfernung: Pikrinsäure-Herstellung, Ammonalfabrik, Herstellung von Cellulosenitrat (Sprengstoffgemisch aus TNT, Hexanitrodiphenylamin, Aluminium, z.T. Ammoniumnitrat, sog. „Schießbaumwolle/Schießwolle“)	Gewehr- und Geschützpulverfabrik Produktionsanlagen TNT, Pikrinsäure, Trinitronaphthalin Füllstelle für Bomben/ Sprengstoff auf Basis von TNT, Ammoniumnitrat und Aluminium (Ammonalfabrik) Produktionsanlagen Cellulosenitrat Minenfüllanlage (Perchlorat-Sprengstoffmischung) Sprengstofflager
nach 1. WK		Lagerung Explosivstoffe, Pulververbrennung, Vergrabungen (Cellulosenitrat („Schießwolle“))
während 2. WK	Errichtung Hexogenanlage, Herstellung von hochkonzentrierter Salpetersäure (HOKO)	Produktionsanlagen Hexogen, Hexamin (Hexamethylentetramin), Salpetersäurefabrik (Aufarbeitung anfallender Abfallsäure aus der Hexogenanlage) Granaten-Füllstelle
	Anilin-Herstellung	Herstellung von Dinitrodiphenylamin und Entgiftungsmitteln
Weitere Anmerkungen zur Historie des Gesamtstandortes		
nach 2. WK	Demontage der Anlagen (Sprengung, Abbruch), Zivile Nachnutzung	

Produktion und Füllung von Pulver und Sprengstoffen fanden vom 1. Weltkrieg bis zum Ende des 2. Weltkrieges statt. Als besondere Ereignisse sind Brände, Explosionen sowie Demontage, Verbrennen von Treibmitteln auf geeigneten Brandplätzen und Vergrabungen von Cellulosenitrat („Schießwolle“) in und nach dem 1. Weltkrieg, Explosionen, Bombardierungen und Zerstörungen im 2. Weltkrieg sowie Demontagen, Sprengungen und Vergrabungen von Hexogen nach dem 2. Weltkrieg verzeichnet.

Aktuell wird der Standort in einigen Arealen als Industrie- und Gewerbebereich genutzt. Die Gebäude der ehemaligen Sprengstofffabriken wurden größtenteils demontiert bzw. im Rahmen der Umnutzung umgebaut bzw. erneuert. Insbesondere der Bereich der ehemaligen Hexogenanlage ist größtenteils bewaldet. Aufgrund der verbliebenen Trümmer und vermuteter Altlasten wurde eine forstwirtschaftliche Nutzung ausgeschlossen. Der ehemalige Abwasserteich wurde auch nach dem 2. Weltkrieg zur Einleitung von Abwässern genutzt.

4.4.3 Geologische Grundlagen

Der Standort liegt in naturräumlicher Sicht im Raum der Norddeutschen Tiefebene, die durch mehrere Vereisungen überprägt ist (Geländeerhöhungen als ehemalige Eisrandlage). Es stehen mächtige glaziale Lockersedimente über einer nur schwach profilierten Tertiäroberfläche an. Somit liegt das Werksgelände auf einer Höhe von ca. 30 m über NHN. Die Erhebungen in der Umgebung, insbesondere Richtung Norden, steigen lediglich bis 70 m NHN an. Der Nordteil der ehemaligen Flächen stellt sich als Waldfläche dar.

4.4.4 Hydrogeologische Grundlagen

Hydrologisch wird der Raum durch ein nahe gelegenes Oberflächengewässer geprägt. Daraus resultierend steht der Grundwasserspiegel entsprechend oberflächennah an.

Im Holozän bildeten sich in den Flussauen fluviale Ablagerungen (Talsande, Auenlehme) sowie organogene Sedimente - Mudden, Schlick oder Torfschichten, die z.T. auch abgebaut wurden. In der Folge entstand eine Teichlandschaft. In Niederungsgebieten des Standortes stehen fein- bis mittelkörnige wasserführende Sande mit eingeschalteten Torfhorizonten an, teilweise überformt durch anthropogene Auffüllungen mit sandigem Bauschuttmaterial. Im Liegenden der Sande ist ein inhomogener Auenlehm als stauende Schicht ausgebildet. Am östlichen Rand des Niederungsgebietes im Bereich der ehemaligen Hexogenanlage fehlen die Auensedimente.

Die GW-Fließrichtung ist in Abhängigkeit des Wasserstandes des Fließgewässers und der GW-Entnahme der Wasserwerke, auch im Untersuchungsgebiet wechselnd, grundlegend in SE-Richtung angegeben, kann aber punktuell stark variieren.

Der 1. GWL erstreckt sich in kiesigen Sanden mit einer Mächtigkeit von 8 - 10 m. Ein fragmentarisch bis zu 80 m mächtiger Stauer folgt im westlichen Teil im Liegenden, zum Ostteil hin teilweise vollständig auslaufend, sodass 1. und 2. GWL z.T. korrespondieren. Dies betrifft v.a. die Teilfläche der ehemaligen Hexogenanlage. Im Rahmen der Detailuntersuchung wurde das Grundwasser zwischen 1,6 und 4,4 m u. GOK angetroffen.

Aus wasserwirtschaftliche Sicht weisen die ehemaligen Flächen der Sprengstoffherstellung eine besondere Bedeutung auf, Flächen der Wasserversorgung sind betroffen.

Es muss mit in die Altlastenbewertung einbezogen werden, dass bei der Nutzung der vorhandenen Brauchwasser-Brunnen die Mehrzahl der Verdachtsflächen im Einflussbereich des Absenktrichters liegen.

4.4.5 Nutzungsbereiche

Als STV-relevante Nutzungen werden im Bereich der ehemaligen Pulverfabrik mehrere Sprengstofflager, Minen- und Bombenfüllstellen und Abwasseranlagen, wie u.a. das Klärbecken aufgeführt. Weiterhin wird die Fläche der Vergrabung von Cellulosenitrat („Schießwolle“) mit in die Auflistung einbezogen.

Im Bereich der Sprengstoff-Fabrikanlagen werden weitere Flächen mit STV-Relevanz, wie Sprengstofflager, HOKO-Anlage, Trockenanlage, Hexogenanlage und deren Abwassersystem (Abwasserteich und Abwassergrube als Folge der Versickerung ungereinigter Abwässer) benannt.

4.4.6 Bearbeitungsstand

Im Bereich des Rüstungsaltsstandortes 4 sind verschiedene Maßnahmen im Rahmen eines stufenweisen Vorgehens zur Bearbeitung der Altlastenproblematik durchgeführt worden:

- Historisch-deskriptive Recherche
 - ◆ Zusammenstellung der grundlegenden Informationen zum Standort
 - Ehemalige Pulverfabrik
 - Ehemalige Sprengstofffabriken
 - Anhaltspunkte auf STV-Belastungen für das Schutzgut Boden
 - Nachrecherche der Teilfläche Hexogenanlage
- Orientierende Untersuchung von Teilflächen des Standortes
 - ◆ Bearbeitung der Flächen mit STV-Verdacht (Schutzgüter: Boden, Grundwasser, Oberflächengewässer) Errichtung von GWMS
 - Vergrabung von Cellulosenitrat (Schießwolle)
 - Entlassung Sprengstofflager und Flächen der ehem. Pulverfabrik aus dem Altlastenverdacht
 - Hexogenanlage
 - Absetzgrube
 - Abwasserteich
 - Bestätigung des Anfangsverdachts in den Bereichen Trockenanlage, HOKO-Anlage, Abwasserteich, Hexogenanlage und Abwassersystem Hexogenanlage
 - Nachweis massiver Boden-/Sediment-/GW-Kontaminationen für ALVF Hexogenanlage, Abwasserteiche
 - Sofortmaßnahmen: Einfriedung/Beschilderung der belasteten Flächen Trockenanlage, HOKO-Anlage und Hexogenanlage zur Verhinderung des direkten Kontaktes des Menschen mit den Belastungen
- Detailuntersuchung ausgewählter Verdachtsflächen, vertiefte Grundlagenermittlung Abwassersystem (Absetzgrube und Abwasserteiche), HOKO- und Trockenanlage
 - ◆ Vertiefende Untersuchung und Eingrenzung der in der OU festgestellten Belastungen
 - Errichtung weiterer Grundwasser-Messstellen (GWMS)
 - Vertiefte Grundlagenermittlung der Abwasserteiche
 - Bestätigung der in der OU festgestellten Kontaminationen in Boden, GW, Sedimenten und Oberflächengewässern (Teiche, Bäche)
 - Nachgewiesene Schadstoffe: Hexogen, TNT, ADNT, DNT

Hinsichtlich des Bearbeitungsstandes kann die Historisch-deskriptive Recherche mit der Nachrecherche im Bereich der Hexogenanlage als abgeschlossen gelten. Es wurden hierbei altlastverdächtige Flächen festgehalten und der weitere Handlungsbedarf abgeleitet. Im Rahmen der nachfolgenden Orientierenden Untersuchung (OU) wurden insgesamt 11 Verdachtsflächen - ehemalige Sprengstofffabriken, die ehemalige Schwefelsäureanlage, Abwasseranlagen und die Hexogenanlage - untersucht. Neben Bodenuntersuchungen wurden Grundwassermessstellen errichtet und beprobt. Weiterhin erfolgte eine detaillierte Untersuchung des Abwassersystems der Hexogenanlage. Als Sofortmaßnahmen nach der OU wurden Sicherungsmaßnahmen der Trockenanlage, HOKO-Anlage und der Hexogenanlage in Form einer Einfriedung mit Beschilderung eingeleitet. Die Kontrolle des Rohwassers der benachbarten Wasserfassung und des

Abflusses des Absetzbeckens wurde aufrechterhalten. Im Rahmen der OU wurde das Abwassersystem der ehemaligen Hexogenanlage mittels elektromagnetischer Detektion erkundet.

Tabelle 12: Standort 4 - Nutzungs- und Produktionsbereiche mit STV-Relevanz sowie potentiell betroffenem Schutzgut (erkundet im Rahmen der OU)

Nutzungsbereich	Produktionsbereich	Schutzgut
Klärbecken	Pulverfabrik	Mensch, Boden, GW
Vergrabung Cellulosenitrat	Pulverfabrik	Boden, GW
Bombenfüllstelle	Pulverfabrik	Mensch, Boden, GW
Sprengstofflager	Pulverfabrik	Boden, GW
HOKO-Anlage	Sprengstoffwerke	Mensch, Boden, GW, Flora/Fauna
Trocken-Anlage	Sprengstoffwerke	Mensch, Boden, GW, Flora/Fauna
Sprengstofflager	Sprengstoffwerke	Mensch, Boden, GW, Flora/Fauna
Abwasserteich	Sprengstoffwerke	GW, OW, Flora/Fauna
Hexogen-Anlage	Sprengstoffwerke	Mensch, Boden, GW, Flora/Fauna
Absetzgrube	Sprengstoffwerke	Mensch, Boden, GW, Flora/Fauna

Im weiteren Untersuchungsrahmen der DU wurden die im Bereich der Flächen des Absetzteiches und der Hexogenanlage festgestellten Grundwasser-Belastungen durch entsprechende Maßnahmen eingegrenzt. Weiterhin erfolgten Boden- und Grundwasser-untersuchungen zur abschließenden Gefährdungsabschätzung.

Tabelle 13: Standort 4 - Schadstoffspektrum STV-belasteter Nutzungsbereiche

Nutzungsbereich	Schadstoffspektrum Boden	Schadstoffspektrum Grundwasser
Hexogenanlage	Hohe STV-Konz.: Hexogen, Oktogen; TNT und Metabolite 2-A-4,6-DNT, 4-A-2,6-DNT, 1,3-DNB	Hohe STV-Konz.: Hexogen, Oktogen; TNT, 2-A-4,6-DNT, 4-A-2,6-DNT
Abwasserteich	Sehr hohe STV-Konz.: TNT und Metabolite 2-A-4,6-DNT, 4-A-2,6-DNT, TNB, Hexogen im unteren Sediment	Hohe STV-Konz.: TNT und Metabolite 2-A-4,6-DNT, 4-A-2,6-DNT, 2,4-DNT im Anstrom
Absetzgrube	Sehr hohe STV-Konz.: Hexogen, Oktogen im unteren Sediment	Hohe STV-Konz.: Hexogen

4.4.7 Defizitanalyse

Historisch-deskriptive Recherche und Orientierende Untersuchung können als grundsätzlich abgeschlossen gelten. Die Detailuntersuchung konzentrierte sich vor allem auf nachgewiesene STV-Kontaminationen in den Teilbereichen Abwasserteich und Absetzgrube der Hexogenanlage. Im Rahmen der Erkundungsmaßnahmen bestehen aktuell noch Erkenntnisdefizite, offene Fragen nach weiteren Kontaminationsquellen und dem entsprechenden Schadstoffpotential sowie zu weiteren Kontaminanten PAK, PCB, Naphthalin bzw. im GW PAK und Fluoranthen.

Zusammenstellung von Defiziten für die zwei grundsätzlichen Fallgestaltungen

a. Fallbearbeitung unter der Annahme, dass Gefahrenabwehrmaßnahmen kurzfristig erforderlich sind (Standort liegt im TWEG, WW ist betroffen bzw. kann betroffen sein)

- Abschließende Eingrenzung des Schadens in Boden/Sedimenten und GW auf dem Standort
 - Vervollständigung der DU für das komplette Gelände der ehemaligen Pulver- und Sprengstofffabriken
 - Fortführung der Schadstoffquellenermittlung und Berechnung von Schadstofffrachten (Klärung und Berücksichtigung der bislang nicht lokalisierten Schadstoffquellen im Bereich Abwasserteich)
 - Evtl. Errichtung weiterer GWMS zur horizontalen und vertikalen Abgrenzung der GW-Belastung einschließlich deren Beprobung (detaillierte Erkundung der bzw. mehrerer Schadstofffahnen)
 - Überprüfung des Abstromes der Absetzgrube/Hexogenanlage auf STV
- Sanierung/Entsorgung möglicher Schadensflächen auf bereits als verdächtig erkundeten Bereichen (u.a. Schlamm Entsorgung im Abwassersystem/Absetzgrube), Sanierungsplanung für den GW-Schaden
- Sicherung/Sanierung (Umsetzung der Vorzugsvariante) im Boden und/oder GW
- Maßnahmen im Wasserwerk zur Sicherstellung der Versorgung mit Trinkwasser in Abhängigkeit von der Höhe der Belastungen und des Anfalls des belasteten geförderten Wassers

Denkbar wäre u.a.

- ◆ die kurzfristige Behandlung mittels einer Aktivkohlefilteranlage
- ◆ Hydraulische Sicherung zur Verhinderung der weiteren Ausdehnung des Schadens

b. Fallbearbeitung unter der Annahme, dass Gefahrenabwehrmaßnahmen langfristig erforderlich sind (Standort liegt außerhalb von TWEG, keine Betroffenheit eines WW bzw. relevanter Wasserfassungen)

- Abschließende Gefährdungsabschätzung im Rahmen der Fortführung der DU
 - Fortführung der Schadstoffquellenermittlung
 - Sanierung möglicher Schadensflächen. Bei Bedarf Errichtung weiterer GWMS zur weiteren horizontalen und vertikalen Abgrenzung der GW-Belastung einschließlich deren Beprobung
 - Berechnung von Schadstofffrachten
 - Erkundung der Schadstofffahnen: Ausmaß, Überlagerungen und Schadenspotential
- Abschließende Entscheidung über die Notwendigkeit der Durchführung von Sicherungs-/Sanierungsmaßnahmen im GW, ggf. Grundwassermonitoring
- Maßnahmen zur Verhinderung der Ausbreitung und Verfrachtung der GW-Belastungen durch eine oder mehrere Schadstofffahnen

Denkbar wäre u.a.

- ◆ die kurzfristige Behandlung mittels einer Aktivkohlefilteranlage
- ◆ eine hydraulische Sicherung/Sanierung mit gleichzeitigem Einsatz einer biologischen Behandlungsanlage als längerfristige Maßnahme

4.4.8 Empfehlung zur Auswahl geeigneter Verfahren zur Schadstoffeliminierung

4.4.8.1 Darstellung von Auswahlkriterien

In dem aufgezeigten Fallbeispiel 4 ist eine Kontamination des Grundwassers durch STV nachgewiesen. Nach aktuellem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass die STV-Belastungen punktuell bzw. stark eingegrenzt im Bereich der Hexogenanlage sowie im Abwassersystem und dessen direktem Umfeld existent sind. Die detaillierte Belastungssituation des Abwassersystems ist noch abzuklären. Festlegungen bzgl. einer geeigneten Anlagentechnik sind demnach nicht gesichert möglich.

Fallspezifische Kriterien, deren Erfüllungsgrad für die Auswahl geeigneter Sanierungstechniken zu prüfen ist:

- Untergrundbeschaffenheit - detaillierte Grundwassersituation (Geologie, Hydrogeologie)
- Stoffbezogenes Schadstoffpotential (Schadstoffinventar, Art und Umfang der Kontamination)
- Lokalisierung und räumliche Abgrenzung der Kontaminationsquelle(n)
- Horizontale und vertikale Abgrenzung der Kontaminationsfahne
- Erreichbarkeit des Bereichs (im Waldgebiet, Gebäuderelikte bzw. Trümmer)
- Zugang/Zuwegung zur Einrichtung/Wartung der Technik
- Verfügbarkeit von Flächen zur Einrichtung möglicher Anlagen
- Weitere Kontaminanten als Störfaktoren der Verfahrenstechnik
- Sonstige konkurrierende Nutzungen (Schutzgebietsbereiche - Wasserschutzgebiet der ehemaligen WW sowie naturschutzrelevante Belange/Flächen, Wohnflächen, Betriebsflächen)
- Kosten-Nutzen-Abschätzung

4.4.8.2 Darstellung geeigneter Verfahren zur Entfernung von STV aus kontaminiertem Grundwasser auf der Grundlage der Arbeitshilfe STV - Stufe IB - aus 2013

Am Standort des Fallbeispiels 4 wurden im Rahmen der OU und der DU STV-Belastungen des Grundwassers nachgewiesen. Die Daten des letzten Untersuchungszyklus müssten jedoch zunächst aktualisiert werden.

In einem ersten Schritt müssten die bislang noch nicht lokalisierten Schadstoffquellen erkundet werden. Wichtig wäre es, in Erfahrung zu bringen, ob die Kontaminationen als punktuelle Belastungen mit entsprechendem Gefahrenpotential vorliegen. Auch müsste geklärt werden, ob einfache oder mehrere größere Schadstofffahnen existieren.

Weiterhin ist abzuklären, inwieweit das weitere Kontaminationsspektrum (aktuell bekannt: PAK- und PCB-Belastungen) bestimmte Verfahren in ihrer Effektivität einschränken.

Im Falle einer Gefährdung der Trinkwasserversorgung könnte die Technik der Hydraulischen Sicherung, eventuell in Verbindung mit einer Aktivkohleanlage, in Betracht gezogen werden.

Nach der Erkundung der ungeklärten Altlastensituation bzw. Daten wären mehrere Verfahren zu prüfen:

- Behandlung des belasteten und geförderten Grundwassers mittels Aktivkohle (Vgl. Standort in Clausthal-Zellerfeld bzw. Hallschlag)
- Biologische Sanierung in Constructed Wetlands (vgl. Standort in Clausthal Zellerfeld)
- Hydraulische Sicherung des WW durch bestehenden Brunnenriegel (vgl. Standort Stadallendorf)

Die nachfolgende Tabelle benennt für das Fallbeispiel 4 prinzipiell geeignete Sanierungstechniken und ihre Vor- und Nachteile. Detaillierte Ausführungen zu den einzelnen technischen Verfahren sind der Arbeitshilfe STV - Stufe IB - und dem BMBF KORA LFTV 5 zu entnehmen.

Tabelle 14: Standort 4 - Geeignete Sanierungstechniken mit Vor- und Nachteilen, abgeleitet aus der Arbeitshilfe STV Stufe IB und aus BMBF KORA LF TV5

Grundlagen: Abschließende Erfassung der für eine mögliche Sanierung benötigten Daten		
Sanierungstechniken GW	Vorteile	Nachteile
<p>Behandlung mittels Aktivkohlefilter</p> <p>Vgl. Beispiel Werk Tanne Clausthal-Zellerfeld</p> <p>Vgl. Beispiel Werk WASAG Elsnig</p> <p>Vgl. Beispiel Hallschlag</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Direkter Einsatz möglich (umgehende Eliminierung der STV möglich) • Gute Ergebnisse anhand der Beispiele bekannt 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Schadstoffquellen benachbarter Altlasten/Altlastverdächtiger Flächen sind nicht abschließend bekannt ○ Eine aufwändige Anlagentechnik ist in z.T. unwegsamen Gelände evtl. nicht einsetzbar (Trümmer)
<p>Hydraulische Sicherung</p> <p>Vgl. Beispiel Stadtallendorf</p> <p>Vgl. Beispiel Leverkusenschlebusch</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Zur direkten Gefahrenabwehr gut geeignet • Existierende Brunnen und GWMS nutzbar 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Zusätzliche Verfahrenstechnik ist notwendig - wie direkte Reinigung über Aktivkohlefilter ○ Errichtung weiterer GWMS ist ggf. erforderlich
<p>Biologische Behandlungsanlage</p> <p>Vgl. Beispiel Werk Tanne Clausthal-Zellerfeld</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kostengünstige Variante • Aufwand könnte sich entsprechend der natürlichen Standortgegebenheiten stark reduzieren 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Zeitaufwändiges Verfahren - nicht für kurzfristige Gefahrenabwehr geeignet ○ Einschränkung der Effektivität des Verfahrens durch unbekannte weitere Kontaminanten (PAK, PCB o.a.)

4.5 Standort 5 - Handgranatenwurfplatz

4.5.1 Kurzcharakteristik des Standortes

Das Gesamtgelände mit den im Rahmen des Fallbeispiels 5 betrachteten beiden Handgranatenwurfplätzen diente erst nach dem 2. Weltkrieg militärischen Zwecken, anfänglich als Übungsgelände und zur Vernichtung von Bomben und Granaten sowie später als großflächiger Luftwaffenübungsplatz mit Handgranatenwurfplätzen. Die Flächen der beiden Wurfplätze sind als umweltrelevante Nutzungen mit STV-Belastungen im Bereich des Gesamtstandortes registriert.

4.5.2 Historische - aktuelle Nutzung

Der Zeitraum der militärischen Nutzung des Standortes 5 kann historisch betrachtet als relativ zeitnah angesehen werden. Vor und während des 2. Weltkrieges ist keine militärische Nutzung in diesem Bereich bekannt. Nach dem 2. Weltkrieg wurden auf dem Gesamtgelände Bomben und Granaten vernichtet, u.a. auch im Bereich der hier zu betrachtenden Handgranatenwurfplätze.

Tabelle 15: Standort 5 - Historische Nutzung des Standortes mit STV-Relevanz

Zeitraum	Gesamtgelände	Teilflächen mit STV-Relevanz
Bis Ende 2. WK	Keine militärische Nutzung bekannt, Überwiegend forstwirtschaftliche Nutzung	
nach 2. WK	Nutzung zu Übungszwecken sowie zur Vernichtung von Bomben und Granaten (Sprengungen)	Flächen zur Vernichtung von Bomben und Granaten (Sprengungen)
	Nutzung des Standortes als Luftwaffenübungsplatz	Schießplätze, Handgranatenwurfplätze
Weitere Anmerkungen zur Historie des Gesamtstandortes		
	Aufbau eines Truppenübungsplatzes (als Schieß- und Übungsplatz)	
	Errichtung eines ersten Panzerschießplatzes	Panzerschießplätze
	Inbetriebnahme eines Wasserwerkes	
aktuell	Forstwirtschaftliche Nutzung, Teilflächen im FFH-Gebiet	

Die gesamte Fläche des Schieß- und Übungsplatzes erstreckt sich über ca. 120 km². Auf dem großflächigen Übungsgelände können u.a. die militärischen Funktionsflächen Handgranatenwurfplätze, Sprengplätze, Schießbahnen, Verbrennungsplätze, taktische Übungsflächen, Dekontaminationsstrecken genannt werden. Insbesondere die Handgranatenwurfplätze und Sprengplätze sind als Kontaminationsflächen für STV einzustufen. Außerhalb des Übungsplatzes wurde ein Wasserwerk erbaut, das mit der Schutzzone III einen Teilbereich des Standortes überdeckt. In diesem Bereich befinden sich die STV-relevanten Flächen der Handgranatenwurfplätze.

4.5.3 Geologische Grundlagen

Nach der Naturraumgliederung kann der Standort in den Bereich der Norddeutschen Tiefebene eingeteilt werden. Kleinere Einheiten gehören in die Kategorie von Talsand-Ebenen, Talsand-Dünen-Platten bzw. Talsand-Rinnen-Ebenen. Charakteristische Böden sind die großflächig auftretenden Sand- und Decklehm-Gleye. Die Dünen sind mit Sand-Rankern oder gering entwickelten Sand-Braunerden bedeckt.

Bei dem nach geomorphologischen Gesichtspunkten abgegrenzten Naturraum im Bereich des Standortes handelt es sich um einen Teilraum einer Niederung im Verlauf eines Urstromtales, der sich durch eine Häufung meist waldbestandener Dünenkomplexe auszeichnet. Obgleich insgesamt ein Niederungsgebiet, erreichen die relativen Höhenunterschiede noch bis zu 26 m auf einem Höhengniveau zwischen 75 und 102 m ü. NHN.

Der geologische Untergrund lässt sich an Hand eines Normalprofils der beiden STV-relevanten kontaminierten Flächen aufzeigen: Oberflächennah sind bis ca. 3 m u. GOK deluvial umgelagerte Sedimente (Dünensande) anzutreffen. Es folgt eine Schicht aus glazifluviatilen z.T. umgelagerten Bildungen mit Sanden und Kiesen. Eine ca. 3 m mächtige, nicht vollständig ausgebildete, Schicht aus Geschiebelehm und -mergel schließt sich an. Horizonte aus Sanden und Kiesen bilden die folgenden Erdschichten. Es folgt eine ca. 91 m mächtige Sand-Ton-Schluff-Schicht. Bis zur Endteufe erstreckt sich ein 4,5 m mächtiger Horizont der Grundmoräne mit Geschiebelehm und -mergel.

4.5.4 Hydrogeologische Grundlagen

Hydrologisch wird der Raum aufgrund der Lage in einer Fluss-Niederung durch ein weitgefächertes Gewässer- und Grabensystem geprägt. Die Entwässerung kann grob in nördliche Richtung angegeben werden. Im südwestlichen Bereich sind nur in geringem Umfang Oberflächengewässer vorhanden. Im neunzehnten Jahrhundert wurden zahlreiche Meliorationsarbeiten zur Entwässerung der Niederung/Heide durchgeführt. Dabei wurde u.a. ein See komplett trockengelegt.

Weiterhin liegt der Raum in einer Zone mit mächtigen Sandablagerungen, die örtlich von einer Schlufffolge geteilt wird. Diese keilt nach Osten und Westen hin aus.

Hydrogeologisch ist der Standort geprägt vom Relief und den Schottern der größten Vorfluten sowie dem Dünensand, der in großer Mächtigkeit auf Teilflächen des Übungsgeländes anzutreffen ist. Die höchsten Erhebungen im Raum erstrecken sich bis 102 m ü. NHN. Bei den Grundwasseruntersuchungen auf den Flächen der Handgranatenwurfplätze wurde für die beiden STV-relevanten Verdachtsflächen ein GW-Flurabstand von lediglich ca. 2 m u. GOK bzw. von ca. 4 m u. GOK bei ca. 78,05 m NHN erkundet. Der unbedeckte Grundwasserleiter weist in diesem Untersuchungsbereich eine Mächtigkeit von 17 bis 43 m auf und wird durch einen gut durchlässigen Sandkomplex gebildet.

Der obere GWL mit einer Mächtigkeit von 30 bis 45 m besteht aus fluviatilen und glazifluviatilen Ablagerungen.

Hinsichtlich der wasserwirtschaftlichen Gegebenheiten ist der Bereich des großflächigen TÜP durch Flächen der Wasserversorgung betroffen, die den Standort tangieren bzw. sich in der Umgebung befinden. Außerhalb des Standortes befinden sich Wasserwerke, deren Schutzzone III eine Teilfläche des Standortes überdecken bzw. an die Liegenschaftsgrenze heranreichen.

4.5.5 Nutzungsbereiche

Der Standort 5 ist als Bestandteil eines großflächigen Truppenübungsplatzes einzuordnen. Im Rahmen der Arbeitshilfe werden zwei nahe beieinander liegende Handgranatenwurfplätze betrachtet. Weitere STV-relevante Flächen auf dem großflächigen Übungsgelände können u.a. militärische Funktionsflächen wie Sprengplätze, Schießbahnen, Verbrennungsplätze, taktische Übungsflächen, Dekontaminationsstrecken darstellen. Auf einem Großteil der Flächen sind vom Grundsatz her weitere Belastungen durch STV nicht auszuschließen.

Tabelle 16: Standort 5 - Nutzungsbereiche mit STV-Relevanz, betroffenem Schutzgut und Schadstoffspektrum

Nutzungsbereich	Schutzgut	Schadstoffspektrum
Sprengplatz	Boden	STV-Verdacht
Handgranatenwurfplätze	Boden/Grundwasser	Hohe STV-Konz.: 2,4,6-TNT, 2-Amino-4,6-Dinitrotoluol und 4-Amino-2,6-Dinitrotoluol; RDX, HMX
Brandübungsplatz	Boden/Grundwasser	STV-Verdacht, chem. Verbindungen auf Basis von Brandplätzen
Verbrennungsplatz (Pulver)	Grundwasser	STV-Verdacht, chem. Verbindungen auf Basis von Brandplätzen
Geschossfangwall		STV-Verdacht

4.5.6 Bearbeitungsstand

Im Bereich des Standortes 5 sind verschiedene Maßnahmen zur Erhebung, Gefahrenerkundung, Sicherung und Überwachung bis hin zur Sanierung hoch kontaminierten Bodens im Rahmen eines stufenweisen Vorgehens zur Bearbeitung der Altlastenproblematik durchgeführt worden:

- Bestandsaufnahme - Erfassung Truppenübungsplatz
 - ◆ Zusammenstellung der grundlegenden Informationen zum Standort
 - Handgranatenwurfplätze
 - Sprengplätze
 - Brandplätze
 - (Chemikalien-) Deponien
 - Anhaltspunkte auf STV-Belastungen für die Schutzgüter Boden und GW
 - Durchführung von Sofortmaßnahmen im Bereich der Deponien
 - Orientierende Untersuchung - Einzel-Maßnahmen
 - Abschließende Maßnahmen zur Orientierenden Untersuchung
 - Bearbeitung einzelner Verdachtsflächen mit STV-Verdacht (Schutzgüter: Boden, Grundwasser)
 - Bestätigung des Kontaminationsverdachts
 - STV-Belastungen für die Schutzgüter Boden bzw. Wasser: Festgestellte Schadstoffe: TNT mit Metaboliten 2-A-4,6-DNT, 4-A-2,6-DNT, NT, TNB

Weitere Untersuchungen zu den festgestellten Altlasten
- Detailuntersuchung
- Sanierung stark belasteten Bodens im Bereich der Handgranatenwurfplätze (Quellenanierung)
 - Sanierungskonzept, Planung, Ausführung Bodenaushub

- Abschlussbericht zur Bodensanierungsmaßnahme im Bereich der Handgranatenwurfplätze
- Grundwassermonitoring
 - Jährliche Überprüfung der GW-Belastungen
 - Neben Quellen der STV-Belastungen im Bereich der Handgranatenwurfplätze wurden weitere STV-Quellen vermutet, konnten jedoch nicht lokalisiert werden
 - Eingrenzung der Schadstofffahne mittels In-situ-Grundwasserprobenahme
 - Charakterisierung der Schadstofffahne als abgerissene Fahne
- Gefährdungsabschätzung nach der Bodensanierung auf weiteren Verdachtsflächen im Bereich der Handgranatenwurfplätze (Erdwälle)
 - Bodenuntersuchungen
 - Ermittlung von kleinflächigen STV-Bodenkontaminationen
 - keine eindeutige STV-Quellenermittlung möglich

Es liegt der Hinweis vor, dass im Ergebnis der Historisch-deskriptiven Recherche Sofortmaßnahmen auf dem Standort erfolgt sind. Im gleichen Jahr bzw. in den folgenden Jahren wurden Orientierende Untersuchungen auf Teilflächen des Standortes durchgeführt. Eine Detailuntersuchung mit entsprechender Bewertung schloss sich an.

Die Umsetzung des Sanierungskonzeptes für die hoch mit STV kontaminierten Flächen der Handgranatenwurfplätze erfolgte im Sinne einer Quellensanierung in Form einer Bodensanierungsmaßnahme mittels Bodenaushub und Bodenwäsche.

Als Hauptbestandteil der Bodenkontaminationen mit STV konnte 2,4,6-TNT mit den Metaboliten 2-Amino-4,6-Dinitrotoluol und 4-Amino-2,6-Dinitrotoluol nachgewiesen werden. Nach der Bodensanierung und der Untersuchung der Erdwälle wurden im Grundwasser z.T. sehr hohe STV-Konzentrationen analysiert.

Zur Überwachung des Sanierungserfolges wurde ein Grundwassermonitoring durchgeführt. Neben einer Tendenz zu abnehmenden STV-Konzentrationen sind in der Schadstofffahne im Bereich der Handgranatenwurfplätze auch wiederansteigende sowie weiterhin hohe STV-Belastungen im Grundwasser nachweisbar. Mittels In-situ-Grundwasserprobenahmen wurde das Vorliegen einer abgerissenen Kontaminationsfahne bestätigt. Die Schadstofffahne ist auf Grund ermittelter anhaltend hoher STV-Belastungen in den entsprechenden GWMS im Abstrom als nicht abgegrenzt einzustufen.

4.5.7 Defizitanalyse

Zusammenfassung der vorliegenden Informationsdichte

Auf dem Standort wurden im Rahmen von Orientierender und Detailuntersuchung Boden- und Grundwasserbelastungen mit STV nachgewiesen.

Für die hoch mit STV kontaminierten Flächen der Handgranatenwurfplätze wurde das im Rahmen der Sanierungsuntersuchung erarbeitete Sanierungskonzept - Quellensanierung in Form einer Bodensanierungsmaßnahme mittels Bodenaushub und Bodenwäsche - umgesetzt.

Im Grundwasserabstrom ist die Schadstofffahne auf Grund ermittelter anhaltend hoher STV-Belastungen in den entsprechenden GWMS als nicht abgegrenzt einzustufen. Die Schadstofffahne wird als abgerissene Fahne charakterisiert.

Basierend auf dem vorliegenden Kenntnisstand sind für eine durchzuführende Grundwasser-Sanierung Festlegungen auf geeignete Anlagentechniken noch nicht möglich.

Zusammenstellung von Defiziten für die zwei grundsätzlichen Fallgestaltungen

- a. Fallbearbeitung unter der Annahme, dass Gefahrenabwehrmaßnahmen kurzfristig erforderlich sind (Standort liegt im TWEG, WW ist betroffen bzw. kann betroffen sein)
- Abschließende Eingrenzung des Schadens im GW in der Schadstofffahne
 - Fortführung der Ermittlung möglicher weiterer Schadstoffquellen
 - Errichtung weiterer GWMS zur horizontalen und vertikalen Abgrenzung der GW-Belastung einschließlich deren Beprobung (detaillierte Erkundung der bzw. mehrerer Schadstofffahnen)
 - Berechnung von Schadstofffrachten
 - Sanierungsplanung für den GW-Schaden
 - Sicherung/Sanierung (Umsetzung der Vorzugsvariante)
 - Maßnahmen im Wasserwerk zur Sicherstellung der Versorgung mit Trinkwasser in Abhängigkeit von der Höhe der Belastungen und des Anfalls des belasteten geförderten Wassers
- Denkbar wäre u.a.
- ◆ die kurzfristige Behandlung mittels einer Aktivkohlefilteranlage
 - ◆ Hydraulische Sicherung zur Verhinderung der weiteren Ausdehnung des Schadens

- b. Fallbearbeitung unter der Annahme, dass Gefahrenabwehrmaßnahmen langfristig erforderlich sind (Standort liegt außerhalb von TWEG, keine Betroffenheit eines WW bzw. relevanter Wasserfassungen)
- Abschließende Gefährdungsabschätzung im Rahmen der Fortführung der DU
 - Fortführung der Ermittlung möglicher weiterer Schadstoffquellen
 - Bei Bedarf Errichtung weiterer GWMS zur horizontalen und vertikalen Abgrenzung der GW-Belastung einschließlich deren Beprobung
 - Berechnung von Schadstofffrachten
 - Erkundung der Schadstofffahne(n): Ausmaß, Überlagerungen und Schadenspotential
 - Abschließende Entscheidung über die Notwendigkeit der Durchführung von Sicherungs-/Sanierungsmaßnahmen im GW
 - Maßnahmen zur Verhinderung der Ausbreitung und Verfrachtung der GW-Belastungen durch eine oder mehrere Schadstofffahnen
- Denkbar wäre u.a.
- ◆ die kurzfristige Behandlung mittels einer Aktivkohlefilteranlage
 - ◆ eine hydraulische Sicherung/Sanierung mit gleichzeitigem Einsatz einer biologischen Behandlungsanlage als längerfristige Maßnahme

4.5.8 Empfehlung zur Auswahl geeigneter Verfahren zur Schadstoffeliminierung

4.5.8.1 Darstellung von Auswahlkriterien

Basierend auf dem vorliegenden Kenntnisstand sind für eine Sanierung des STV-belasteten Grundwassers Festlegungen auf geeignete Anlagentechniken noch nicht gesichert möglich.

Auswahlkriterien für die entsprechenden Sanierungstechniken könnten sein:

- Genaue Größe und Ausmaß der STV-Belastungen
- Erkundung der einzelnen Schadstofffahnen und genaue Eingrenzung (Quellen und mögliche Überlagerung)
- Erreichbarkeit des Sanierungsbereichs bzw. einzurichtender Anlagen (im Waldgebiet)
- Zugang/Zuwegung zur Einrichtung/Wartung der Technik
- Verfügbarkeit von Flächen zur Einrichtung möglicher Techniken
- Untergrundbeschaffenheit - Grundwassersituation (Geologie, Hydrogeologie)
- Weitere Kontaminanten als Störfaktoren der Verfahrenstechnik
- Sonstige konkurrierende Nutzungen (bestehende Schutzgebietsbereiche - eventuell Lage im FFH-Gebiet)
- Kostenaufwand zur genauen Eruiierung der vermuteten punktuellen Bodenbelastungen
- Kosten-Nutzen-Abschätzung

4.5.8.2 Darstellung geeigneter Verfahren zur Entfernung von STV aus kontaminiertem Grundwasser auf der Grundlage der Arbeitshilfe STV - Stufe IB - aus 2013

Für den Standort 5 ist eindeutig nachgewiesen, dass auf der Gesamtfläche eine Grundwasserbelastung mit STV vorliegt.

Nach der Behebung der benannten Defizite wären mehrere Verfahren zur Sanierung der Grundwasserbelastung zu prüfen:

- Behandlung des belasteten und geförderten Grundwassers mittels Aktivkohle (Vgl. Standort in Clausthal-Zellerfeld bzw. Hallschlag)
- Biologische Sanierung in Constructed Wetlands (vgl. Standort in Clausthal Zellerfeld)
- Hydraulische Sicherung durch bestehenden Brunnenriegel (vgl. Standort Stadtallendorf) und phasenweise Sanierung
- In-Situ-Verfahren, u.a. Ozonierung (vgl. WASAG Sythen in Haltern Am See)

Durch die folgenden Maßnahmen können weitere Verfahrensgrundlagen ermittelt werden: Längerfristiger Pumpversuch mit Einschalten einer mobilen Aktivkohlefilteranlage, um das Verhalten von Schadstoffkonzentration und -spektrum zu untersuchen.

Die nachfolgende Tabelle benennt für das Fallbeispiel 5 prinzipiell geeignete Sanierungstechniken und ihre Vor- und Nachteile. Detaillierte Ausführungen zu den einzelnen technischen Verfahren sind der Arbeitshilfe STV - Stufe IB - und dem BMBF KORA LF TV5 zu entnehmen.

Tabelle 17: Standort 5 – Prinzipiell geeignete Sanierungstechniken mit Vor- und Nachteilen, abgeleitet aus der Arbeitshilfe STV Stufe IB und aus BMBF KORA LF TV5

Grundlagen: Abschließende Ermittlung der vermuteten punktuellen Schadensquellen		
Techniken	Vorteile	Nachteile
<p>Behandlung mittels Aktivkohlefilter</p> <p>Vgl. Beispiel Werk Tanne Clausenthal-Zellerfeld</p> <p>Vgl. Beispiel Werk WASAG Eising</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Direkter Einsatz möglich (umgehende Eliminierung der STV möglich) • Gute Ergebnisse anhand der Beispiele bekannt 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Im Gegensatz zu den Beispielen in AH STV IB sind die Schadstoffquellen nicht abschließend bekannt ○ Eine aufwändige Anlagentechnik ist in z.T. unwegsamen Gelände nicht einsetzbar
<p>Biologische Behandlungsanlage</p> <p>Vgl. Beispiel Werk Tanne Clausenthal-Zellerfeld</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kostengünstige Variante • Aufwand könnte sich entsprechend der natürlichen Standortgegebenheiten stark reduzieren 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Zeitaufwändiges Verfahren - nicht für kurzfristige Gefahrenabwehr geeignet ○ Einschränkung der Effektivität des Verfahrens durch weitere Kontaminanten (MKW, Arsen o.a.)
<p>Hydraulische Sicherung</p> <p>Vgl. Beispiel Stadtallendorf</p> <p>Vgl. Beispiel Leverkusen-Schlebusch</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Zur direkten Gefahrenabwehr geeignet • Erkundung weiterer STV-Quellen mittels in situ-Grundwasserprobenahme • Nutzung bereits existierender GWMS möglich 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Zusätzliche Verfahren notwendig - wie direkte Reinigung über Aktivkohlefilter ○ Errichtung weiterer GWMS ist zu erwarten
<p>Sanierungsmaßnahmen durch In-Situ-Verfahren</p> <p>Möglichkeiten (vgl. WASAG Sythen in Haltern Am See oder allgemein AH STV I B):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ In-Situ-Abbau (auf mikrobiologischer Basis durch Ozonintrag) ○ In-Situ-Verfahren mittels Pilzinjektion ○ Alkohol-Verfahren 	<ul style="list-style-type: none"> • Alternativverfahren zu gängiger Methodik • Quellen müssen nicht unbedingt abschließend bekannt sein • Flexible Einsetzbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> ○ langwieriger Prozess und Sanierungsverlauf ○ Im Feld noch mit Unsicherheiten bzgl. Beeinträchtigungen durch Co-Kontaminanten behaftet

5 Handlungsempfehlung zur Verwendung als Orientierungshilfe für die Bearbeitung von Grundwasserkontaminationen mit STV im Land Brandenburg

Grundlagen

Betrachtet werden die ausgewählten Fallbeispiele, die die im Land Brandenburg typisch vertretenen Nutzungsprofile hinsichtlich des Vorkommens von STV im Grundwasser repräsentieren:

- Standortübungsplatz mit Spreng- und Handgranatenwurfplatz
- Munitionsanstalt
- Truppenübungsplatz mit Sprengplätzen und Bombenabwurfplatz
- Pulver- und Sprengstofffabrik
- Luftwaffenübungsplatz mit Handgranatenwurfplätzen

Allen Fallbeispielen liegen standortspezifische Voraussetzungen zu Grunde:

- militärische Historie/Nutzung
- aktuelle Nutzungssituation
- Lage in TWSZ bzw. Einzugsgebieten von WW
- Betroffenheit von Teilflächen der Standorte
- Betroffenheit verschiedener Schutzgüter
- Gefährdung/Betroffenheit eines Wasserwerkes bzw. relevanter Wasserfassungen durch STV im Rohwasser
- Bearbeitungsstand im Rahmen der methodischen Altlastenbearbeitung
- Nutzungsbeschränkungen, Überwachung, Gefahrenabwehrmaßnahme(n), Sanierungsmaßnahmen

Der weitere Handlungsbedarf bzw. der Einsatz geeigneter Sanierungsverfahren ist abhängig von:

- den Standortgegebenheiten
- der aktuellen Nutzung auf der Fläche
- dem Kontaminationspotential
- dem Gefahrenpotential für Schutzgüter Boden, Wasser bis hin zum Menschen
- der Gefährdung/Betroffenheit eines Wasserwerkes bzw. relevanter Wasserfassungen zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung (Umbindung des betroffenen Wasserwerkes ist möglich oder nicht möglich)
- Stand der Maßnahmen im Rahmen der Altlastenbearbeitung

Bei der Betrachtung der Brandenburger Fallbeispiele hat sich gezeigt, dass auch nach bereits erfolgter Abhandlung der verschiedenen Stufen der Altlastenbearbeitung (OU, DU, SU, Sanierung) z.T. grundlegende Defizite bestehen, die Festlegungen hinsichtlich zukünftig erforderlicher Gefahrenabwehrmaßnahmen nicht gesichert zulassen. Um den Einsatz standortspezifisch geeigneter Sanierungsverfahren konkretisieren zu können, sind die Defizite im Vorfeld zu beheben.

Die im Rahmen der Arbeitshilfe getroffene Auswahl prinzipiell geeigneter Sanierungstechniken stellt in diesen Fällen nur grundsätzlich mögliche Empfehlungen dar, bestimmte Anlagentechniken können lediglich als „möglicherweise einsetzbar“ vorgeschlagen werden.

Der Leser und Anwender wird darauf hingewiesen, dass die resultierenden Empfehlungen aus anonymisierten Fallbeispielen abgeleitet wurden. Daher haben sowohl die Empfehlungen zur Auswahl geeigneter Verfahren zur Schadstoffeliminierung als auch die Handlungsempfehlung rein orientierenden Charakter. Für die Bearbeitung konkreter Schadensfälle ist eine einzelfallbezogene Prüfung immer unerlässlich.

Analytische Einzelfallbearbeitung

Die Entscheidung für die effektivste Sanierungsmethode des jeweiligen zu bearbeitenden Standortes bedingt das umfassende Wissen um die konkrete Schadstoffsituation bezüglich der Ent-

wicklung der Schadstoffausbreitung unter den spezifischen Standortbedingungen und Beurteilung des Schadstoffspektrums. Ein Schlüsselparameter ist dabei neben der biologischen Aktivität die Verfügbarkeit der Schadstoffe für Stoffumwandlungsreaktionen [2].

Die Brandenburger Fallbeispiele bestätigten, dass als primäre Kontamination im Boden und im Wasser die STV sowie die Vor- und Nebenprodukte der Synthese zu finden sind. Durch biotische und abiotische Transformation können diese Stoffe im Boden und im Wasser in eine Vielzahl von Folgeprodukten umgewandelt werden. Hierbei ändern sich die chemischen, physikalischen und toxikologischen Eigenschaften der Stoffe erheblich [2]. Hinzu kommt, dass durch Störungen des Bodengefüges die Verfügbarkeit von TNT erhöht und die Transformationsprozesse intensiviert werden. Signifikant für den gestörten Bodenkern ist zudem, dass die Transformationsprodukte in einer größeren Menge als TNT im Boden vorliegen [2].

Das bedeutet auch, dass sich im Verlaufe der Zeit, in der die Liegenschaften auch längeren unbearbeiteten Phasen unterliegen, das Schadstoffspektrum verändert und unbekannte Verbindungen enthält. Daher ist für die analytische Untersuchung der Rüstungsstandorte immer eine spezifisch angepasste Analysestrategie zu entwickeln.

Bei der Entscheidung für oder gegen eine Analysemethode spielen neben den fachlichen Aspekten auch finanzielle Gesichtspunkte und Akzeptanz-Kriterien eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Empfohlen wird, ein Optimum an fachlichen Informationen bei einem vertretbaren finanziellen Aufwand anzustreben. Die fundierte Grundlage für eine Bewertung ist nach wie vor eine umfassende Reihe von Datensätzen zum Stoffinventar und zur Standortsituation [2].

Alle an einem Standort identifizierten sprengstofftypischen Verbindungen können nicht in ihrer Gesamtheit regelmäßig analysiert werden. Daher wird ein Screening auf sogenannte unpolare und polare STV als ein wichtiges Instrument zur Bestimmung des Schadstoffinventars im Wasser empfohlen [2].

Bei einem Schadstoffscreening ist zu beachten, dass die Identifizierung der Schadstoffe nicht auf den Vergleich mit UV- und/oder MS-Spektren aus Spektrenbanken beschränkt werden darf, sondern möglichst auch durch eigene Messungen mit Referenzverbindungen abzusichern ist. Andernfalls sind Fehlinterpretationen der Peaks im Chromatogramm möglich, d.h. die Peaks können „falschen Verbindungen“ zugeordnet werden. Das hätte auch Auswirkungen auf die Quantifizierung, da diese dann gegen eine falsche Kalibrierung erfolgen würde.

Sollten Referenzverbindungen nicht zur Verfügung stehen, teilweise sind sie käuflich nicht zu erwerben, muss auf die Methode der **Non-Target-Analytik** zurückgegriffen werden [2]:

Durch Kopplung von HPLC-NMR-MS können unbekannte Transformationsprodukte in komplexen Gemischen identifiziert und charakterisiert werden. Mit Einführung der NMR-Kryotechnologie sind in vielen Fällen online-Strukturaufklärungen unbekannter Verbindungen im unteren µg-Bereich möglich. In anderen Fällen wird in kurzer Zeit ein Maximum an Strukturinformationen erhalten, welches es erlaubt, komplexe Gemische chemisch wesentlich genauer als mit herkömmlichen Methoden zu charakterisieren [6]. Durch Vergleich mit in einer Datenbank hinterlegten Eigenschaften können so bisher unbekannte Moleküle erkannt werden.

Die HPLC-NMR-Kopplungstechnik ist für komplexe Gemische gut geeignet, da sie über eine hohe Selektivität verfügt. Darüber hinaus ist die NMR-Spektroskopie am besten geeignet, um zwischen Strukturisomeren zu unterscheiden, die bei den STV sehr zahlreich auftreten [7].

Auf der Basis der Ergebnisse eines Screenings ist eine Beschränkung des zu untersuchenden Parameterumfangs auf einzelne STV als Leitsubstanzen möglich und die damit verbundene Einengung des Substanzspektrums sinnvoll [2]. Die hier gemeinten Leitsubstanzen umfassen sowohl polare als auch unpolare STV und sind nicht mit den Standardverbindungen der Elsniq-Liste zu verwechseln.

Optimal wäre die Bestimmung des Schadstoffspektrums des Standortes an einem Screening und die Zusammenstellung der zu untersuchenden STV im Abgleich mit den Ergebnissen der qualitativen und quantitativen Analytik der polaren und unpolaren STV in einer Liste für diesen Standort.

Die Auswahl der Leitsubstanzen sollte sich an den Konzentrationen, der Häufigkeit ihres Auftretens an den untersuchten Standorten und, soweit bekannt, an toxikologischen Daten orientieren.

Alle Informationen zur qualitativen und quantitativen Analytik der polaren und unpolaren STV sind im Leitfaden Natürliche Schadstoffminderung bei sprengstofftypischen Verbindungen ausführlich nachzulesen [2].

Auswahlkriterien

Verschiedene Auswahlkriterien schränken eine mögliche Technikauswahl stark ein. Hier sind insbesondere überlagernde Nutzungen wie Wohnflächen und die Erreichbarkeit der Sanierungsbereiche hinsichtlich der Installation und der Wartung großdimensionierter Anlagentechnik zu nennen.

Fallspezifische Kriterien, deren Erfüllungsgrad für die Auswahl geeigneter Sanierungstechniken zu prüfen ist:

- Standortgegebenheiten:
 - Lage der Kontaminationsbereiche auf dem Standort bzw. außerhalb
 - Geologie, Hydrogeologie
- Abschließende Darstellung der Gefahrenlage:
 - Stoffbezogenes Schadstoffpotential (Schadstoffinventar, Art und Umfang der Kontamination)
 - Betroffenheit weiterer Schutzgüter
 - Lokalisierung und räumliche Abgrenzung der Kontaminationsquelle(n)
 - Durchführbarkeit einer Quellensanierung als Voraussetzung einer effektiven GW-Sanierung
 - Notwendigkeit einer weiteren Quellenerkundung über GWMS mit gleichzeitiger GW-Behandlung
 - Horizontale und vertikale Abgrenzung der Kontaminationsfahne
- Geländegegebenheiten:
 - Beschaffenheit, Lage und Erreichbarkeit vorhandener Grundwasserentnahmestellen (mögliche Abwehrbrunnen)
 - Erreichbarkeit des Standortes bzw. des Sanierungsbereichs (im Waldgebiet, Gebäuderelikte bzw. Trümmer)
 - Erreichbarkeit vorhandener GWMS
 - Ortsnaher Einsatz von großdimensionierten Sanierungsanlagen praktikabel
 - Zugang/Zuwegung zur Einrichtung und Wartung der Technik möglich/nicht bzw. erschwert möglich
 - Verfügbarkeit von Flächen zur Einrichtung möglicher Anlagen
 - Distanz Ableitung des kontaminierten GW
 - Möglichkeit des Einsatzes von
 - Biologischer Sanierungstechnik,
 - Aktivkohleanlage, muss an separatem Standort errichtet werden,
 - In-Situ-Sanierung,
 - direkt vor Ort oder auf separatem Standort
 - Versorgungs- und Entsorgungseinrichtungen (Strom, Wasser, Abwasser u.a.)
 - Weitere Kontaminanten als Störfaktoren der Verfahrenstechnik
- Weitere Kriterien
 - Sonstige konkurrierende Nutzungen (Schutzgebietsbereiche - Wasserschutzgebiet der ehemaligen WW sowie naturschutzrelevante Belange/Flächen, Wohnflächen, Betriebsflächen, Planungen bzw. Umnutzungen im Bereich der betroffenen Standorte)
 - Kosten-Nutzen-Abschätzung

Ableitung prinzipiell geeigneter Sanierungstechniken für die Brandenburger Fallbeispiele mit Vor- und Nachteilen für die jeweiligen Standorte

abgeleitet aus der Arbeitshilfe Stufe IB und dem BMBF KORA LF TV 5

Tabelle 18: Übersicht über bundesweite Fallbeispiele, vorgestellt in der Arbeitshilfe IB

Standort	Medium	Verfahren
Espagit Hallschlag	Sickerwasser	Sickerwasserbehandlung über Rigolensystem und Aktivkohlefilteranlage
Werk Tanne Standort Clausthal-Zellerfeld	Sickerwasser/Oberflächenwasser	Sickerwasserreinigungsanlage als „Klassische Aktivkohleanlage“, biologische Sanierung - Constructed Wetlands
WASAG Elsnig	Drainagewässer (Abwässer)	Drainagewasseraufbereitung mittels Aktivkohle
Standort Hessisch-Lichtenau	Grund- und Sickerwasser	Wasseraufbereitungsanlage mittels Aktivkohlefilter
WASAG Sythen in Haltern Am See	Grundwasser	Ozonierung (Oxidation durch Ozon)
Sprengstofffabriken Stadtallendorf	Grundwasser	Hydraulische Sicherung; Waschverfahren (Infiltration mit Alkohol)

Fallbearbeitung unter der Annahme, dass Gefahrenabwehrmaßnahmen kurzfristig erforderlich sind

(Standort liegt im TWEG, Wasserwerk ist betroffen bzw. kann betroffen sein)

❖ Einsatz einer Aktivkohle-Anlage

Die "klassische Aktivkohleanlage" wurde bereits vielfältig u.a. als Sickerwasserreinigungsanlage bei der Behandlung von STV-belastetem Grundwasser/Rohwasser erfolgreich eingesetzt (u.a. am Standort in Clausthal-Zellerfeld (Niedersachsen) und in Hallschlag (Rheinland-Pfalz). Neben der Behandlung von belastetem Grundwasser wurde die Technik auch in der Behandlung von STV-belastetem Sicker-, Ab- und Oberflächenwasser eingesetzt (vgl. auch Arbeitshilfe IB - Verfahrensschemata zu Hallschlag, Clausthal-Zellerfeld und Elsnig (Sachsen)):

❖ Hydraulische Sicherung

Als eine weitere Technik wurde eine hydraulische Sicherung als Sofortmaßnahme im Bereich von STV-belasteten Standorten eingesetzt, indem ein Zustrom von belastetem Grundwasser zu den Trinkwasserförderbrunnen verhindert wurde (vgl. auch Arbeitshilfe IB bzw. BMBF KORA LFTV 5 - Teil D3 - Seite 170 - Abb. 62: Verfahrensschema.

Fallbearbeitung unter der Annahme, dass Gefahrenabwehrmaßnahmen lang- fristig erforderlich sind

(Standort liegt außerhalb von TWEG, keine Betroffenheit eines Wasserwerkes bzw. relevanter Wasserfassungen)

❖ Biologische Verfahren – u.a. Constructed Wetlands

Beim Verfahren des Constructed Wetlands macht man sich die Möglichkeit der Reinigung sprengstoffbelasteter Wässer mit Hilfe einer Pflanzenkläranlage zu Nutze, somit der Selbstreinigungskraft in der Natur (vgl. auch Arbeitshilfe IB - Verfahrensschema zu Clausthal-Zellerfeld).

❖ Sanierungsmaßnahmen durch In-Situ-Verfahren:

- Alkohol-Verfahren
- In-Situ-Abbau (auf mikrobiologischer Basis durch Ozonintrag)
- In Situ-Verfahren mittels Pilzinjektion

Die Fragestellung nach einer In-Situ-Sanierung dürfte relevant werden, wenn die Quellenerkundung zu aufwendig wäre bzw. die Quellensanierung nicht möglich ist. Weitere Alternativen müssten überprüft werden, wenn in unwegsamem Gelände eine Errichtung von Sanierungsanlagen ausgeschlossen werden kann. Für die dargestellten Fallbeispiele existieren jeweils Grundwassermessstellen (u.a. zur Durchführung des Grundwasser-Monitorings), die eventuell im Rahmen einer In-Situ-Sanierung genutzt werden könnten.

Im Rahmen des In-Situ-Verfahrens ist der Einsatz des Passivsammlers zu überlegen.

Für die aufgeführten Verfahren liegen bereits Erfolgserkenntnisse insbesondere im Technikum vor. Jedoch fehlen die Erkenntnisse von großangelegten Sanierungsmaßnahmen im Gelände. Weiterhin muss die Kostenfrage bei den möglichen Alternativverfahren (In-Situ) im Vorfeld abgeklärt werden.

Ergeben sich auf Standorten Verfahrenseinschränkungen, müssten die aufgezeigten Alternativverfahren zur In-Situ-Sanierung geprüft werden (vgl. Beschreibungen der Sanierungstechnik in der Arbeitshilfe IB).

Schematische Darstellung zur Ableitung geeigneter Sanierungstechniken

Abschließend werden mögliche Sanierungstechniken schematisch aufgezeigt, die bei entsprechenden Auswahlkriterien mit den aufgezeigten Vor- und Nachteilen zum Einsatz kommen könnten. Diese Darstellung hat lediglich orientierenden Charakter und ersetzt nicht die einzel-fallbezogene Prüfung der Einsatzmöglichkeiten von Techniken für den einzelnen spezifischen Sanierungsfall.

Die nachfolgende Abbildung visualisiert einerseits das Vorgehen zur Findung geeigneter Auswahlkriterien und andererseits die Systematik möglicher Gefahrenabwehrmaßnahmen.

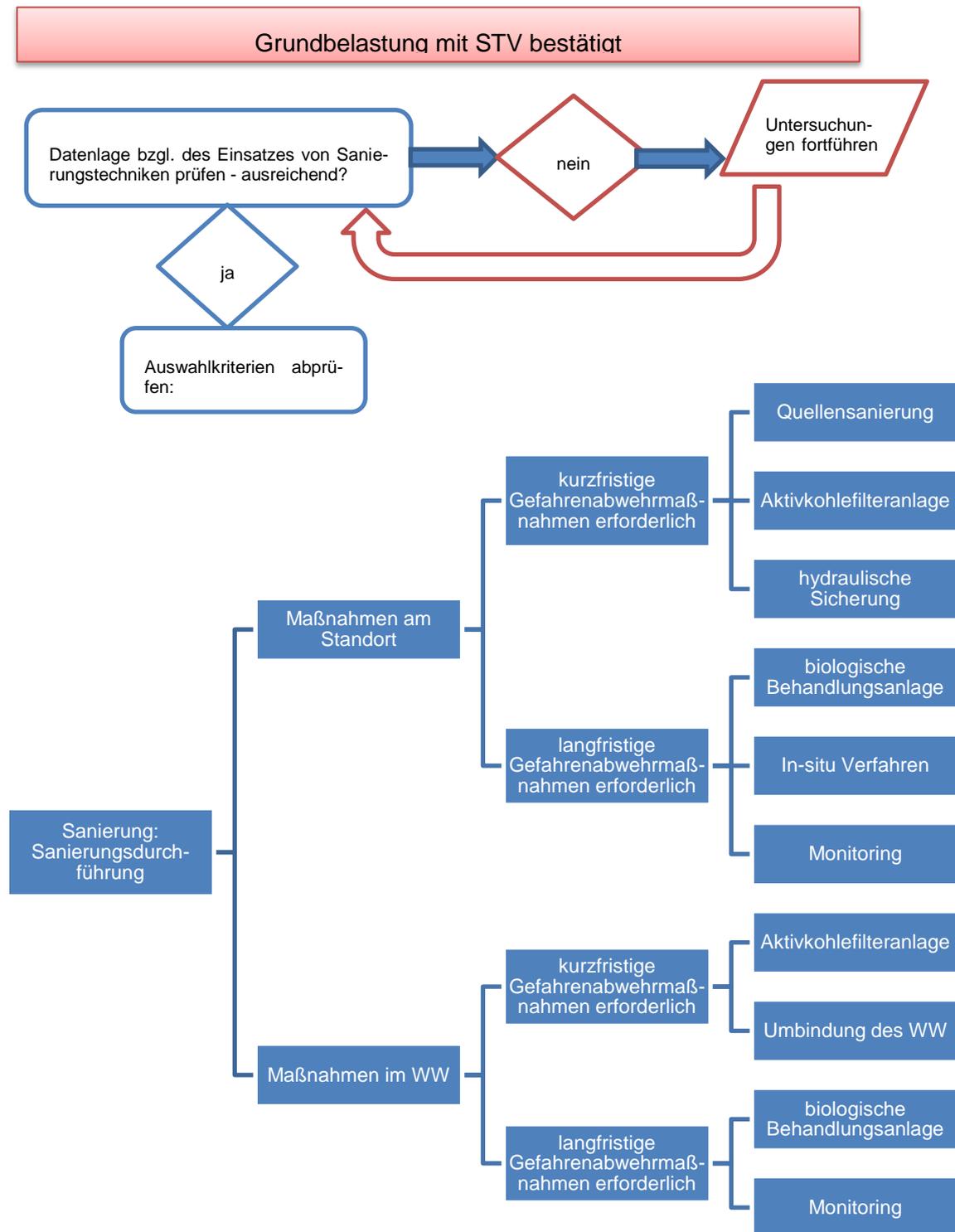


Abbildung 1: Schematische Darstellung zur Ableitung geeigneter Sanierungstechniken und zur Systematisierung der Gefahrenabwehrmaßnahmen

Tabelle 19: Auswahlmöglichkeiten für den Einzelfall geeigneter Sanierungstechniken

Hauptkriterium: STV-Grundwasserbelastungen nachgewiesen		
<i>Situation</i>	<i>Technik</i>	<i>Vor- (V) und Nachteile (N)</i>
GW und WW betroffen, kurzfristige Gefahrenabwehr notwendig	Einsatz von Aktivkohlefiltern	<p>V:</p> <ul style="list-style-type: none"> • gängigste Sanierungstechnik • Technik bereits erfolgreich eingesetzt • schneller Reinigungserfolg <p>N:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ aufwändige Anlagentechnik ist in unwegsamem Gelände nicht einsetzbar ○ Bei höheren Belastungen bzw. langjährigem Einsatz ergeben sich hohe Kosten
GW betroffen, WW bedroht, kurzfristige Gefahrenabwehr notwendig	Hydraulische Sicherung	<p>V:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einsatz von bestehenden GWMS möglich • Technik kann auch Anhaltspunkte auf nicht erkannte Quellen geben <p>N:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Horizontale und vertikale Abgrenzung der Kontamination erforderlich ○ Einsatz der Technik ohne weitere Verfahren (u.a. Aktivkohlefilter) nicht einsetzbar
GW betroffen, langfristige Gefahrenabwehr erforderlich, z.B. fehlende Überplanung des Geländes	Einsatz von biologischen Verfahren (z.B. Constructed Wetlands)	<p>V:</p> <ul style="list-style-type: none"> • natürliches Reinigungsverfahren • relativ kostengünstig <p>N:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ hoher Zeitaufwand ○ Einschränkung der Effektivität des Verfahrens durch weitere Kontaminanten (MKW, Schwermetalle; o.a.) ○ Bildung unerwünschter Metabolite ○ Großer Platzbedarf

Hauptkriterium: STV-Grundwasserbelastungen nachgewiesen		
Situation	Technik	Vor- (V) und Nachteile (N)
<p>Örtliche Erreichbarkeit der Sanierungsbereiche nicht/nur bedingt gegeben</p> <p>Quellen und Schadstoff-fahren nicht bekannt</p> <p>Geländemorphologie und Geologie kritisch</p>	<p>Kombination von mehreren Verfahren je Bedarf:</p> <p>Hydraulische Sicherung</p> <p>Einsatz von Aktivkohlefiltern</p> <p>Biolog. Sanierung</p> <p>In-Situ-Verfahren</p>	<p>V.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nutzung bestehender GWMS • Quellenerkundung über Pumpversuche und gleichzeitige Schadstoffbeseitigung durch Abpumpen des belasteten GW • Einsatz von Passivsammlern gut möglich <p>N.:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Voruntersuchungen notwendig
<p>Sanierungsmaßnahmen aufgrund von Kriterien nicht direkt möglich</p> <p>Prüfung vorab auf Einsatz von Maßnahmen durch hydraulische Sicherung</p> <p>Vorab Kosten-Nutzen-Prüfung: Voruntersuchungen zum Einsatz der geeigneten Technik aufgrund der spezifischen Standortgegebenheiten notwendig</p> <p>Einsatz von Passivsammler sinnvoll</p>	<p>In-Situ-Verfahren:</p> <p>In-Situ Alkohol-Verfahren</p> <p>In-Situ-Abbau (mikrobiolog. Basis durch Ozon)</p> <p>In-Situ-Verfahren mittels Pilzinjektion</p>	<p>V.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nutzung bestehender GWMS möglich • Quellenerkundung über Pumpversuche und gleichzeitige Schadstoffbeseitigung durch Abpumpen des belasteten GW <p>N.:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Voruntersuchungen notwendig ○ Mögliche Bodenbelastungen bleiben unentdeckt ○ Sanierungsaufwand bei unentdeckten Bodenbelastungen entsprechend sehr aufwendig

6 Literatur

1. MUNR (1998): Rüstungsaltslasten im Land Brandenburg. 11/1998
2. Joos A, Knackmuss HJ, Spyra W (Editors), 2008: Leitfaden Natürliche Schadstoffminderung bei sprengstofftypischen Verbindungen, BMBF-Förderschwerpunkt KORA, Themenverbund 5 Rüstungsaltslasten. IABG mbH, Berlin
3. LUGV (2013): Fachinformation Altlasten und Bodenschutz des LUGV - Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg - Nr. 20: Arbeitshilfe „Grundwasserkontaminationen mit sprengstofftypischen Verbindungen im Land Brandenburg“, Behandlung, Aufnahmemechanismen, Abbauverhalten Stufe IA - Literaturrecherche. Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) Brandenburg, Abt. Technischer Umweltschutz, Ref. Altlasten (T6)
4. LUGV (2014): Fachinformation Altlasten und Bodenschutz des LUGV - Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg - Nr. 21: Arbeitshilfe „Grundwasserkontaminationen mit sprengstofftypischen Verbindungen im Land Brandenburg“, Behandlung, Aufnahmemechanismen, Abbauverhalten Stufe IB - Erarbeitung ergänzender vertiefender Grundlagen zu Aufnahmemechanismen und Abbauverhalten. Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) Brandenburg, Abt. Technischer Umweltschutz, Ref. Altlasten (T6)
5. LUGV (2015): Fachinformation Altlasten und Bodenschutz des LUGV - Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg - Nr. 22: Arbeitshilfe „Grundwasserkontaminationen mit sprengstofftypischen Verbindungen im Land Brandenburg“, Behandlung, Aufnahmemechanismen, Abbauverhalten Stufe IB - Umsetzung der Literaturrecherche und Erarbeitung vertiefender Grundlagen. Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) Brandenburg, Abt. Wasserwirtschaft 1, Ref. Altlasten Bodenschutz, Grundwassergüte (W15)
6. Michels J, Stuhmann M, Frey C, Koschitzky HP, 2008: Handlungsempfehlungen mit Methodensammlung Natürliche Schadstoffminderung bei der Sanierung von Altlasten - Bewertung und Anwendung, Rechtliche Aspekte, Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz, Projektübergreifende Begleitung des BMBF-Förderschwerpunktes KORA. DECHEMA e.V., Frankfurt am Main; VEGAS, Stuttgart
7. Fraunhofer Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin, 2008: Forschungsbericht zum Teilvorhaben 5.4: Untersuchung von Böden und Grundwasser auf polare Nitroaromaten und STV-Qualitätskontrolle, BMBF-Förderschwerpunkt KORA, Themenverbund 5 Nutzung von Selbstreinigungspotentialen in STV-belasteten Böden und Grundwasserleitern (FKZ 02 WN 0313/FKZ 0330510). Fh-ITEM, Hannover