Bayerisches Landesamt für Umwelt

Arbeitshilfe für die Untersuchung von Sprengplätzen Anhang 2.1

– Fachliche Hintergrundinformationen – Erfahrungen bei der Sprengplatzbearbeitung in Deutschland

LGA Institut für Umweltgeologie und Altlasten GmbH

UmweltSpezial

Bayerisches Landesamt für
Umwelt

Arbeitshilfe für die Untersuchung von Sprengplätzen Anhang 2.1

– Fachliche Hintergrundinformationen – Erfahrungen bei der Sprengplatzbearbeitung in Deutschland

LGA Institut für Umweltgeologie und Altlasten GmbH

UmweltSpezial

Impressum

Arbeitshilfe für die Untersuchung von Sprengplätzen – Anhang 2.1 Erfahrungen bei der Sprengplatzbearbeitung in Deutschland

Herausgeber:
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: (08 21) 90 71-0
Fax: (08 21) 90 71-55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung/Text/Konzept:
Alexander Schwendner
LGA Institut für Umweltgeologie und Altlasten GmbH
Tillystraße 2
90431 Nürnberg
Tel.: (0911 655-5620
Fax: (0911) 655-5699
E-Mail: geo@lga.de
Internet: www.lga-geo.de

Redaktion:
LfU Referat 95 "Altlasten, schädliche Bodenveränderungen"

Stand:
September 2009

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung **5**

1 Einführung **9**

2 Erfahrungen der KBD **10**

2.1 Anfrage 10

2.2 Ergebnisse 10

3 Erfahrungen der Umweltbehörden **12**

3.1 Gutachtenbeschaffung 12

3.2 Auswertemodus 12

3.3 Ergebnisse 14

3.3.1 Bewertung der Gutachten bzw. der Vorgehensweise 14

3.3.1.1 Nicht-Beachtung der heterogenen Schadstoffverteilung 14

3.3.1.2 Nicht-Beachtung des Kontaminationsgeschehens 16

3.3.1.3 Unzureichende Dokumentation 18

3.3.1.4 Fehlende Plausibilitätsprüfung 19

3.3.1.5 Unzureichende Gefährdungsabschätzung 20

3.3.2 Folgerungen aus den allgemeinen Charakteristika 21

3.3.3 Folgerungen aus den Erkundungskonzepten 24

3.3.4 Folgerungen aus den Sicherheitskonzepten 25

3.3.5 Folgerungen aus den Befunden 25

3.3.5.1 Boden 25

3.3.5.2 Eluat 30

3.3.5.3 Sickerwasser 36

3.3.5.4 Grundwasser 38

3.3.6 Ergänzende Erkenntnisse aus den Gutachten 40

3.4 Schlussfolgerungen 40

3.5 Fehlerbetrachtung 42

3.6 Erläuterungen zur Auswertematrix 42

3.7 Tabellarische Zusammenstellung der Auswertungen 43

4 Dank **77**

Zusammenfassung

Das vorliegende Teilprojekt befasst sich mit den Erfahrungen von Kampfmittelräumdiensten und Umweltbehörden verschiedener Bundesländer bei der Bearbeitung von Sprengplätzen.

Die Antworten der Kampfmittelräumdienste der Länder auf eine schriftliche Anfrage, in der zentrale Fragestellungen zum Thema „Sprengplätze“ formuliert waren, lassen sich zu zehn Kernaussagen zusammenfassen:

1) Die in den Nachkriegsjahren vorgenommenen Massensprengungen von Munition liefen unvollständig ab. Insbesondere Kleinmunition wurde hierbei nicht umgesetzt.

2) Durch die Sprengungen bildeten sich Trichter mit Durchmessern von maximal 30 m und Tiefen von maximal 8 bis 10 m.

3) Munitions- und Sprengstoffreste verblieben in den Sprengtrichtern und im Auswurfbereich.

4) Es kam zur Verteilung von blindgegangener Munition und von Munitionsteilen in einem Bereich bis 500 m (max. 1.000 m) um die Sprengstellen. Die Eindringtiefen in den Untergrund betrugen hierbei bis zu 2 m im Umfeld, im Trichter möglicherweise auch mehr.

5) Trotz der Entmunitionierungen, die nach Beendigung der Sprengarbeiten durchgeführt wurden, verblieben zum Teil erhebliche Kampfmittelmengen im Boden.

6) Durch die Sprengung sowie durch Alterung kann die Gefährlichkeit mancher Kampfmittelarten zunehmen. Auch die Schlagempfindlichkeit der Sprengstoffe (vorrangig TNT) kann sich mit der Zeit erhöhen.

7) Der Korrosionsgrad der Fundmunition ist sehr variabel. Der Erhaltungszustand reicht von neuwertig bis durchgerostet.

8) Bei angesprengten oder durchgerosteten Kampfmitteln kann ein Kontakt zwischen Boden bzw. Niederschlagswasser und offen liegendem Sprengstoff gegeben sein.

9) Begleitende Untersuchungen zu Boden- oder Grundwasserbelastungen wurden im Zuge der Räumung von Sprengplätzen bisher in der Regel nicht durchgeführt.

10) Bei der Vernichtung von (Klein-)Munition durch Ausbrennen kommt es zu Belastungen im Umfeld des Ofens durch Schwermetalle. Darüber hinaus entstehen hoch belastete Brandreste, die im Regelfall auf den Delaborierungs- bzw. Sprengarealen vergraben wurden.

Von verschiedenen Umweltbehörden konnten zu insgesamt 30 Standorten Untersuchungsberichte beschafft werden. Um eine einheitliche Auswertung zu gewährleisten, wurde eine Matrix entwickelt, die die wichtigsten Charakteristika und Ergebnisse der jeweiligen Umweltmedien abfragt und bewertet. Im Ergebnis ergaben sich Aussagen zu zwei Kernfragen:

Welche Erkundungsstrategien haben sich als geeignet erwiesen und können künftig als Anleitung dienen?

Lässt eine „Gesamtschau" des Verdachtsstandorttyps „Sprengplatz" allgemeine Zusammenhänge oder Gesetzmäßigkeiten zwischen Munitionsvernichtung und Untergrundbelastungen erkennen? Kann dadurch die Herangehensweise bei der Erkundung optimiert werden?

Es war zunächst festzustellen, dass bei etwa der Hälfte der Standorte keine Ergebnisse erzielt werden konnten, die aus Sicht der LGA als belastbar einzustufen wären. Die Hauptursache hierfür liegt an erheblichen Mängeln bei den Untersuchungskonzepten. Darüber hinaus fiel auf, dass bei der Bearbeitung bzw. Bewertung das Kontaminationsgeschehen und die daraus resultierende heterogene Schadstoffverteilung zu wenig berücksichtigt wurden. Meist fehlen die ausreichende Dokumentation der Vorgehensweise sowie die Prüfung der Ergebnisse auf Plausibilität. Die Gefährdungsabschätzung wird sehr uneinheitlich durchgeführt und entbehrt oft einer klaren Ableitung. Je nach Bearbeiter bzw. Vorgehensweise kann ein Standort hinsichtlich des Verdachts auf Rüstungsaltlasten sehr unterschiedlich eingestuft werden. Trotz dieser Einschränkungen lässt sich aus der Gesamtschau eine Reihe von generellen Zusammenhängen ableiten:

Auf einem „**durchschnittlichen Sprengplatz"** wurden einige Tausend Tonnen Munition vernichtet. Er weist dann etwa 15 bis 20 (größere) Trichter von durchschnittlich 4 m Tiefe auf, die häufig vollständig oder teilweise mit dem kontaminierten Auswurf rückverfüllt worden sind. Um die Trichter sind im Regelfall Reste von Auswurf verblieben, deren Mächtigkeit schwanken kann. Als Radius der Erstreckung kann maximal der doppelte Trichterdurchmesser, gemessen ab Trichterrand, angenommen werden. Auf einem durchschnittlichen Platz ergeben sich rund 10.000 m³ möglicherweise kontaminiertes Material. Für das Sprenggeschehen lässt sich eine durchschnittliche Rückstandsbelastung an Sprengstoffen von 8 mg/kg abschätzen. Dies bezieht sich auf die Summe der Sprengstoffe und die Menge zum Zeitpunkt der Beendigung der Sprengungen. Unter Voraussetzung üblicher Eluierbarkeiten und Niederschlagsmengen kann für den Gesamtsprengplatz (Trichter einschl. Auswurfzone) ein Transmissionspotenzial von rund 320 g pro Jahr (Σ STV) hochgerechnet werden. Da das Gesamtemissionspotenzial auf rund 125 kg abgeschätzt werden kann, ist langfristig mit Stoffausträgen zu rechnen.

Die Auswertung der **Analysenergebnisse** bei den ausreichend und fundiert untersuchten Standorten zeigt eindeutig, dass das Vernichten von relevanten Mengen an Munition **im Boden immer zu nachweisbaren Verunreinigungen** durch Sprengstoffe geführt hat. Bei der **Untersuchung der Originalsubstanz** ergibt sich ein Mittelwert für Sprengstoffe aus allen positiven Bodenproben von rund 6,6 mg/kg, der nahe an dem o. g. theoretisch abgeschätzten Wert liegt. Die Gehalte schwanken von < NWG bis zu 2.500 mg/kg sehr stark, was typisch für die heterogene Schadstoffverteilung ist. TNT (bzw. ADNT) stellen in 60 % der Fälle die oder eine der Hauptkontaminanten dar, Dinitrotoluole in 30% der Fälle. Hexogen wird in Bodenproben nur auf 30 % der Standorte nachgewiesen.

Nachweise an **Pulvertypischen Verbindungen** (PTV) fanden sich in zwölf von 15 Standorten Eine Aufnahme dieser Stoffgruppe in den Untersuchungsumfang ist daher erforderlich.

Eindeutige Hauptkontaminanten wie bei den Sprengstoffen sind bei den PTV nicht auszumachen. So wechseln sich Pulverstabilisatoren (DPA), Komponenten mehrbasiger Pulver (Ngl, DEGDN, EGDN) und Weichmacher (Phthalate: DEHP, DBP) ab. In Screenings tauchen gelegentlich auch Hinweise auf Centralite auf.

Schwermetalle und PAK scheinen beim Sprengen von Munition in der Regel nicht in signifikant erhöhten Konzentrationen aufzutreten. Auffällige Gehalte sind nur anzutreffen, wenn Sprengtrichter mit Fremdmaterial (z. B. Hausmüll) verfüllt worden sind oder Kleinmunition abgebrannt worden ist.

Bodeneluate wurden nur bei rund der Hälfte der ausgewerteten Standorte hergestellt. Bei den STV zeigt sich generell eine deutliche Mobilisierbarkeit in der Reihenfolge DNT < TNT < 2-A-4,6-DNT < 4-A-2,6-DNT << Hexogen. Sehr häufig zeigen die Eluate hohe Schadstoffgehalte obwohl die Untersuchung der Originalsubstanz keine Auffälligkeiten ergeben hatte. Dies liegt an Inhomogenitäten in der Laborprobe, der zu geringen Analysenmenge beim Feststoffextrakt mit Methanol und der relativ hohen Nachweisgrenze des Verfahrens. Bei Phthalaten ist kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Gehalten in der Originalsubstanz und im Eluat zu erkennen.

Sickerwasser wurde nur auf 15% der Standorte untersucht, obwohl auf 40 % Sickerwasser angetroffen wurde. Aus den wenigen vorliegenden Ergebnissen zeichnet sich ab, dass der Schadstoffgehalt im Sickerwasser innerhalb eines Trichters

- sowohl räumlichen als auch zeitlichen Schwankungen unterworfen sein kann und
- in der Regel über den Gehalten in den Eluaten aus dem entsprechenden Probenahmebereich liegt.

Wie im **Anhang 2.3** „Vergleich von Untersuchungsmethoden“ dargestellt, ist es sehr wahrscheinlich, dass es zu einer Aufkonzentrierung des Sickerwassers beim Durchsickern der kontaminierten Trichterverfüllung kommt, sofern keine Adsorptions- bzw. Abbauvorgänge diesen Vorgang überlagern.

An allen 13 Standorten, für die Ergebnisse von **Grundwasseruntersuchungen** ausgewertet wurden, waren Belastungen durch Sprengstoffe nachweisbar. Die Sprengung relevanter Mengen an Munition führt offensichtlich nicht nur zu Bodenbelastungen, bei ungünstigen hydrogeologischen Bedingungen ist im Regelfall auch das Grundwasser betroffen. Wie im Sickerwasser können auch hier deutliche Konzentrationsschwankungen innerhalb einer Messstelle auftreten. In 92% der betrachteten Fälle stellt Hexogen die oder eine der Hauptkontaminanten im Grundwasser dar, obwohl dieser Sprengstoff in Bodenproben eher selten auftritt. Die Ursachen für diese scheinbare Diskrepanz liegen sowohl an der geringen Adsorbierbarkeit dieser Verbindung im Untergrund und offensichtlich auch an Problemen bei der Feststoffuntersuchung (vgl. auch Anhang 2.3).

Ein genereller Zusammenhang zwischen Sprengplatzkategorie (umgesetzte Munitionsmenge) und Grad der Kontaminationen konnte nicht festgestellt werden, da für einen belastbaren Vergleich einzelner Standorte die Kenntnis von Transmissions- und Immissionspotenzial erforderlich ist. Berechnungen hierzu wurden nur bei 2 von 30 Standorten durchgeführt.

Die eingangs genannten Fragen lassen sich wie folgt zusammenfassend beantworten:

Welche Erkundungsstrategien haben sich als geeignet erwiesen und können künftig als Anleitung dienen?

Sondierbohrungen, die Entnahme von Einzelproben, die Untersuchung der Originalsubstanz auf STV mittels Methanolextrakt und die Untersuchung von Oberflächengewässern alleine stellen **keine** hinreichend geeigneten Verfahren für die Untersuchung von Sprengplätzen dar. Repräsentative Ergebnisse können in Trichterbereichen nur durch Baggerschürfen mit der Entnahme von Mischproben aus einer hohen Anzahl von Einzelproben erhalten werden. Die Bestimmung der STV muss über die Untersuchung des Eluats erfolgen. Der Aussagegehalt nimmt mit der Menge des zur Analyse eingesetzten Materials zu. Wo vorhanden, sollte das Sickerwasser untersucht werden, da es repräsentative Ergebnisse liefert und am ehesten mit den Prüfwerten am Ort der Beurteilung gleichgesetzt werden kann. Bei geeigneten hydrogeologischen Bedingungen ist der Bau von Grundwassermessstellen für eine fundierte Gefährdungsabschätzung vorzusehen.

Der Aussagegehalt nimmt mit der Menge des zur Analyse eingesetzten Materials zu. Wo vorhanden, sollte das Sickerwasser untersucht werden, da es repräsentative Ergebnisse liefert und am ehesten mit den Prüfwerten am Ort der Beurteilung gleichgesetzt werden kann. Bei geeigneten hydrogeologischen Bedingungen ist der Bau von Grundwassermessstellen für eine fundierte Gefährdungsabschätzung vorzusehen.

Lässt eine „Gesamtschau“ des Verdachtsstandorttyps „Sprengplatz“ allgemeine Zusammenhänge oder Gesetzmäßigkeiten zwischen Munitionsvernichtung und Untergrundbelastungen erkennen? Kann dadurch die Herangehensweise bei der Erkundung optimiert werden?

Die Vernichtung von relevanten Mengen von Munition hat offensichtlich immer zu merklichen Bodenbelastungen durch Sprengstoffe und in geringerem Umfang auch durch Pulverbestandteile geführt. Die derzeitigen Prüfwertvorschläge für STV auf Sprengplätzen werden in der Regel nicht erreicht. Allerdings kann beim Pfad Boden – Mensch in Ausnahmefällen das Nutzungsszenario „Kinderspielflächen“ betroffen sein. Bei ungünstigen hydrogeologischen Verhältnissen scheint stets auch das Grundwasser betroffen zu sein und es ist erkenntlich, dass im Regelfall ein oder mehrere Prüfwerte für STV am Ort der Beurteilung überschritten werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich im Zuge der OU der hinreichende Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung für Sprengplätze generell bestätigt, ist nach Auswertung der vorliegenden Untersuchungen als sehr hoch anzusehen. Für eine fundierte Gefährdungsabschätzung müssen jedoch Emissions-, Transmissions- und Immissionspotenzial ermittelt werden. Ob weiterer Handlungsbedarf besteht, hängt in erster Linie von der Schadstofffracht und den hydrogeologischen Verhältnissen ab.

Grundsätzlich war bei der Auswertung der vorliegenden Gutachten feststellbar, dass z. T. schwer interpretierbare bzw. unplausible Ergebnisse vorlagen. Die Hauptursache hierfür liegt wohl an Mängeln bei den Untersuchungskonzepten, in denen das Kontaminationsgeschehen und die daraus resultierende heterogene Schadstoffverteilung zu wenig berücksichtigt wurden. In einigen Fällen fehlte die ausreichende Dokumentation der Ergebnisse sowie eine Plausibilitätsprüfung.

Die Ergebnisse der vorliegenden Bestandsaufnahme sind als Anforderungen an die Arbeitshilfe in deren Erstellung eingeflossen.

1 Einführung

Sprengplätze sind erst relativ spät ins „Rüstungsaltlasten-Umweltbewusstsein“ gerückt. Bei der Erkundung der Verdachtsstandorte in Deutschland lag die Priorität zunächst auf den großen Sprengstoffwerken des 2. WK. Dies führte dazu, dass noch 1998 – so eine damalige Umfrage des LfU – bei Umweltbehörden nur vereinzelt Erfahrungen mit dem Standorttyp „Sprengplatz“ vorlagen.

Vorsondierungen im Vorgriff der Arbeitshilfe in den Jahren 2005/2006 ergaben, dass sich dieses Bild teilweise geändert hat. Die Vorgespräche machten ebenfalls deutlich, dass bei der Bearbeitung sehr unterschiedlich vorgegangen wird. Dies betrifft den Untersuchungsumfang, die Methodik und die Gefährdungsabschätzung. Es schien daher sinnvoll, sich vor dem Erstellen der Arbeitshilfe eingehender mit den Vorgehensweisen und den Erfahrungen bei der Sprengplatzerkundung zu befassen. Hierbei waren zwei zentrale Fragestellungen von Bedeutung:

- Welche Erkundungsstrategien haben sich als geeignet erwiesen und können künftig als Richtschnur dienen?
- Lässt eine „Gesamtschau“ des Verdachtsstandorttyps „Sprengplatz“ allgemeine Zusammenhänge oder Gesetzmäßigkeiten zwischen Munitionsvernichtung und Untergrundbelastungen erkennen? Kann dadurch die Herangehensweise optimiert oder die Gefährdungsabschätzung vereinfacht werden?

Die gewonnenen Erkenntnisse sollten zusammen mit den Ergebnissen aus den anderen Anhängen die „Eckpfeiler“ für den Praxisteil der Arbeitshilfe bilden.

Auf ehemaligen Sprengplätzen treten immer auch Kampfmittel auf. Dadurch werden bei der Bearbeitung stets zwei Gesichtspunkte tangiert: der sicherheits- bzw. munitionstechnische Aspekt und der Altlastenaspekt, unabhängig von welcher fachlichen Seite an einen Standort herangegangen wird. Darüber hinaus kann das komplementäre Wissen der Munitionsfachkundigen wertvolle Hinweise bei der Beurteilung der Umweltgefahren liefern.

Für eine fach- und sachgerechte Bearbeitung des Standorttyps „Sprengplatz“ schien es daher unerlässlich, auch die Kampfmittelräumdienste der Länder nach ihren Erkenntnissen, Einschätzungen und Sichtweisen zum Thema Sprengplätze zu befragen. Daher hatte das LfU bereits im Jahr 1998 eine schriftliche Vorrecherche durchgeführt, die nach relevanten Munitions- und Umweltstichpunkten gegliedert war. Die Ergebnisse dieser Abfrage sind in den Anhang 2.1 integriert.

2 Erfahrungen der KBD

2.1 Anfrage

Im Jahr 1998 hat das LfU die Kampfmittelbeseitigungsdienste (KBD) der Bundesländer sowie einige weitere relevante Stellen zum Thema Sprengplätze befragt. Das Schreiben enthielt im Wesentlichen folgende Fragen:

- Auf welche Art wurden nach den Weltkriegen Kampfmittel vernichtet?
- Wie hoch ist die heutige Belastung des Bodens mit Kampfmitteln auf Sprengplätzen, die nach der Beendigung der Sprengungen entmunitioniert wurden?
- Wie groß ist der Bereich, der durch die Sprengung mit Kampfmitteln kontaminiert sein kann? Bis in welche Tiefe kann mit Kampfmitteln gerechnet werden?
- Wie stark sind die Kampfmittel korrodiert?
- Werden Inhaltsstoffe aus angesprengten (offenen) Kampfmitteln noch heute freigesetzt?
- Liegen auf Sprengplätzen Schadstoffbelastungen im Boden vor? Wie sieht das Schadstoffspektrum aus und in welcher Tiefe treten sie auf? Handelt es sich um flächig-homogene oder diffuse Schadstoffverteilungen? In welchen Konzentrationen liegen die Substanzen durchschnittlich im Boden vor?
- Wo liegen die Ursachen der Belastungen? Stammen sie aus angesprengten (aufgebrochenen) Kampfmitteln oder werden sie durch unvollständigen Umsatz des Sprengstoffs gebildet? In welchen Mengen ist mit der Bildung von PAK zu rechnen?
- Können Bodenbelastungen auftreten, wenn zur Munitionsvernichtung als Schlagladung lose Sprengstoffe eingesetzt wurden?
- Liegen die Belastungen am Grund oder an Rändern von Sprengtrichtern?
- Welche Erkundungsstrategien kamen bisher zur Anwendung? Waren diese erfolgreich?
- Welche Grundwasserverunreinigungen im Zusammenhang mit Sprengplätzen sind bekannt?

2.2 Ergebnisse

Etwa 50% der angefragten Stellen beteiligten sich bei der Abfrage und schickten in der Regel detailliert ausgearbeitete Antwortschreiben. Diese wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeitshilfe inhaltlich verglichen.

Die Aussagen der Kampfmittelräumdienste lassen sich in zehn Kernerklärungen zusammenfassen:

- Die in den Nachkriegsjahren vorgenommenen Massensprengungen von Munition liefen unvollständig ab. Insbesondere Kleinmunition wurde hierbei nicht umgesetzt.
- Durch die Sprengung bildeten sich Trichter mit Durchmessern von maximal 30 m und Tiefen von maximal 8 bis 10 m.
- Kampfmittels- und Sprengstoffreste verblieben in den Trichtern und im Auswurfbereich. Bei Verwendung von losen Sprengstoffen als Beiladung können zusätzliche Belastungen entstanden sein.
- Es kam zur Verteilung von Munition und Munitionsteilen in einem vorrangigen Bereich bis 500 m (max. 1000 m) um die Sprengstellen. Die Eindringtiefen in den Untergrundbetragen bis zu 2 m im

Umfeld, im Trichter möglicherweise auch mehr.

- Trotz der Entmunitionierungen, die nach Beendigung der Sprengarbeiten durchgeführt wurden, verblieben zum Teil erhebliche Kampfmittelmengen im Boden.
- Durch die Sprengung sowie durch Alterung kann die Gefährlichkeit mancher Kampfmittelarten zunehmen. Die Schlagempfindlichkeit der Sprengstoffe (vorrangig TNT) erhöht sich.
- Der Korrosionsgrad der Fundmunition ist sehr variabel. Der Erhaltungszustand und reicht von neuwertig bis durchgerostet.
- Bei angesprengten oder durchgerosteten Kampfmitteln kann ein Kontakt zwischen Boden/Sickerwasser und offen liegendem Sprengstoff gegeben sein.
- Begleitende Untersuchungen zu Boden- oder Grundwasserbelastungen wurden im Zuge der Räumung von Sprengplätzen bisher in der Regel nicht durchgeführt.
- Bei der Vernichtung von Munition durch Ausbrennen kam es zu Belastungen im Umfeld des Ofens durch Schwermetalle. Es entstanden auch hoch belastete Abfälle, die im Regelfall auf dem Areal vergraben wurden

3 Erfahrungen der Umweltbehörden

3.1 Gutachtenbeschaffung

Ab Sommer 2006 wurden bei Wasserwirtschaftsämtern und relevanten Umweltbehörden Anfragen nach Gutachten bzw. Erfahrungen bei der Untersuchung von Sprengplätzen gestartet. Entsprechend des thematischen Schwerpunkts fanden nur Standorte im Sinne von „Sprengplatz zur Massenvernichtung von Munition nach dem 2. WK“ Berücksichtung. Plätze mit Mischnutzungen (z. B. zusätzliche Vernichtung von losen Sprengstoffen oder Sprengstoffabfällen) wurden auf Grund eingeschränkter Repräsentativität ausgeklammert.

Bei den Gutachten bzw. Schriftstücken sollte es sich vorrangig um in sich abgeschlossene Berichte auf der Stufe der „Orientierenden Untersuchung“ bzw. vergleichbaren Niveaus („Voruntersuchung“, „Gefährdungsabschätzung“ u. a.) handeln. Diese Vorgabe ließ sich aus unterschiedlichen Gründen (z. B. Untersuchungen bereits vor BBodSchG) nicht in allen Fällen verwirklichen.

Falls vorhanden und ein Erkenntniszuwachs zu erwarten war, wurden in Einzelfällen auch Berichte zu vertiefenden Untersuchungsschritten gesichtet.

Unter den dargelegten Vorgaben konnten insgesamt 37 Gutachten bzw. Berichte zu 30 Standorten aus Bayern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Hessen und Schleswig-Holstein beschafft werden. Die Auswahl erfolgte hierbei nicht nach dem Aspekt der räumlichen Repräsentativität sondern nach der Verfügbarkeit bzw. nach der zeitnahen Beschaffbarkeit. Auch spielte der unterschiedliche Bearbeitungsstand der Länder bzw. die dortige Häufigkeit des Verdachtstandorttyps eine Rolle.

Vereinbarungsgemäß werden bei dieser Auswertung alle Standorte aus Datenschutzgründen anonymisiert; ebenso erhalten die Standorte innerhalb der Arbeitshilfe nicht immer die gleiche durchgängige Nummerierung.

3.2 Auswertemodus

Die Auswertung der Berichte erfasst ausschließlich die wesentlichen Merkmale eines Platzes bzw. eines Gutachtens, die direkt mit dem Sprenggeschehen in Zusammenhang stehen. Es handelt sich daher nicht um generelle „Stellungnahmen“ zu den Standorten bzw. durchgeführten Untersuchungen. Der Zeitaufwand für die Sichtung lag pro Standort zwischen etwa fünf Stunden und drei Tagen. Er hing neben dem Umfang der durchgeführten Untersuchungen bzw. der Komplexität des Standorts auch von der darstellerischen Qualität der Berichte ab. Da diese sehr schwankte, war die Nachvollziehbarkeit der Bewertung für einen Außenstehenden in einzelnen Fällen schwierig bzw. kaum möglich.

Eine **Auswertematrix** bildete die Grundlage der Sichtung bzw. Auswertung. Sie enthält folgende Hauptgliederungspunkte:

- Allgemeine Angaben zum Sprengplatz
- Vorgehensweise bei der Erkundung
- Befunde im Boden und (Grund-)Wasser
- Vorgehen bei der Gefährdungsabschätzung.

Aus Basis dieser Matrix wurden die Informationen in den Gutachten durch die LGA IUA GmbH im Hinblick auf die Ergebnisse der vorliegenden Arbeitshilfe „gewertet“. Dies ist unvermeidlich mit einem Maß an Subjektivität des Bearbeiters verbunden.

Die „**Allgemeinen Angaben zum Sprengplatz“** enthalten charakteristische Merkmale eines Platzes wie Größe, Lage und Betriebsdauer sowie Angaben zur vernichteten bzw. geborgenen Munition. In den meisten Gutachten finden sich hierzu keine oder nur unzureichende Angaben. Sofern für bayerische Standorte Daten vorlagen, wurden sie ergänzt.

Es ist davon auszugehen, dass der Belastungsgrad eines Platzes vor allem von der insgesamt gesprengten Menge abhängt. Um Standorte bezüglich ihres möglichen Kontaminationspotenzials charakterisieren zu können, wurden die vier **Sprengplatzkategorien** S, M, L und XL gebildet. War an Hand der Gutachten keine Einstufung möglich, wurde versucht, die Zuordnung über Analogieschlüsse zu anderen Plätzen vorzunehmen (Ursprung des Sprengplatzes, Trichteranzahl und -größe u. a.). Die Unsicherheiten bei der Zuordnung bewegen sich maximal im Rahmen einer Kategorie.

Sprengplatzkategorien

Einteilung nach gesprengten Munitionsmengen

Kategorie S:	bis 800 t
Kategorie M:	800 bis 2.000 t
Kategorie L:	2.000 t -8.000 t
Kategorie XL:	über 8.000 t

In den **„Angaben zum Erkundungskonzept“** wird die prinzipielle Eignung, der Umfang, die Vollständigkeit und die Qualität der Untersuchungen zusammenfassend bewertet.

In der Rubrik **„Befunde**“ ist das Schadensbild im direkten Bereich der Sprengtrichter zusammenfassend dargestellt. Für eine höhere Aussagekraft wurden Mittelwerte aus den Untersuchungsergebnissen gebildet. Hierbei fanden wiederum nur die Probenahmestellen Berücksichtigung, die direkt für den Sprengplatz bzw. für das Sprenggeschehen repräsentativ sind. Ergebnisse von Explosionsstellen oder von Entnahmestellen aus größerer Entfernung zu Sprengbereichen blieben unberücksichtigt. Zum Teil traten jedoch auf Grund dokumentatorischer Mängel erhebliche Schwierigkeiten bei der Zuordenbarkeit der Befunde auf.

Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen blieben ebenfalls unberücksichtigt, wenn die Entnahmeorte nicht zweifelsfrei im Einflussbereich des Sprengplatzes lagen.

Falls in den Analysenergebnissen **eindeutige** statistische Ausreißer vorlagen, die mit hoher Sicherheit auf Heterogenitäten im Probenmaterial (unbemerkte Sprengstoffkörnchen im Analysenmaterial) zurückzuführen waren, wurden diese Werte bei Summenbildungen nicht berücksichtigt, da sie das Gesamtbild verfälscht hätten. Zum Teil lagen jedoch so lückenhafte bzw. mangelhafte Untersuchungsergebnisse vor, dass die Entnahmeorte nicht zweifelsfrei lokalisierbar waren.

In einigen Fällen wurde auch **externes Fremdmaterial** beprobt und auf seinen Gehalt an STV untersucht oder Mischproben aus kontaminationsverdächtigem Material (z. B. Trichteruntergrund) und externem Fremdmaterial erstellt. Diese Ergebnisse blieben für die Auswertung in der Regel ebenfalls unberücksichtigt, da sie nicht repräsentativ für das „Kontaminationsgeschehen Sprengplatz“ sind. Der Begriff „externes Fremdmaterial“ umfasst im Rahmen dieser Arbeitshilfe z. B. Trichterrückverfüllungen

aus Hausmüll, Bauschutt oder organischen Abfällen, oder Material, das von andernorts zur Verfüllung antransportiert worden ist, d. h. Material, das mit dem Sprenggeschehen nicht in Berührung gekommen ist.

Das Kapitel 3.7 enthält die tabellarische Zusammenstellung der Standorte bzw. der Auswerteergebnisse. Bei 26 der 30 gesichteten Standorte lagen prinzipiell auswertbare Informationen vor.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Bewertung der Gutachten bzw. der Vorgehensweise

Die Auswertung machte zunächst deutlich, dass der „Rüstungsaltlast-Verdachtsstandorttyp Sprengplatz“ erkundungstechnisch ganz offensichtlich erheblich unterschätzt wird. Bei 48% der gesichteten Standorte kann davon ausgegangen werden, dass vermutlich keine ausreichend belastbaren Daten für die Gefährdungsabschätzung gewonnen werden konnten. Die Hauptgründe lagen wohl hauptsächlich an Fehlern im Untersuchungskonzept oder in der generell ungeeigneten Vorgehensweise.

Folgende generelle Hauptmängel kristallisierten sich bei der Durchsicht heraus:

3.3.1.1 Nicht-Beachtung der heterogenen Schadstoffverteilung

Beim Sprengen von Munition verbleiben die Rückstände in Form von Partikeln. Ihre Größe reicht von (Mikro)-Kristallen bis zu Brocken mit einigen Zentimetern Kantenlänge. Die Verteilung dieser Partikel auf Sprengplätzen ist extrem heterogen. Dies betrifft sowohl die (makroskopische) **räumliche Verteilung im Gelände** (im Auswurf und in den Trichtern, die mit Auswurf verfüllt wurden) wie auch die **kleinräumige bzw. mikroskopische Verteilung.** Diese kleinräumige Heterogenität tritt in der Rohprobe auf, sie ist jedoch auch in der homogenisierten Laborprobe vorhanden.

Bei der bisher üblichen Vorgehensweise – Entnahme punktueller Einzelproben und Untersuchung kleiner Analysenmengen – treten daher häufig extrem schwankende Ergebnisse auf. Von hoch belastet im Gramm-Bereich (wenn Sprengstoffkörnchen in die Analysenmenge gelangten) bis zu „nicht nachweisbar“ kann prinzipiell jeder Messwert auftreten. Der Praxisteil der Arbeitshilfe zeigt auf, wie die Heterogenität reduziert werden kann.

Diese bei der Interpretation der Ergebnisse eminent wichtige Tatsache der „Heterogenität“ wurde jedoch nur von sehr wenigen Gutachtern angesprochen bzw. erkannt.

Die Betrachtung von möglichen Inhomogenitäten erfolgte in den Gutachten bisher nur in Ausnahmefällen. Beispiele:

[…] ist im Gelände […] mit Sprengstoffbefunden von Konzentrationen kleiner der Bestimmungsgrenze („unbelastet“) bis hin zum Vorliegen von reinem Sprengstoff (höchstmögliche Belastung)“ zu rechnen. Diese sehr heterogene Verteilung im Gelände korrespondiert mit der Art der Belastungsquelle (Verteilung der Schadstoffe durch Sprengung“).

„Die Summenkonzentrationen für sprengstofftypische Verbindungen im Material der Trichterverfüllungen schwanken zwischen rund einem und 14 mg/kg, wobei wie erwähnt Nitroaromaten den Hauptanteil bilden. Die Parallelproben differieren meist nur wenig. Dies belegt eine gute Repräsentativität“.

„Die ermittelten TNT bzw. Metabolitkonzentrationen schwanken zwischen 0,2 und 53 mg/kg sehr stark. Dies deutet auf Inhomogenitäten im Boden hin. Vermutlich wurde im SCH10 ein TNT-Körnchen mit erfasst.“

Die Untersuchung von Einzelproben auf Sprengplätzen liefert im Regelfall keine interpretierbaren Ergebnisse!

In Einzelproben festgestellte Belastungen haben keine räumliche Ausdehnung! Sie sind daher nicht durch weitere Sondierbohrungen eingrenzbar!

Als Gegenbeispiel dazu lassen die Analysenergebnisse in der Tab. 1 folgende Schlussfolgerungen zu:

Tab. 1: Problematik von Untersuchungsergebnissen, die mittels RKS und Methanolextrakt (ME) gewonnen wurden.

Probe .	Mischprobe ME [mg/kg]	Mischprobe E [µg/l]	Einzelproben ME [mg/kg]	Einzelproben E [µg/l]	Bemerkung
1	TNT 34 ADNT n. n.	TNT 630 ADNT 41	TNT 0,1 TNT n. n TNT n. n TNT n. n TNT n. n	- - - - -	Der ME der Mischprobe und das Ergebnis des Eluats passen beim Parameter TNT zusammen. Die ADNT haben sich möglicherweise erst bei der Erstellung des Eluats gebildet. Die ME-Ergebnisse der Einzelproben waren alle negativ. Sie allein hätten keine relevante TNT-Belastung erkennen lassen. Ohne die Untersuchung von Parallelproben 0der korrespondierende Eluatuntersuchungen sind diese Ergebnisse schwer interpretierbar..
2	RDX 4,3	RDX 660	n. n. n. n. n. n. RDX 1,4 n. n.	- - - RDX 290 -	Das Eluat der Mischprobe passt wiederum zum Ergebnis des ME und zeigt die hohe Mobilität des RDX an. Es ist sehr wahrscheinlich, dass auch Proben, die mit ME negativ getestet sind, im Eluat RDX zeigen würden. Die ME-Einzelproben können nicht vollumfänglich die Belastungen der MP klären. Das Eluat der Einzelprobe passt wiederum zum ME der Einzelprobe und bestätigt erneut die hohe Mobilität von RDX.
3	DNT 18 TNT 1,5	DNT/ TNT n. n.	TNT / DNT n. n. TNT / DNT n. n. TNT / DNT n. n. TNT / DNT n. n. TNT / DNT n. n.	- - - - -	Das Probenmaterial, das für das Eluat der MP verwendet wurde, war sicherlich nicht identisch mit dem Material, das für den ME verwendet wurde, da sonst wahrscheinlich TNT im Eluat nachweisbar gewesen wäre. DNT ist ein Pulverbestandteil. Es findet sich trotz erhöhter Gehalte in der Originalsubstanz selten in Eluaten, da es in der Nitrocellulose-Matrix fixiert ist. Dadurch ist die Freisetzung erheblich reduziert.
4	DNT 20 ADNT 0,04 TNT 0,7	DNT, ADNT und TNT n.n .	DNT 0,6 / TNT 0,08 DNT n. n. / TNT 0,43 DNT 2,4/ TNT 0,98 DNT n. n. / TNT n. n. DNT n. n. / TNT n. n.	- - DNT und TNT n. n. - -	Das Probenmaterial, das für das Eluat der MP verwendet wurde, war wiederum nicht identisch mit dem des ME. Im Eluat hätten sich ADNT und TNT nachweisen lassen müssen. Die Einzelproben können den hohen DNT–Wert der Mischprobe nicht erklären. Vermutlich gelangte ein Pulverpartikel in das Analysenmaterial für die ME-Untersuchung der Mischprobe. Auch diese Proben zeigen, dass das DNT in nicht mobilisierbarer Form (eingebunden in die Nitrocellulose-Matrix) vorliegt.
ME = Methanolextrakt der Originalsubstanz; E = Eluat					

- Das gewählte Probenahmeverfahren – Rammkernsondierungen mit Mischprobenbildung - stellt keine geeignete Probenahmemethode dar, da keine reproduzierbaren Ergebnisse erhalten werden
- Heterogenität ist trotz vermutlicher Homogenisierung - auch im Labor- bzw. Analysematerial wieder zu finden. Es wird deutlich, welche Nachweisunsicherheiten das bisherige Standardverfahren „Methanolextrakt“ in sich birgt. Dies liegt an den verwendeten Analysenmengen von lediglich 5 - 10 g, die eine Homogenität des Probengutes voraus setzen, die in der Realität offensichtlich nicht gegeben ist und auch durch übliche Homogenisierung nicht erreicht werden kann.
- Die Untersuchung von Einzelproben ist offensichtlich mit einer erheblichen Gefahr von Falsch-Negativ-Befunden verbunden. Punktuelle Aufschlüsse vermögen die tatsächlichen Gegebenheiten einer Fläche offensichtlich nur sehr eingeschränkt widerspiegeln.

Vor diesem Hintergrund macht es daher auch keinen Sinn, wie von Gutachtern in verschiedenen Fällen empfohlen, in Einzelproben festgestellte Schäden bzw. Belastungen durch weitere Rammkernsondierungen horizontal oder vertikal einzugrenzen. Das klassische Schadensbild – dass ein Konzentrationswert (einer Einzelprobe) eine räumliche Ausdehnung hat – kann bei der Sprengplatzerkundung keine Anwendung finden.

3.3.1.2 Nicht-Beachtung des Kontaminationsgeschehens

Wie im Praxisteil dargestellt, führen die Sprengungen zu einer charakteristischen Verteilung der Rückstände im Auswurfmaterial und im Trichteruntergrund. Diese kann nach Beendigung der Sprengungen durch Erdbewegungen (Rückverfüllung) oder landwirtschaftliche Nachnutzung verändert bzw. überprägt worden sein. Grundlage eines Erkundungskonzepts muss daher stets die zentrale Frage bilden, wo und in welcher Tiefe sich das potenziell verunreinigte Material heute befindet. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass auf vielen Standorten nacheinander mehrere Betreiber tätig waren, die nicht unbedingt die gleichen Bereiche für die Vernichtungen benutzt haben. Im Feld ist dann zu prüfen, ob das anvisierte Material tatsächlich erfasst wird.

Eine saubere Rekonstruktion der einzelnen Sprengbereiche und eine lagegetreue Lokalisierung der Schadensbereiche mittels GIS wurden jedoch häufig nicht durchgeführt. Diesbezügliche Vorüberlegungen und Kontrollprüfungen im Gelände fehlten in den meisten Fällen, sodass oft der Verdacht nahe liegt, dass

- „ungeeignetes“ Material untersucht wurde oder
- „geeignetes“ und „ungeeignetes“ Material für die Untersuchung vermischt wurde.

Dies ist z. T. jedoch nachvollziehbar, wenn man berücksichtigt, dass die sichere Identifizierung von Material, das einem Sprenggeschehen ausgesetzt war, vom Bodentyp abhängt und bei sandigem Untergrund – bei Fehlen von Splittern – sehr schwierig sein kann.

3.3.1.2.1. Auswurf

Die meisten Fehler in punkto Nichtbeachtung des Kontaminationsgeschehens treten bei der **Erkundung des Auswurfs** auf. Bei einem Großteil der geprüften Standorte sind diesbezüglich Defizite zu verzeichnen:

- Beprobung falscher Horizonte
- Beprobung zu großer Schichtdicken
- Bildung unplausibler Mischproben
- Entnahme von Proben außerhalb des Auswurfbereichs

Bei sechs Standorten wurde der Auswurf lediglich indirekt über ein Gesamtraster erfasst. Bei einem

Drittel der Standorte blieb Auswurf ganz unberücksichtigt.

Die Frage, wie weit sich der Auswurf bzw. Kontaminationen prinzipiell um einen Sprengtrichter erstrecken können, ist noch nicht wissenschaftlich untersucht worden.

In erster Nährung kann vom Trichterdurchmesser, gemessen ab Trichterrand, ausgegangen werden. Entnahmezonen mit Radius von 100 m bis 400 m um die Sprengtrichter sind zu groß.

Eine große Unsicherheit bestand in diesem Zusammenhang offensichtlich auch bei der Entnahme bzw. Anordnung der Einzelentnahmepunkte von Oberflächenmischproben. Dies mag zum Teil daran liegen, dass sich hier zwei Ziele bzw. Strategien vermischen

- die Erkundung des Auswurfs unter dem Aspekt „Pfad Boden – Grundwasser“, und
- die Erkundung unter dem Aspekt Boden – Mensch (oder Boden – Nutzpflanze).

Bei der Erkundung eines Auswurfbereichs unter dem Aspekt „Pfad Boden – Grundwasser“ werden die Einzelentnahmepunkte radial um die Trichter angelegt. Die Zahl der Einzelproben, die mittels Bohrstock entnommen werden, muss möglichst hoch sein. Fünf bis zehn Einzelproben sind keinesfalls ausreichend. Die Entnahmetiefe richtet sich nach der Verfüllgeschichte bzw. der Schichtdicke des Auswurfs. Im Regelfall sind 0 - 0,3 m zu wählen. Der Trichterbereich kann mit beprobt werden, wenn er nicht mit externem Fremdmaterial zugefüllt bzw. überschüttet wurde.

Eine gesonderte Probenahme für den Pfad Boden – Mensch ist im Regelfall nicht erforderlich, da

- mit der Erkundung des Pfads Boden-Grundwasser im Auswurfbereich der Pfad Boden-Mensch mit abgedeckt wird.
- der Horizont bis 0,6 m bei landwirtschaftlicher Nutzung nur in Trichterbereichen relevant ist. Hier stehen in der Regel die Ergebnisse der Schürfproben zur Beurteilung zur Verfügung.

In diesem Zusammenhang macht es daher keinen Sinn, die Verteilung der Einzelentnahmepunkte nicht an der Erstreckung des Auswurfs zu orientieren sondern z. B. an Flurstücksgrenzen. Dies kann zu einer merklichen Verdünnung führen.

Teilweise kommen auch modifizierte Entnahmestrategien zur Beurteilung oberflächennaher Belastungen zur Ausführung. So werden z. B. Mischproben aus dem obersten Horizont einiger (weniger) Sondierbohrungen gebildet. Auf Grund der heterogenen Verteilung ist die Aussagekraft dieser Methode jedoch wesentlich geringer als wenn Oberflächenmischproben aus 30 bis 50 Einstichen entnommen werden.

3.3.1.2.2. Rückverfüllte Trichter

Fehler treten auch bei der Beprobung von Trichterrückverfüllungen auf. Hierbei gilt stets die Frage: Handelt es sich bei der Rückverfüllung tatsächlich um Material, das mit dem Sprenggeschehen in Zusammenhang steht?

Als Positivbeispiel sei folgender Auszug zitiert: *Die in den umgesetzten Bereichen und den Sprengtrichtern erbohrte Auffüllung besteht aus […]. Das aufgefüllte Material entspricht lithologisch im Wesentlichen umgelagerten, im Erkundungsgebiet anstehenden Bodenschichten. Die genaue Herkunft des zur Wiederauffüllung der Sprengtrichter ursprünglich, d. h. vermutlich noch im Jahr 1945 oder wenig später verwendeten Materials, ist jedoch nicht nachvollziehbar. Es ist daher nicht auszuschließen, dass möglicherweise die ehemaligen Sprengtrichter zunächst mit unbelastetem bzw. verhältnismäßig gering belastetem Material verfüllt wurden. Demnach könnte die Umlagerung der ursprünglichen Trichterauffüllungen und deren Durchmischung mit kontaminiertem Material außerhalb der Sprengtrichter (*dem Auswurf; Anmerkung d. A.*) im Zuge der Entmunitionierungsarbeiten zu den […] erhöhten*

Gehalten an Nitroaromaten geführt haben.

Der Gutachter hat sich hier Gedanken über die Herkunft des untersuchten Materials und die Aussagekraft der Untersuchungen gemacht. Im Gegensatz hierzu wurden in anderen Fällen Trichter, die nachträglich mit Hausmüll oder Bauschutt rückverfüllt worden sind, auf STV untersucht und auf Grund des Negativbefundes aus dem Verdacht entlassen, ohne jedoch zu prüfen, ob sich der kontaminierte Auswurf nach wie vor außerhalb befindet.

Auf manchen Sprengplätzen wurde auch Auswurf zusammen mit externem Fremdmaterial (z. B. Bauschutt) rückverfüllt. Hier sind durch die Verdünnung niedrigere Werte zu erwarten. Das Emissionspotenzial des Platzes bleibt durch Verfüllung der Trichter mit externem Fremdmaterial jedoch unverändert, mit Ausnahme der Auswurf wurde abtransportiert. Dies muss gutachterlich entsprechend gewertet werden.

An manchen Standorten hat offensichtlich die Lokalisierung der Trichter Schwierigkeiten bereitet. Fehlen in Schürfen Anzeichen von Sprengung (Splitter), so wurde wahrscheinlich an der falschen Stelle geschürft.

Die Frage, welche Anzahl an Trichtern für ein repräsentatives Ergebnis untersucht werden müssen, sollte ebenfalls in den Ausführungen zum Konzept betrachtet werden. Im Praxisteil werden hierzu Anregungen gegeben. Die Untersuchung von beispielsweise lediglich vier von insgesamt 240 vorhandenen Trichtern erscheint als zu gering.

Bohransatzpunkte können aus prinzipiellen Gründen in Trichterbereichen nicht freigemessen werden (dies wurde in der Praxis jedoch sehr uneinheitlich gehandhabt). Werden geplante Bohrungen aus Sicherheitsgründen aus dem Sprengfeld herausverlegt, muss der Kontaminationsschwerpunkt „Trichter“ als nicht erkundet eingestuft werden. Es ist nicht möglich, Bohrungen außerhalb der Sprengtrichter zur Gefährdungsabschätzung heranzuziehen bzw. Rückschlüsse zu ziehen.

3.3.1.2.3. Unverfüllte Trichter

Bei der Erkundung unverfüllter oder augenscheinlich weitgehend unverfüllter Trichter sind unterschiedliche Probenahmestrategien festzustellen, insbesondere was die Entnahmetiefen am Trichtergrund betrifft. Sie differieren von Spatentiefe bis zu mehreren Metern Tiefe. In keinem Fall wird jedoch erläutert, warum ein bestimmter Horizont für eine Probenahme ausgewählt wird. Welcher Horizont letztlich für die Beprobung ausgewählt wird, muss der Eindruck vor Ort entscheiden. In diesem Zusammenhang ist es aus fachlicher Sicht wenig sinnvoll, Aufschlussarbeiten komplett an Subunternehmer wie Baufirmen zu vergeben, da hier nicht von einer Kenntnis der Problemstellung auszugehen ist. Probenahmen auf Sprengplätzen sollten durchgehend vom Projektleiter betreut werden, da nur so die Repräsentativität der Proben gewährleistet wird.

3.3.1.3 Unzureichende Dokumentation

Nur sehr wenige Gutachten enthalten eine fundierte Beschreibung der historischen Zusammenhänge. Lediglich in Ausnahmefällen wird auf Art und Menge der gesprengten Munition sowie die vermutete Anzahl der Sprengstellen eingegangen. Eine quantitative Bewertung bzw. Abschätzung möglicher Rückstände ist die Ausnahme. Dies muss jedoch die Basis der Beurteilung darstellen. Auch der munitionstechnische Aspekt der Standortunterlagen (z. B. Vernichtung von Infanteriemunition oder Bordwaffenmunition ohne Sprengstoff bzw. mit nur geringem Sprengstoffanteil) bzw. die Kampfmittelfunde in den Schürfen (z. B. Reste von Treibladungspulver), die Rückschlüsse auf das Kontaminationspotenzial erlauben, werden generell zu wenig bewertet.

Bei rund 40 % der Standorte fehlt gar eine planliche Darstellung der Trichter. Es ist nicht zu erkennen, wo die Entnahmepunkte relativ hierzu platziert wurden. Sind Trichter verzeichnet, ist häufig nicht be-

schrieben, wie die Lokalisierung vorgenommen wurde. Auf die wichtige Fragestellung, wie viele Trichter bzw. Sprengstellen es in den einzelnen Sprengphasen gab, und ob bzw. wie diese lokalisiert wurden, wird in den meisten Berichten nicht eingegangen. Es ist zusammenfassend sehr wahrscheinlich, dass bei einem wesentlichen Teil der Standorte die Verdachtsstellen nur lückenhaft exakt lokalisiert werden konnten. Somit konnte weder das Emissionspotenzial ermittelt noch eine Emissionsabschätzung vorgenommen werden.

Zum Teil fehlt die Beschreibung der Gegebenheiten vor Ort, d. h. den Berichten ist nicht zu entnehmen, ob die Trichter heute verfüllt oder unverfüllt vorliegen.

Die Probenahmen sind ebenfalls nur unzureichend dokumentiert. Es fehlen Angaben zu

- Anzahl der Einzelproben
- Menge des entnommenen Materials (!)
- Homogenisierung vor Ort (oft)
- Probenverjüngung (oft)
- Labormenge (immer)
- Homogenisierung im Labor (immer)
- verwendete Analysenmenge (immer)

Durch die unvollständige Dokumentation war häufig keine oder nur eine eingeschränkte Plausibilitätsprüfung möglich.

Als Positivbeispiel vorbildlich: *„Die begehbaren Schürfe wurden über den gesamten Durchmesser des Trichters bis in eine Tiefe von ca. 1 m ab anstehender Geländeoberkante angelegt. […] wurden pro Schurf und Trichter drei bis vier Mischproben entnommen. Die Abschnitte der Probenahme wurden durch Drittelung bzw. Viertelung der gesamten Schurflänge festgelegt. […]. Die Herstellung der Mischproben erfolgte aus jeweils 20 Einzelproben á ca. 0,5 kg, so dass der gesamte Schurfquerschnitt im jeweiligen Beprobungsabschnitt beidseitig erfasst wurde. Die jeweiligen Mischproben mit einer Gesamtprobenmenge von je ca. 10 kg Boden wurden vor Ort durch Viertelung nach dem Prinzip der mehrfachen Probenkreuzteilung auf die erforderliche Labormenge von 1,5 kg geteilt. […].*

Auch eine Darstellung der Probenvorbereitung im Labor findet sich so gut wie in keinem der Berichte: Das folgende Beispiel stellt eine Ausnahme dar: *„Das feste Bodenmaterial war durch eine sehr feste Konglomeratbildung gekennzeichnet, das z. T. durch manuelle Behandlung (Zerdrücken mit der Hand) nicht zerkleinerbar war. […]. Demzufolge wurde die Extraktion aus der feldfrischen Gesamtprobe vorgenommen. Augenscheinlich unzerkleinertes Material (z. B. Steine) wurden […] eliminiert. […]. Auffälliges, stückiges Material, das den Verdacht auf einen reinen Sprengstoff erwecken könnte, wurde nicht angetroffen. […] Für die Bestimmung […] wurden 10 - 15 g Probe mittels Diethylether […] extrahiert.*

3.3.1.4 Fehlende Plausibilitätsprüfung

Eine Bewertung in einem Gutachten sollte in jedem Fall die Ergebnisse auf Plausibilität prüfen. Dies erfolgte im Regelfall nicht. Im Folgenden findet sich eine Reihe von Fragen, die sich bei der Sichtung der jeweiligen Gutachten stellten, dort jedoch nicht (unter dem Gliederungspunkt einer „Plausibilitätsprüfung“ angesprochen wurden:

- Ist es möglich, dass trotz der Sprengung von einigen Tausend Tonnen Munition keine nachweisbaren Rückstände im Boden verbleiben?
- Wie ist es zu erklären, dass in einem Trichterfeld mit über 100 identischen Trichtern bei stichpunkt-

artigen Untersuchungen offensichtlich nur ein einziger belastet ist? Können tatsächlich alle andern aus dem Verdacht entlassen werden?

- Wie ist es möglich, dass in Bodenproben kein Hexogen nachweisbar ist, dieser Parameter im Grundwasser jedoch die Hauptkontaminante darstellt?
- Wie ist es möglich, dass Verbindungen mit sehr hoher Löslichkeit (Nitroglycerin, DEGDN) im Boden nachweisbar sind, in parallel untersuchten Eluatproben dann jedoch unter der Nachweisgrenze liegen?
- Wie ist es möglich, dass gering belastete Bodenproben oder Bodenproben ohne Nachweis hohe STV-Gehalte im Eluat zeigen?
- Wie ist es möglich, dass 2,4-DNT im Original mit 120 mg/kg vorliegt, im Eluat jedoch nicht nachweisbar ist? (die Wasserlöslichkeit von 2,4-DNT liegt bei 20°C zwischen 150 und 300 mg/l).
- Kann es sein, dass 1,2-Dinitrobenzol, ein ausschließliches Nebenprodukt der 1,3 Dinitrobenzol-Herstellung, die Hauptkontaminante auf einem Sprengplatz darstellt (und 1,3-DNB nicht auftritt)?
- Ist der Nachweis von Hexyl, einem seltenen und ausschließlichen Marinesprengstoff im Grundwasser eines Standortes, auf dem nur Artilleriemunition vernichtet worden ist, plausibel?
- Ist es von der Schadstofffracht her möglich, dass eine lokale Überschreitung eines Prüfwertes eine messbare Verunreinigung im Grundwasserleiter hervorruft?

3.3.1.5 Unzureichende Gefährdungsabschätzung

Eine fehlende Plausibilitätsprüfung wirkt sich auch auf die Gefährdungsabschätzung aus. Sie muss versuchen, wie im Praxisteil erläutert, fünf Aspekte quantitativ abzuschätzen:

- Welche Mengen an Spreng- bzw. Explosivstoff sind insgesamt im Untergrund vorhanden? (Emissionspotenzial)
- Wie hoch sind derzeit und zukünftig Ausmaß und Beschaffenheit der mobilisierbaren Anteile? (Emissionsabschätzung)
- Welche Rückhaltewirkung (Durchlässigkeit, Adsorptions- und Abbauvorgänge) weist der Untergrund auf? (Transmissionspotenzial / Transportprognose)
- Welche Konzentrationen sind am Ort der Beurteilung zu erwarten? (Sickerwasserprognose).
- Welche Konzentrationen sind im Grundwasser zu erwarten? (Immissionspotenzial)

Um diese Fragen für eine fundierte Gefährdungsabschätzung beantworten zu können, müssen alle verfügbaren Daten über einen Standort ausgewertet und interpretiert werden.

Die gesichteten Gefährdungsabschätzungen beschränkten sich jedoch oft allein auf die Frage „Prüfwert überschritten ja/nein“. Hierbei wurde zudem oft nicht berücksichtigt, wie die Ergebnisse gewonnen wurden und ob sie plausibel erscheinen. Es fehlt die Betrachtung im Gesamtkontext.

Erläuterungen oder Bewertungen, welche Schlussfolgerungen aus Nachweisen im Boden oder Eluat zu ziehen sind, fehlen in vielen Fällen.

Gefährdungsabschätzungen, die konform der BBodSchV durchgeführt werden und die Konzentrationen am Ort der Beurteilung prognostizieren, stellen die Ausnahme dar, ebenso wie Emissions-, Transmissions- und Immissionsbetrachtungen.

Die Vorgehensweisen bei der Gefährdungsabschätzung erscheinen insgesamt sehr uneinheitlich.

Zusammenfassend besteht zum Punkt Gefährdungsabschätzung offensichtlich ein großer Erläuterungs- und Strukturierungsbedarf. Der Praxisteil versucht hier Hilfestellungen zu geben.

3.3.2 Folgerungen aus den allgemeinen Charakteristika

Zunächst fiel bei der Auswertung der allgemeinen Charakteristika auf, dass der **Größenangabe** eines Sprengplatzes [m²] unterschiedliche Bezugsgrößen zu Grunde liegen (potenziell kampfmittelbelasteter Bereich, entmunitionierter Bereich, potenziell kontaminierte Fläche(n)). Im Praxisteil wird der Begriff „Größe des Sprengplatzes“ daher erstmals definiert.

Bezüglich der Sprengplatznutzung können insgesamt **vier Vernichtungsphasen** bzw. „Betreiber“ der Sprengplätze unterschieden werden:

- die Wehrmacht kurz vor Kriegsende (mindestens auf den Sprengplätzen 9, 10, 12, 14, 17, 20, 21 und 22).
- US oder Alliierte (nahezu alle Standorte)
- die StEG (in der US-Zone)
- private Räumfirmen bzw. die Räumkommandos der Länder.

Angaben über **vernichtete Munitionsmengen** liegen – wenn überhaupt - nur für die letzten beiden Vernichtungsphasen vor. Der Schwerpunkt der vernichteten Mengen dürfte jedoch auf den ersten beiden Zeitabschnitten liegen.

Bei der Einteilung der gesichteten Sprengplätze nach geschätzten gesprengten Mengen liegt der Schwerpunkt (11 Plätze) auf der Kategorie S (bis 800 t). Die **Kategorien** L (bis 8.000 t) und XL (> 8.000 t) sind jeweils mit sieben Standorten vertreten (Abb. 1). Auf die Unsicherheiten in der Größenordnung einer Kategorie wurde bereits eingangs verwiesen.

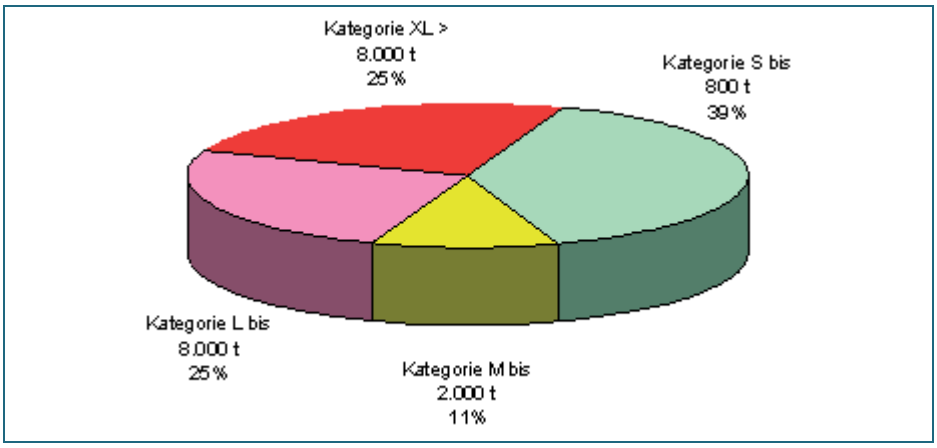

Abb. 1:
Einteilung der gesichteten Sprengplätze nach vermuteten (geschätzten) gesprengten Mengen.

Die **Anzahl der Trichter** auf einem Sprengplatz schwankt wie die vernichteten Munitionsmengen stark und liegt zwischen einem und über 240 Trichtern. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich unter den Trichtern – je nach Standortgeschichte – eine größere Anzahl von Wehrmachts-Explosionsstellen befinden kann, wenn z. B. Bunker mit Inhalt oder Munitionsstapel kurz vor Kriegsende gesprengt worden sind. Die späteren Munitionsvernichtungen wurden jedoch meist auf wenige Stellen konzentriert, sodass die Mehrzahl der Explosionsstellen – möglicherweise bis zu 75 % – nicht mehr für spätere Munitionsvernichtungen herangezogen worden ist. Dies dürfte sich im Regelfall jedoch nur schwer klären lassen, da die Sprengarbeiten, wie ausgeführt, generell schlecht dokumentiert sind.

Im Mittel können pro Platz rund 40 Sprengtrichtern angenommen werden, wobei davon auszugehen ist, da rund 15 bis 20 größere Trichter vorliegen.

Auf Grund der oft unscharfen Angaben zu den **Trichterdurchmessern** war die Berechnung eines Mittelwertes nicht möglich. Die Werte pegeln sich jedoch meist zwischen 10 bis 15 m ein. Bei sehr großen Trichtern handelt es sich in der Regel um (Bunker-)Explosionsstellen (der Wehrmacht) und nicht um Munitionsvernichtungstrichter. Dies ist aus verschiedenen Gründen plausibel:

- Bei der „ordnungsgemäßen“ Munitionsvernichtung wurden gewisse maximal zulässige Sprengstoffmengen (Nettoexplosivstoffgewicht) eingehalten, um Gebäudeschäden in der Umgebung zu vermeiden. Die entstehenden Vertiefungen wurden dann auch bei längerfristigem Sprengen nicht mehr größer, da die Energie nicht mehr ausreichte, um nennenswerte Mengen an Auswurf zu erzeugen.
- Trichter mit großen Durchmessern weisen auch größere Tiefen auf. Aus Gründen der Praktikabilität dürfte es keinen Sinn gemacht haben, die sehr tiefen Trichter zur Massenvernichtung zu verwenden, da sie schlechter zugänglich waren und die Munition per Hand eingebracht werden musste.
- Oftmals wurde nach mehrmaliger Benutzung das Grundwasser aufgedeckt. Statt abzupumpen wurde meist ein neuer Trichter angelegt.

Bei den **Trichtertiefen** gelten ähnliche Überlegungen. Über alle Standorte kann die durchschnittliche Tiefe mit etwa 4 m angegeben werden. Hierunter ist der Unterschied zwischen umgebender GOK und Trichterbasis nach Beendigung der Sprengungen zu verstehen. Definitionen zum Begriff „Trichtertiefe“ finden sich im Praxisteil.

Beim Sprengen ist stets **Auswurf** entstanden. Er ist jedoch in der Regel auf Luftbildern nur zu erkennen, wenn die Aufnahmen zeitnah gemacht wurden. Bereits nach wenigen Jahren hat sich der Auswurfbereich durch einsetzende Vegetation visuell meist der Umgebung angeglichen.

Auf etwa der Hälfte der geprüften Standorte wurden die Trichter rückverfüllt. Bei einem weiteren Drittel erfolgte die Rückverfüllung teilweise, d. h. entweder wurden nicht alle Vertiefungen verfüllt oder sie wurden nicht vollständig aufgefüllt. Bei fünf Standorten waren in den Berichten hierzu keine Angaben enthalten.

Zusammenfassend finden sich auf **einem typischen Sprengplatz** 15 bis 20, weitgehend rückverfüllte Trichter, die einen Durchmesser von 10 bis 15 m bei einer Tiefe von rund vier Metern aufweisen. Somit liegt die Menge an potenziell kontaminiertem Material pro Platz bei rund 10.000 m³. Auf einem Durchschnittssprengplatz dürfte die Menge an vernichteter Munition bei wenigen Tausend Tonnen liegen.

Eine Auswertung der Angaben zu **den geräumten Mengen** nach Kriegsende halten wir für wenig sinnvoll, da diesbezüglich nur bruchstückhafte Angaben vorliegen und die Räumgrößen jeweils sehr schwanken. Insbesondere fehlen bisher die Zahlen der StEG, die (nach Beendigung der Sprengungen) die größten Mengen geborgen hat. Sicherlich ist jedoch der generelle Zusammenhang gegeben, dass auf Sprengplätzen mit hohem Sprengumsatz auch große Mengen an Fundmunition geborgen wurden. Dieser Zusammenhang kann jedoch durch die chaotischen Aktionen der Wehrmacht und die unkontrollierten Sprengungen seitens US überprägt sein, da bei beiden ein wesentlich höherer Anteil an unumgesetzter Munition zu erwarten ist. Zusammenfassend kann die Menge an Kampfmitteln, die (bisher) bei Entmunitionierungen geborgen wurde, nur als grober Anhaltspunkt für den Umweltgefährdungsaspekt eines Sprengplatzes betrachtet werden.

Bei den Auflistungen von gesprengten (bzw. geborgenen) **Kampfmitteltypen** ist – entsprechend den Nennungen in den Archivalien - ein Schwerpunkt auf der Kategorie „Hand-, Bordwaffen- und Infanteriemunition“, gefolgt von „Artilleriemunition“ zu erkennen. Hinweise auf die Vernichtung von Abwurfmunition finden sich dagegen selten. Für das Kontaminationspotenzial ist bedeutsam, dass der Hauptanteil der „Hand-, Bordwaffen- und Infanteriemunition“ keinen Sprengstoff sondern lediglich Explosivstoffe (Treibmittel) oder Brandstoffe enthält. In Abb. 2 ist die Anzahl der Nennungen der gesprengten Kampfmitteltypen in den Archivalien dargestellt.

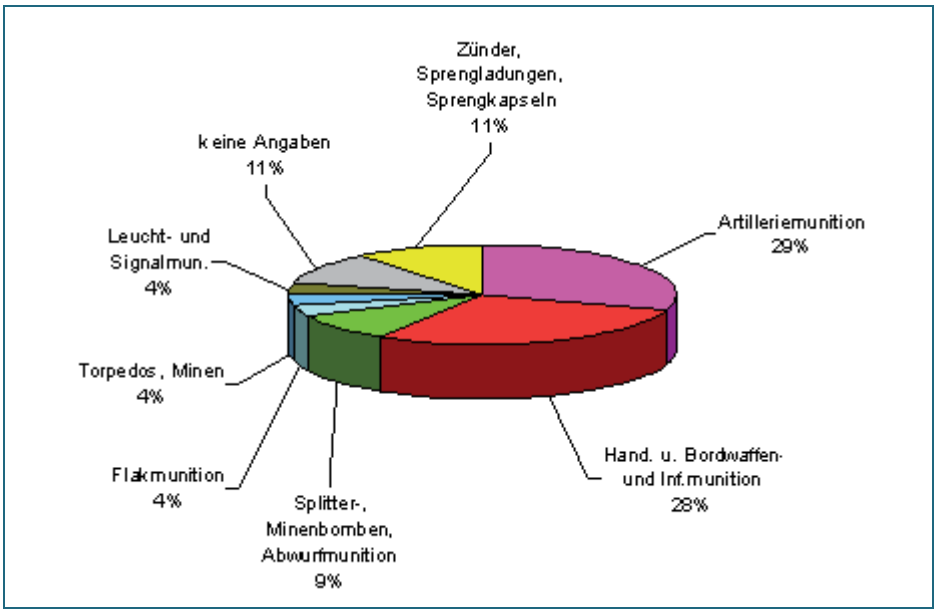

Abb. 2:
Anzahl der Nennungen der gesprengten Munitionstypen.

Geht man davon aus, dass auf einem typischen Sprengplatz

- 2.500 t Munition vernichtet worden sind,
- das Netto-Sprengstoffgewicht angesichts des offensichtlich größeren Anteils an Hand- und Bordwaffenmunition (lediglich) 5 % betragen hat, und
- beim Sprengen ein Rückstand von 0,1 % verblieben ist,

so wäre eine Freisetzung von 125 kg an Sprengstoff zu erwarten. Geht man weiterhin davon aus, dass 15.000 t Auswurf entstanden sind (auf 10.000 m³ wurde die Kubatur der Trichter auf einem typischen Sprengplatz hochgerechnet), so ergäbe sich – eine 100%ige homogene Verteilung vorausgesetzt – eine Durchschnittskonzentration im kontaminierten Auswurf von 8 mg/kg zum Zeitpunkt der Beendigung der Sprengungen.

Geht man davon aus, dass ein Trichter und sein nicht komplett rückverfüllter Auswurf eine Kreisfläche mit Radius 25 m um den (ehemaligen) Kraterrand einnehmen und 20 Trichter vorhanden sind, deren kontaminierte Areale sich nicht überlappen, so ergibt sich eine kontaminierte Gesamtfläche von rund 40.000 m². Nimmt man ferner an, dass die abgeschätzte Durchschnittskonzentration an Sprengstoffen von 8 mg/kg einem Sprengstoffgehalt im Eluat von 40 µg/l entspricht und die Grundwasserneubildungsrate 200 l/m² beträgt, so würde die Emission für einen durchschnittlichen Sprengplatz bei rund **320 g** Summe STV pro Jahr liegen. Ob tatsächlich eine Grundwasserbelastung vorliegt bzw. nachweisbar ist, hängt in erster Linie von den Merkmalen des Grundwasserleiters ab, da Sorptionseffekte und Abbaueffekte (zu untoxischeren Verbindungen) unseres Erachtens nur eine untergeordnete Rolle spielen bzw. vernachlässigbar sind.

Bei den vorgenannten Überlegungen handelt es sich nicht um exakte „Berechnungen“ sondern vielmehr um den Versuch, ein Gefühl für die Größenordnung zu bekommen, in der ein durchschnittlicher Sprengplatz Sprengstoffe emittieren kann. Dieser Wert kann als Vergleichsgrößenordnung bei Erkundungen herangezogen werden. Bei der Abschätzung des Emissionspotenzials, d. h. der Gesamtmenge der vorhandenen Rückstände, wurde ein eher pessimistischer Ansatz gewählt (Netto-Sprengstoffgewicht 0,5 %, verbleibender Rückstand 0,1 %). Trotzdem wird deutlich, dass bei Sprengplätzen – wie der Vergleich von Gesamtemissionspotenzial und jährlicher Emission erkennen lässt - langfristig mit Stoffausträgen zu rechnen ist.

3.3.3 Folgerungen aus den Erkundungskonzepten

Bei der Erkundung der Sprengplätze kommen Sondierbohrungen und Baggerschürfe in etwa gleichen Anteilen zum Einsatz. In zwei Fällen wurden ausschließlich Oberflächenmischproben mittels Pürckhauerbohrstock bzw. Spaten entnommen. In einem Fall erfolgte die Erkundung bzw. Gefährdungsabschätzung indirekt über die alleinige Untersuchung des Grundwassers. Auf Grund des hohen Anteils an Standorten, die die Anforderungen an eine OU im heutigen Sinne nicht erfüllen, erscheint es an dieser Stelle nicht sinnvoll, einen Zusammenhang zwischen gewähltem Beprobungsverfahren und Ergebnis bzw. Gefährdungseinstufung eines Platzes abzuleiten.

Es wurde bereits darauf verwiesen, dass Sondierbohrungen auf Grund der heterogenen Schadstoffverteilung auf Sprengplätzen kein hinreichend geeignetes Instrument zur Erkundung darstellen. Dies heißt jedoch nicht, dass ein Standort, der mittels Sondierbohrungen erkundet worden ist, in keinem Fall plausible Ergebnisse liefert. Die Wahrscheinlichkeit von Negativbefunden oder stark streuenden Ergebnissen ist bei Sondierbohrungen jedoch wesentlich höher, als wenn die Ergebnisse auf einer großen Menge repräsentativ entnommenen und gewissenhaft homogenisierten Bodens beruhen. Die Gefahr der Falschbewertung eines Standorts beim Sondierbohrverfahren ist wesentlich höher.

In Tab. 2 ist dargestellt, bei welchen Standorten neben Bodenproben auch andere Umweltkompartimente untersucht wurden. Diese sind mit „+“ markiert. In der Rubrik „Grundwasser“ wurden nur solche Standorte mit + gewertet, bei welchen zweifelsfrei repräsentative Grundwasseruntersuchungen vorliegen, da es unsinnig wäre, für die Bewertung Messstellen heranzuziehen, die

- einen falschen (z. B. tieferen) Aquifer erschließen,
- nicht eindeutig im Abstrom liegen oder
- sich in so großer Entfernung zum Schadensherd befinden, dass eine messbare Beeinflussung (durch Verdünnung) eher unwahrscheinlich ist.

Die Übersicht zeigt, dass nur bei rund der Hälfte der geprüften Standorte ergänzende Ergebnisse von Eluaten vorliegen. Nur bei einem sehr kleinen Anteil von rund 15% wurde im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen auch das Sickerwasser (hohe Aussagekraft) beprobt, obwohl bei etwa 40 % der Standorte Sickerwasser vorgelegen hätte. Ebenfalls nur bei rund der Hälfte der Standorte liegen für die Gefährdungsabschätzung Ergebnisse aus Grundwasseruntersuchungen vor, die als repräsentativ eingestuft werden können.

Die Gefährdungsabschätzung stützt sich bei den Standorten somit vorrangig auf die Untersuchung der Originalsubstanz, bei 15 % der Standorte sogar ausschließlich. Auf die generellen Probleme mit der Repräsentativität von Bodenproben wurde bereits hingewiesen.

Tab. 2: Ergänzend untersuchte Medien

Nr	Eluat	Sickerwasser	Grundwasser
1	-	+	-
2	-	+	-
3	+	+	+
4	+	+	-
5	+	-	-
6	+	-	-
7	+	-	-
8	+	-	+
9	+	-	+
10	-	-	+
11	-	-	-
12	-	-	+
13	+	-	+
14	-	-	+
15	-	-	+
16	+	-	-
17	-	-	-
18	-	-	+
19	-	-	+
20	+	-	-
21	+	-	+
22	+	-	+
23	+	-	+
24	+	-	-
25	-	-	-
26	-	-	+
Gesamt 26	52%	15%	52%

3.3.4 Folgerungen aus den Sicherheitskonzepten

Die Frage des erforderlichen **Sicherheitskonzepts** kann nicht abschließend bewertet werden, da entsprechende Erläuterungen in vielen Gutachten fehlen.

3.3.5 Folgerungen aus den Befunden

Angesichts der geschilderten Einschränkungen in punkto Aussagekraft der vorliegenden Erkundungsergebnisse sind Folgerungen aus den Befunden nur unter Vorbehalt zu ziehen. Darüber hinaus war die Zuordnung der Analysenergebnisse zu bestimmten Entnahmeorten nicht immer zweifelsfrei möglich. Ebenso schwierig zu beurteilen waren auffallend hohe Analysenergebnisse. Es war nicht rekonstruierbar, ob es sich tatsächlich um repräsentative Ergebnisse oder probenahmetechnisch bedingte Ausreißer gehandelt hat. Die Analysenergebnisse sind daher zu einem gewissen Grad „unscharf“. Trotzdem lassen sich deutlich einige generelle Zusammenhänge erkennen, auf die im Folgenden näher eingegangen wird:

3.3.5.1 Boden

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen sind bei 20 (von 27) Standorten als „prinzipiell auswertbar“ einzustufen. Bei 17 der 20 herangezogenen Standorte konnten Sprengstoffe in Bodenproben nachgewiesen werden. Hierbei traten Nachweise in durchschnittlich 58 % der jeweils auf den Standorten untersuchten Bodenproben auf (Mittelwert aus den jeweils auf den Standorten berechneten prozentuellen Nachweisen).

Die hierbei ermittelten Durchschnittskonzentrationen ergeben einen Mittelwert von 25 mg/kg (Mittel-

wert aus den jeweils auf den Standorten berechneten Durchschnitts-Konzentrationen der STV-positiven Proben) Dieser Wert von 25 mg/kg ist jedoch nicht unbedingt aussagekräftig, da bei der Berechnung auch hohe (und unplausible bzw. gering belastbare) Durchschnittskonzentrationen einiger Standorte berücksichtigt wurden. Hier lagen zu wenige Analysenergebnisse vor, um belastbare Mittelwerte bilden zu können. Lässt man die Ausreißer-Standorte bei der Mittelwertbildung weg, so ergibt sich aus den positiven Bodenproben ein STV-Mittelwert von 6,6 mg/kg. Dieser Wert liegt erstaunlich nahe an dem Wert von 8 mg/kg, der im vorausgegangenen Kapitel aus den allgemeinen Parametern eines „typischen“ Sprengplatzes rechnerisch abgeleitet werden konnte.

Auf nur drei Sprengplätzen der insgesamt 20 zur Auswertung herangezogenen konnten in keiner Bodenprobe STV nachgewiesen werden. Auf allen drei Standorten liegen jedoch Grundwasserverunreinigungen vor. Dies deutet darauf hin, dass die Entnahme der Bodenproben offensichtlich nicht repräsentativ war.

Somit ist zusammenfassend eindeutig festzustellen, dass das Vernichten entsprechender Mengen an Munition im Boden immer zu nachweisbaren Konzentrationen an STV geführt hat. Wurden bei einer Standorterkundung keine positiven Befunde erhalten, so liegt der Verdacht nahe, dass dies auf Fehlern bei der Probenahme zurückzuführen ist Bei den ausgewerteten Gutachten schwanken die **Maximalgehalte** der Originalsubstanz von 1 bis 2.500 mg/kg sehr stark. Dies ist typisch für Sprengplätze bzw. die heterogene Schadstoffverteilung.

TNT (bzw. ADNT) stellten in 60 % der Fälle die oder eine der Hauptkontaminanten dar, DNT und Hexogen wurde in 30 % der Standorte in Bodenproben nachgewiesen. Die Hexogen-Nachweise korrespondieren in der Regel nicht mit den TNT-Nachweisen, obwohl Hexogen vorrangig in Mischungen mit TNT verwendet worden ist. In Proben, in welchen ADNT vorkommen, ist stets auch TNT nachweisbar.

Pulvertypische Parameter fanden nur bei einem Teil der Standorte im Parameterumfang Berücksichtigung. Zum Teil wurden hierbei auch nicht alle relevanten Parameter überprüft. Eine Berücksichtigung im Untersuchungskonzept scheint jedoch ratsam, denn von 15 Standorten, auf welchen diese Parametergruppe überprüft worden ist, traten in zwölf Proben (75%) Nachweise auf. Die Konzentrationen liegen jedoch meist im Bereich von nur wenigen mg/kg. Bei den pulvertypischen Hauptkontaminanten ergibt sich kein so klares Bild wie bei den Sprengstoffen. So wechseln sich Pulverstabilisatoren (DPA), Komponenten mehrbasiger Pulver (Ngl, DEGDN, EGDN) und Weichmacher (Phthalate: DEHP, DBP) ab.

In gaschromatographischen Übersichtsanalysen waren vereinzelt Hinweise auf Centralite zu finden. Die Verteilung bzw. das Vorkommen dieser Pulverzusatzstoffe ist jedoch nicht repräsentativ, da wie ausgeführt kein einheitlicher Analysenumfang zur Anwendung kam.

Zusammenfassend ist hieraus abzuleiten, dass neben den 20 Standardparametern, die in der Regel bei der Untersuchung nach DIN 38407-F21 (Explosiv- und Sprengstoffe) erfasst werden, auch vermehrt Augenmerk auf ergänzende pulvertypische Parameter, wie Phthalate, Akardite und Centralite gelegt werden muss.

Das Vernichten von relevanten Mengen an Munition ruft im Boden stets nachweisbare Konzentrationen an Sprengstofftypischen Verbindungen hervor.

Schwermetalle und PAK scheinen nach dem Sprengen von Munition in der Regel nicht in signifikant erhöhten Konzentrationen als Rückstände zu verbleiben. Liegen auffällige Werte vor, sind sie meist auf Trichterverfüllungen mit Hausmüll oder kontaminiertem Bauschutt zurückzuführen. Ausnahmen können vorliegen, wenn (Klein-)Munition offen verbrannt worden ist.

Sehr häufig ist Arsen in erhöhten Konzentrationen anzutreffen. Ein Zusammenhang mit der Munitionsvernichtung wäre gegeben, wenn arsenhaltige Rauchentwickler vernichtet wurden. In vielen Fällen ist eine geogene Hintergrundbelastung nicht auszuschließen.

Zusammenfassend ist die Schlussfolgerung zu ziehen, dass der Untersuchungsumfang bei den Parametern PAK und Schwermetalle auf Stichproben reduziert werden kann.

Tab. 3: Zusammenstellung der wichtigsten Untersuchungsergebnisse

Nr./ Kategorie des Sprengplatzes	Nachweis an STV in % der untersuchten Proben / Durchschnitts-konzentration [mg/kg]	STV-Maximal-gehalt [mg/kg]	Hauptkonta-minante	Nachweis an RDX in % der untersuchten Proben / Durchschnitts-konzentration [mg/kg]	Nachweis an PTV in % der untersuchten Proben / Durchschnittskonzen-tration [mg/kg] / Haupt-kontaminante	STV-Durchschnitts-konzentration im Grund-wasser (Mittelwert aller positiven Proben) [µg/l]	Hauptkontaminante im Grundwasser
1 / M	89 % / 21	1.100	TNT	0 %	n. u.	n. u.	-
2 / S	29 % / 3,2	140	TNT	17 % / 0,09	19 % / 0,2 / DPA	1,5	RDX
3 / XL	90 % / 11,2	120	TNT u. ADNTs	14 % / 23	0 %	400	RDX und TNT
4 / L	33 % / 0,54	51	TNT	0 %	0 %	n. u.	-
5 / S	-	-	-	-	-	n. u.	-
6 / S	100 % / 293	585	TNT	0 %	14 % / 4,3 / DPrPhth	n. u.	-
7 / L	100 % / 78	105	2,4- und 2,6-DNT	0 %	67 % / 1,6 / DEGDN	n. u.	-
8 / S	100 % / 14	86	2,4-DNT	43 % / 0,16	100 % / 0,74 / DPA, Ngl	0,4	RDX
9 / L	30 % / 11,9	33	TNT	21 %/ 4	36 % / 0,29 / DEHP	1,8	RDX
10 / L	keine repräsentative Bodenprobe	-	-		-	1,4	RDX
11 / S	12,5 % / 0,6	4,8	PETN	0 %	0 %	n. u.	-
12 / L	% Angabe nicht sinnvoll	-	TNT	% Angabe nicht sinnvoll	% Angabe nicht sinnvoll	relevante Pegel wiederholt belastet	RDX; TNT u. ADNT
13 / M	86 % / 5,6	20	2,4-DNT	0 %	51 % / - / DPA	0,34	RDX
14 / XL	n. u.	-	-	-	-	GW-Abstrom ist belastet	TNT/ADNT (flächig) RDX (höchste Konz.)
15 / S	71 % / 0,27	1,1	1,2-DNB?	16 % / 0,41	4 % / 0,55 / EGDN	1,8	RDX
16 / S	59 % / (Angabe nicht sinnvoll)	110	1,2-DNB?	11 % / (Angabe nicht sinnvoll)	22 % / 5,9 / EGDN	keine repräsentativen Messstellen	nicht repräsentativ
17 / XL	68 % / 0,6	4,5	TNT	0 %	n. u.	keine repräsentativen Messstellen	nicht repräsentativ
18 / S	0	-	-	0 %	n. u.	6	RDX

Nr./ Kategorie des Sprengplatzes	Nachweis an STV in % der untersuchten Proben / Durchschnitts-konzentration [mg/kg]	STV-Maximal-gehalt [mg/kg]	Hauptkonta-minante	Nachweis an RDX in % der untersuchten Proben / Durchschnitts-konzentration [mg/kg]	Nachweis an PTV in % der untersuchten Proben / Durchschnittskonzen-tration [mg/kg] / Haupt-kontaminante	STV-Durchschnitts-konzentration im Grund-wasser (Mittelwert aller positiven Proben) [µg/l]	Hauptkontaminante im Grundwasser
19 / L	85 % / 7,5	2.500	TNT, 2,4-DNT	0 %	85 % / 1 / DBP, DPA, Centralite	22	RDX
20 / XL	50 % / 20	36	2,4-DNT; TNT	0 %	75 % / 157 / Nigu, DEGDN	nicht repräsentativ	-
21 / S	0 %	-	-	0 %	40 % / 2 / Ngl, DPA	9,5	ADNT, RDX
22 / XL	Angabe nicht sinnvoll	-	-	-	-	nicht repräsentativ (Belastung jedoch nachgewiesen)	-
23 / S	Angabe nicht sinnvoll	-	-	-	-	n. n.	-
24 / XL	6,3 % / 5,3	34	TNT, DNT	0,02 %	1 Nachweis fraglich	nicht repräsentativ	-
25 / S	75 % / 4,2	10,2	TNT	0 %	n. u.	nicht repräsentativ	-
26 / k. A.	0 %	-	-	-	-	7,8 (Wdh. 0,35)	TNT, ADNT

3.3.5.2 Eluat

Um einen eventuellen Zusammenhang zwischen Ergebnissen der Originalsubstanz (OS) und parallel analysierten Eluatproben (S4/WE) zu prüfen, wurden alle verfügbaren relevanten Ergebnisse tabellarisch erfasst und getrennt nach Parametern bzw. Standorten ausgewertet.

Die Ergebnisse der Originalsubstanz (OS) wurden ausnahmslos mit dem Standardverfahren „Methanolextrakt“ gewonnen. Die Analysenmenge beträgt hierbei nur wenige Gramm. Bei den Eluaten fand das S4-Verfahren sowie das Verfahren nach SCHWENDNER/HAAS (WE für Wässriges Eluat) Anwendung. Beim S4-Eluat ist das Mischungsverhältnis Boden/Eluent mit 1:10 vorgegeben. Die verwendeten Analysenmengen liegen vermutlich zwischen 50 und 100 g; Angaben hierzu fehlen in den Laborberichten.

Beim Eluat nach SCHWENDER/HAAS werden 200 g Boden verwendet. Das Mischungsverhältnis der Methode, die in den Tabellen mit WE (Wässriges Eluat) abgekürzt wird, beträgt 1:3,75 (200 g Boden, 750 ml Wasser).

Bei der grafischen Darstellung der Ergebnisse in den Abb. 3 – Abb. 10 wurden vereinzelt auftretende, Extremwerte (meist Eluat-Werte) weggelassen, da andernfalls maßstabsbedingt keine übersichtliche Darstellung möglich gewesen wäre.

Im Einzelnen lassen sich folgende Zusammenhänge erkennen:

Ohne auf die jeweiligen Bodentypen auf den einzelnen Standorten einzugehen ist aus der Gesamtschau für **TNT** (Abb. 3) zu erkennen, dass die Verbindung insgesamt mobil vorliegt. Selbst geringe Konzentrationen von wenigen mg/kg in der Originalsubstanz zeigen erhöhte Gehalte im Eluat. Diese Eluatbelastungen treten jedoch auch bei Negativbefunden in der Originalsubstanz auf. Auch der andere Fall – hohe Werte in der OS bei fehlenden Nachweisen im Eluat – tritt auf. Beides ist auf Inhomogenitäten in der Laborprobe zurückzuführen, d.h. die Materialien für OS und Eluat waren nicht identisch!

Gleiche Überlegungen gelten prinzipiell bei den Parametern **2-A-4,6-DNT** (Abb. 4) und **4-A-2,6-DNT** (Abb. 5). Hier wird jedoch zusätzlich deutlich, dass diese Verbindungen im Boden wesentlich mobiler vorliegen als TNT (Höhenskala ist von 30 auf 50 angeglichen).

Noch signifikanter wird dieser Zusammenhang beim Parameter **Hexogen** (Abb. 6). Betrachtet man die Untersuchungen der Originalsubstanz, so fehlen hier häufig Hinweise auf Verunreinigungen. In den Eluaten dagegen sind z. T. relativ hohe Konzentrationen vorhanden. Dies erklärt auch, warum auf so vielen Standorten Grundwasserbelastungen durch Hexogen vorliegen, obwohl Hexogen in Bodenproben nicht nachgewiesen wurde.

In den Abb. 7 und Abb. 8 sind die Untersuchungsergebnisse von Original und Eluat von zwei Standorten vergleichend dargestellt. Es wird wiederum deutlich, dass eine Gefährdungsabschätzung, die sich ausschließlich auf Befunde der Originalsubstanz stützt, nicht hinreichend belastbar ist. So entspricht auf dem Standort 10 in einem Teilbereich ein RDX-Bodendurchschnittswert von 2,7 mg/kg einer Eluatkonzentration von 404 µg/l.

Anders scheinen die Verhältnisse bei den DNT zu liegen (Abb. 9). Die Verteilung der Konzentrationen deutet eher darauf hin, dass die beiden Pulverzusatzstoffe auch bei hohen Gesamtstoffgehalten im Original eher niedrige Konzentrationen im Eluat ergeben. Dies liegt – wie bereits erwähnt - an der Fixierung in der NC-Matrix. Auch im Grundwasser sind die DNT-Verbindungen in der Regel nicht in relevanten Mengen anzutreffen.

Bei den Phthalaten lagen nur für einen Standort auswertbare Ergebnisse vor. Zur besseren Übersicht

wurden sie als Summe Phthalate dargestellt. Insgesamt ist kein eindeutiger Zusammenhang zu erkennen (Abb. 10). Die häufigsten Nachweise traten hier für Dibutylphthalat (DBP) und Ethylhexylphthalat (EHP) auf. Die in Abb. 10 auffallenden Eluierbarkeiten bei fehlenden Belastungen der Originalsubstanz treten ausnahmslos beim Parameter DBP auf. Dagegen sind deutliche Gesamtstoffgehalte bei fehlender Eluierbarkeit ausschließlich beim Parameter EHP festzustellen. Die Ursache hierfür ist unklar. Bei der Analytik der Phthalate sind laborbedingte Kontaminationen nicht auszuschließen. Solange keine Blindproben mit untersucht werden, sind die Ergebnisse nur eingeschränkt belastbar.

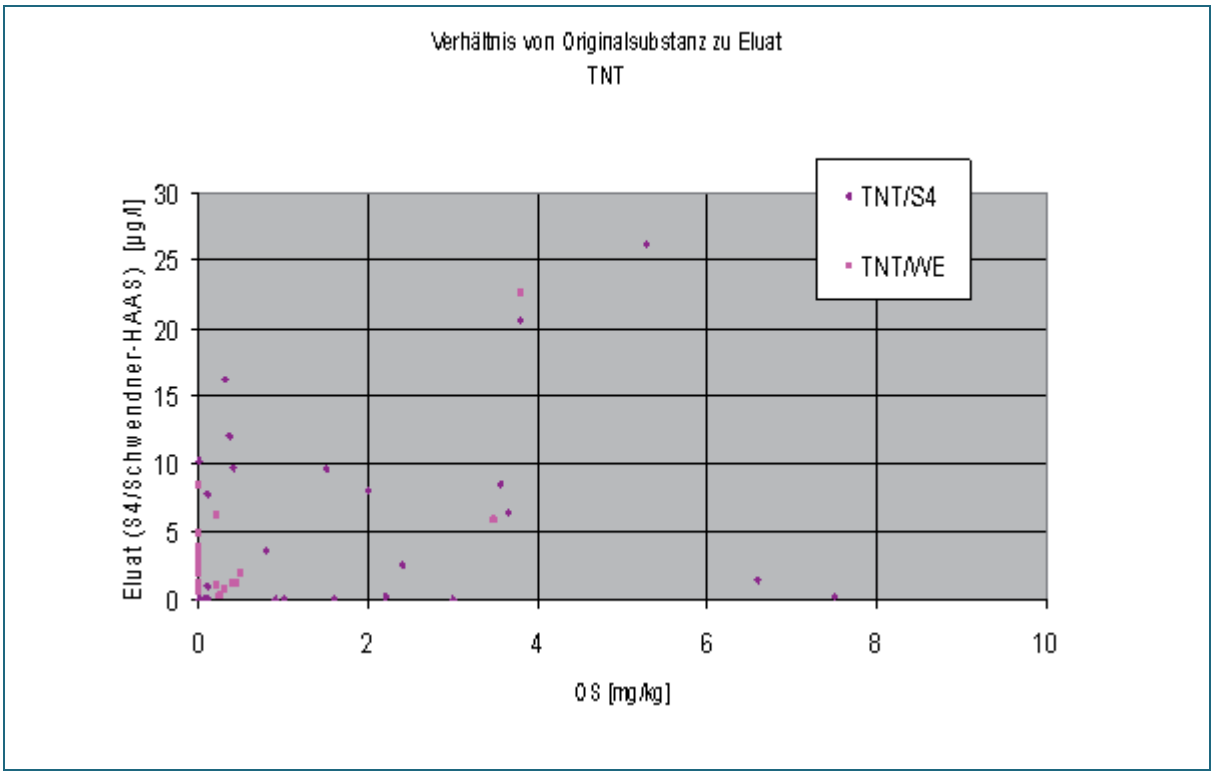

Abb. 3: Verhältnis von Originalsubstanz (OS) zu Eluat beim Parameter **TNT** (n = 42, sechs Standorte; bei den anderen Standorten lagen keine auswertbaren Daten vor).

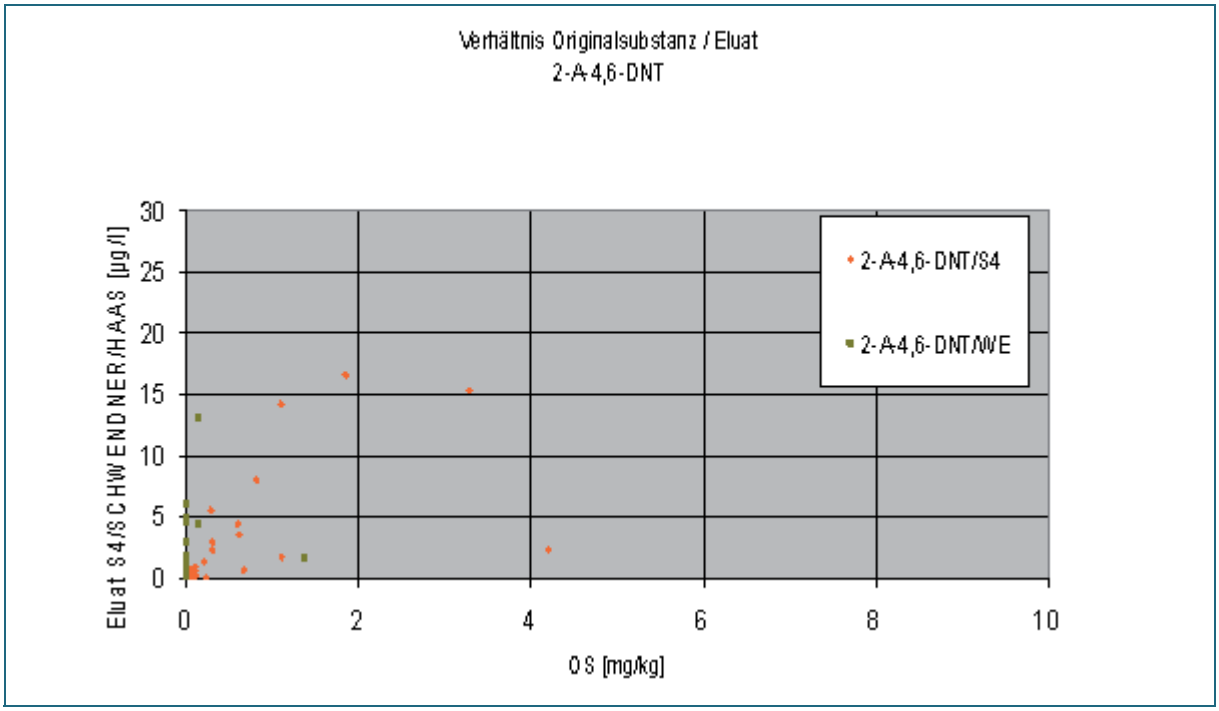

Abb. 4: Verhältnis von Originalsubstanz (OS) zu Eluat beim Parameter **2-A-4,6-DNT** (n = 48, sechs Standorte; bei den anderen Standorten lagen keine auswertbaren Daten vor).

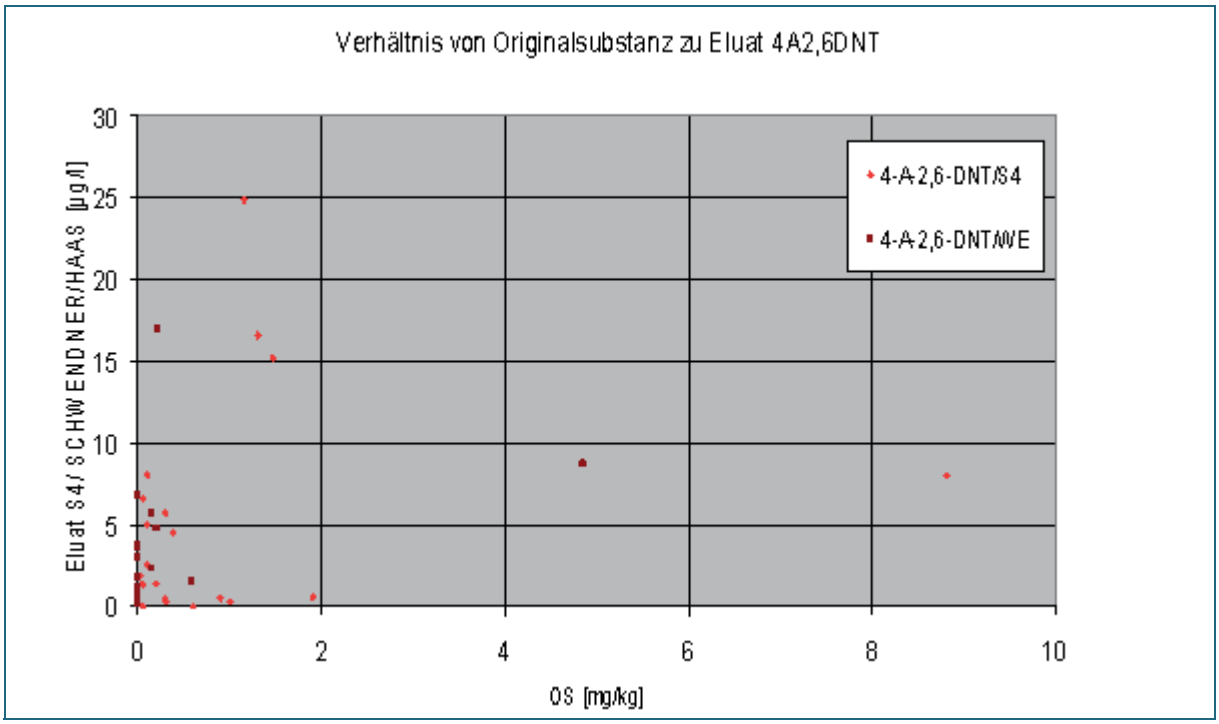

Abb. 5: Verhältnis von Originalsubstanz (OS) zu Eluat beim Parameter **4-A-2,6-DNT** (n = 49, sechs Standorte; bei den anderen Standorten lagen keine auswertbaren Daten vor

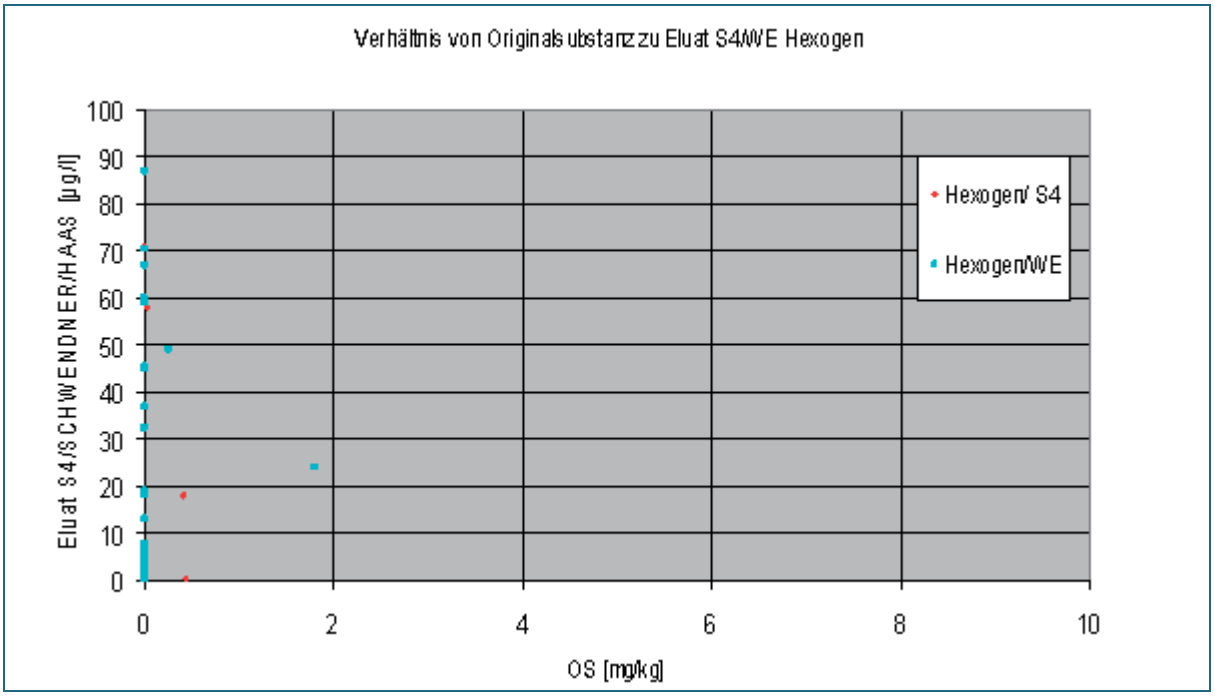

Abb. 6: Verhältnis Originalsubstanz (OS) zu Eluat beim Parameter **Hexogen** (n = 43, fünf Standorte; bei den anderen Standorten lagen keine auswertbaren Daten vor

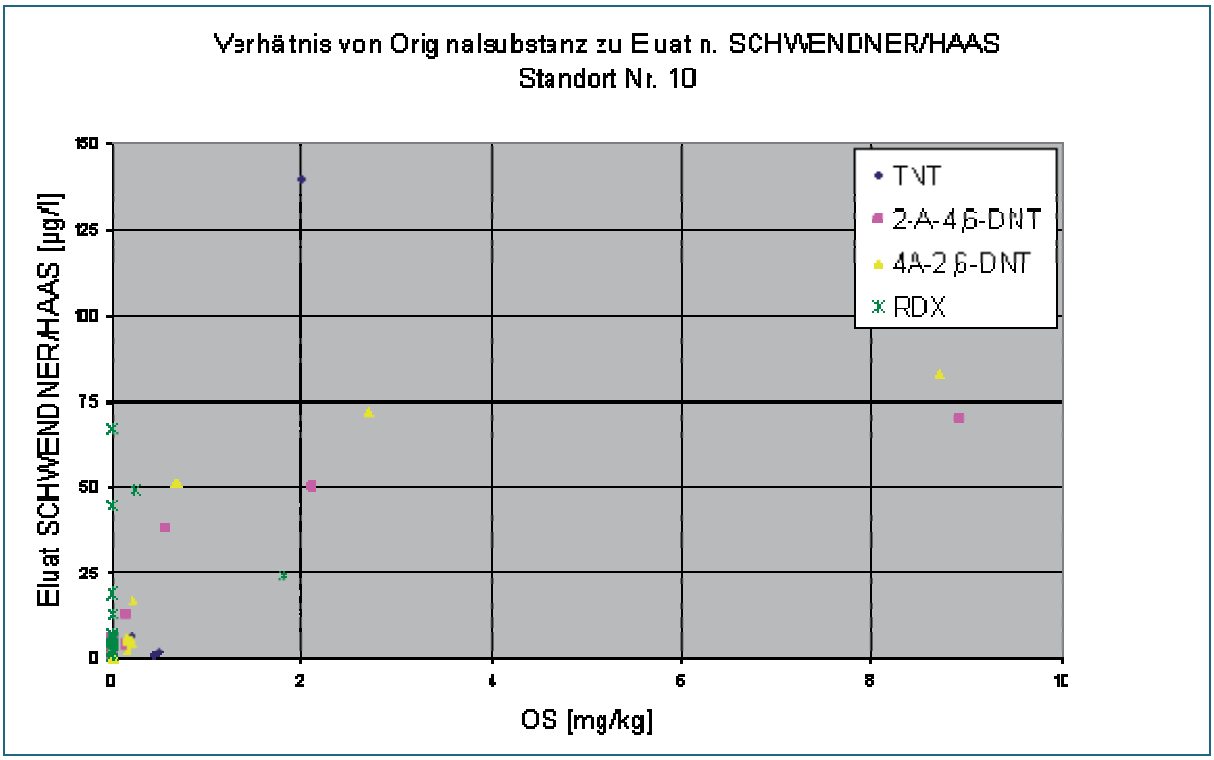

Abb. 7: Verhältnis Originalsubstanz (OS) zu Eluat; Sprengplatz Nr. 10 (je nach Parameter n = 15 bis 20, bei den anderen Standorten lagen keine auswertbaren Daten vor.

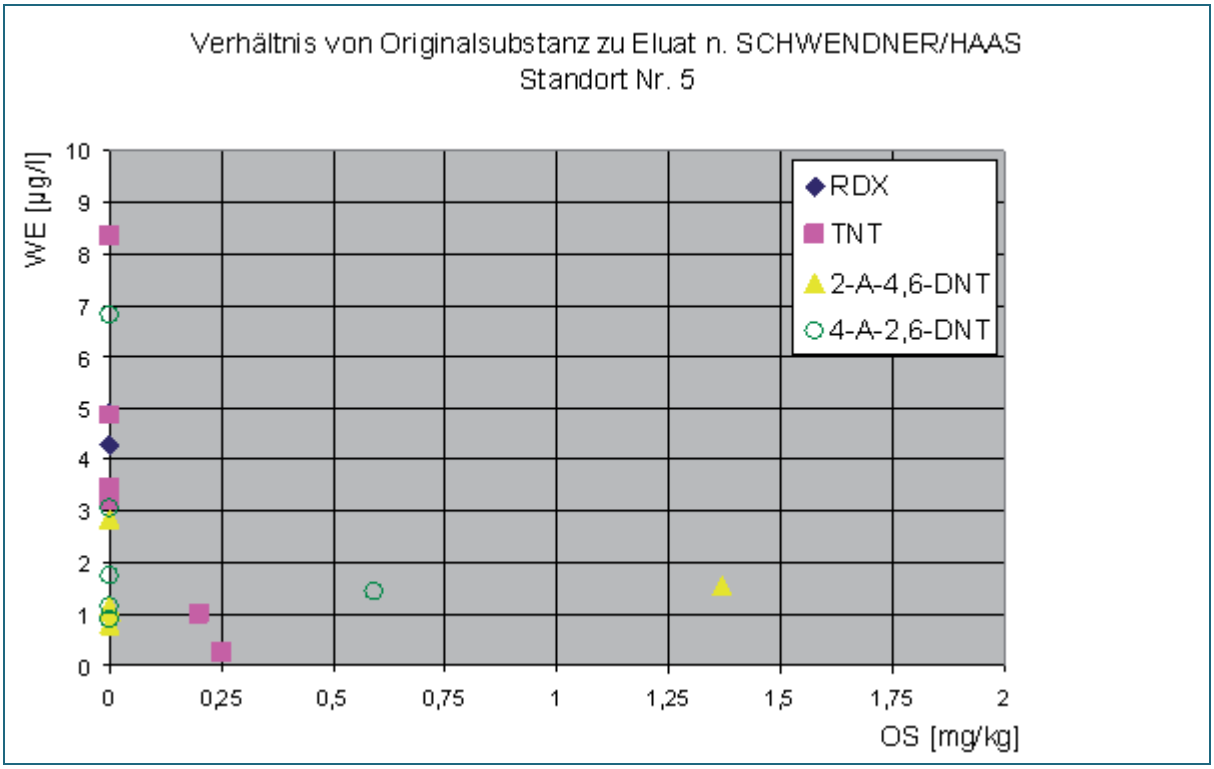

Abb. 8: Verhältnis von Originalsubstanz (OS) zu Eluat; Sprengplatz Nr. 5 (je nach Parameter n = maximal 7, bei den anderen Standorten lagen keine auswertbaren Daten vor.

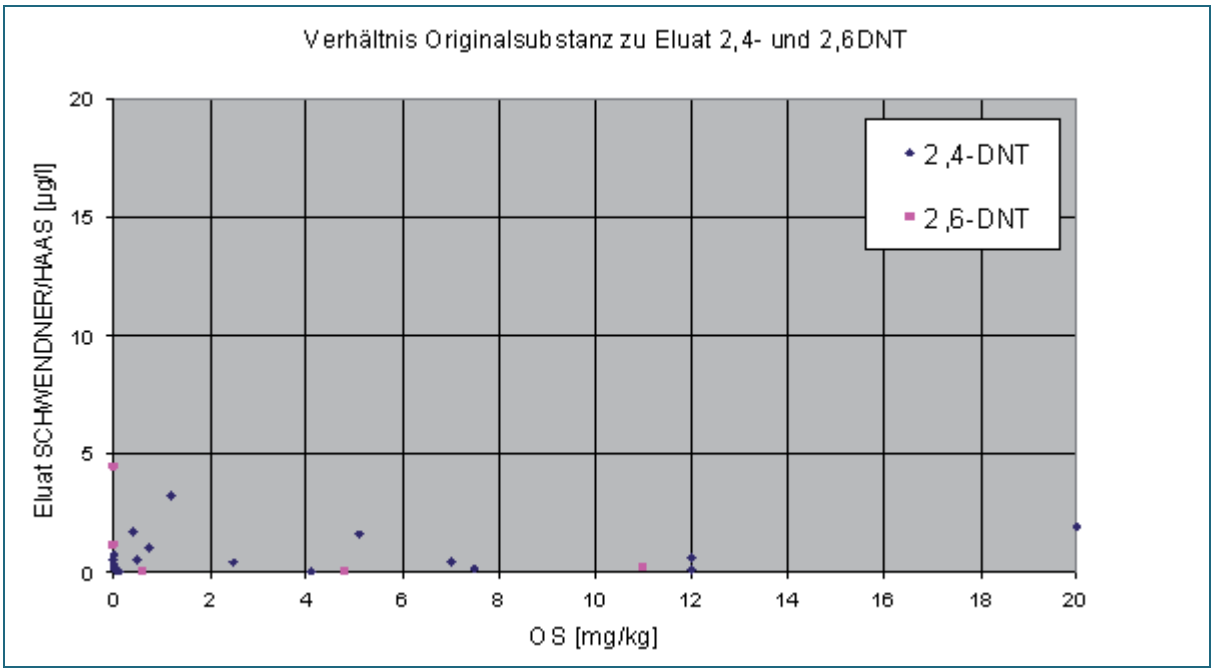

Abb. 9: Verhältnis Originalsubstanz (OS) zu Eluat bei 2,4- und 2,6-DNT (n = 31, fünf Standorte; bei den anderen Standorten lagen keine auswertbaren Daten vor).

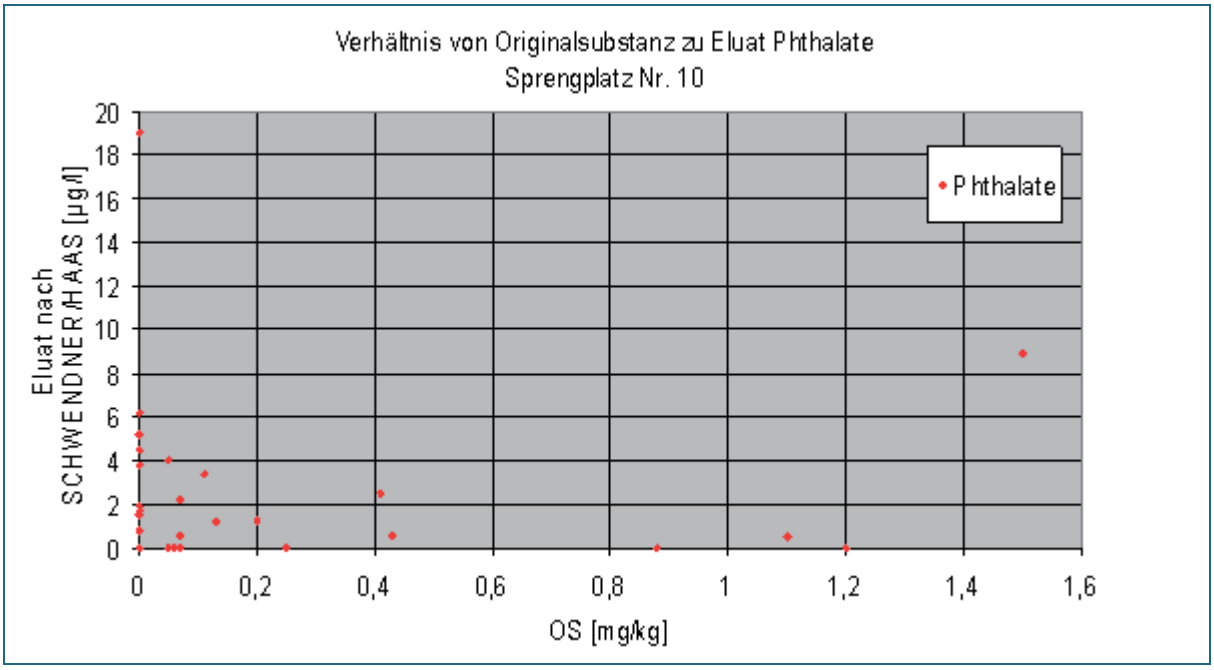

Abb. 10: Verhältnis Originalsubstanz (OS) zu Eluat für die Summe der Phthalate (Sprengplatz 10; bei den anderen Standorten lagen keine auswertbaren Daten vor).

3.3.5.3 Sickerwasser

Von vier Standorten lagen Sicker- bzw. Schichtwasserwasseruntersuchungen vor. Es handelte sich um stets um Wasser, das sich am Trichteruntergrund ansammelte. In einem Fall liegt der Trichteruntergrund im Übergangsbereich zum Grundwasser. Die in den Sickerwässern gemessenen Konzentrationen sind in Tab. 4 den durchschnittlichen Boden- und Eluat-Konzentrationen gegenübergestellt, die in den jeweiligen Trichtermaterialien nachgewiesen wurden.

Am ersten Standort wurde in den beiden Sprengtrichtern 1 und 2 Schichtwasser angetroffen und durch eine 2“-Messstelle erschlossen. Die Aufschlüsse erwiesen sich als ergiebig. Innerhalb von Trichter 1 kamen vier Sondierbohrungen zur Ausführung, die sich zumindest schichtenweise als hoch bis sehr hoch mit TNT belastet erwiesen. Das Sickerwasser in diesem Trichter dagegen enthielt nur geringe Mengen an Nitroaromaten, was angesichts der hohen Belastungen der Originalsubstanz in diesem Bereich nicht nachvollziehbar erscheint.

Das Material im zweiten Trichter wurde durch zwei Sondierbohrungen erschlossen. Beide enthielten mit 10 mg/kg relativ hohe Gehalte an Nitroaromaten. Das Schichtwasser am Trichtergrund wies 30,2 µg/l an Nitroaromaten (vorrangig DANT) auf. Die Konzentrationsverhältnisse Boden/Schichtwasser erscheinen plausibel. Eluate wurden nicht untersucht.

Am 2. Standort wurde die Sprengstelle 1 durch zwei Sondierbohrungen erkundet. Bohrpunkt a erwies sich als wesentlich höher mit TNT bzw. Nitroaromaten belastet als Bohrpunkt b. RDX trat nur in Spuren (0,14 mg/kg) am Bohrpunkt b auf. Beide Sondierbohrungen erschlossen den Ort der Beurteilung bzw. die Grundwasseroberfläche. Zu den Ergebnissen ist zu bemerken, dass das Trichter- bzw. Grundwasser innerhalb des Trichters mit Summenkonzentrationen an Sprengstoffen von 2,85 µg/l (a) bzw. 33,2 µg/l (b) unterschiedliche Konzentrationsniveaus zeigt. Dies Messstellen liegen nur wenige Meter auseinander. Das höher belastete Schicht-/Grundwasser wurde im Bereich der niedriger belasteten Bohrung erschlossen. Bemerkenswert ist ebenfalls, dass in beiden Grundwasseraufschlüssen auch RDX mit 1,6 bzw. 6,6 µg/l nachweisbar war, obwohl es im Boden nicht bzw. nur in Spuren nachgewiesen werden konnte.

Am dritten Standort wurde im Trichter 1 Schichtwasser erschlossen. Während die Bodenmischprobe über die gesamte Trichtertiefe mit 1 - 2 mg/kg (es wurden zwei Proben parallel untersucht) nur relativ geringe Belastungen an Nitroaromaten aufwies, zeigte das Schichtwasser dieses Trichters mit annähernd 120 µg/l sehr hohe Konzentrationen an TNT und untergeordnet ADNT. Eluate wurden nicht untersucht. Es stellt sich die Frage, ob die hohen Kontaminationen im Wasser mit den eher niedrigeren Belastungen im Boden in ursächlichen Zusammenhang gebracht werden können.

Am vierten Standort enthielten die Trichter 1 und 2, die durch die Schürfe a und b erschlossen wurden, Schichtwasser. In Schurf a waren weder in der Originalsubstanz noch im Eluat Sprengstofftypische Verbindungen oder Phthalate nachweisbar. Das im Trichter angetroffene Schichtwasser war jedoch sehr hoch mit Nitroaromaten (Σ 236 µg/l) belastet.

Tab. 4: Originalsubstanz-, Eluat- und Sickerwasserergebnisse in Trichtern.

Stan-dort	Boden	Eluat	Sickerwasser
1	Sprengtrichter 1 Bohrpunkt a 103 mg/kg Σ NA (0-1,7 m) 11,8 mg/kg Σ NA (1,7 -4m) Bohrpunkt b 1100 mg/kg Σ NA (0-1 m) Bohrpunkt c 23,5 mg/kg Σ NA (1-4 m) 16,7 mg/kg Σ NA (4 -5 m) Bohrpunkt d 54,1 mg/kg Σ NA (4 -5 m) 43,7 mg/kg Σ NA (5 -8 m) Sprengtrichter 2 Bohrpunkt e 11,2 mg/kg Σ NA (1-3m) Bohrpunkt f 9,3 mg/kg Σ NA (1-4 m)	nicht durchgeführt nicht durchgeführt	Messstelle A 0,2 µg/l Σ NA (sehr ergiebig) Messstelle B 30,2 Σ NA (DANT) (wenig ergiebig)
2	Sprengstelle 1 Bohrpunkt a 140 mg/kg TNT (0-1 m) 0,56 mg/kg 2-ADNT (0-1 m) 61 mg/kg 4-ADNT (0-1 m) 0,07 mg/kg TNT (1-2 m) Bohrpunkt b 0,21 mg/kg 2,4-DNT (0-0,7 m) 0,03 mg/kg DPA (0-0,7 m) 0,04 mg/kg TNT (0,7-1,4 m) 0,08 mg/kg 2,4-DNT (0,7-1,4 m) 0,04 mg/kg DPA (0,7-1,4 m) 0,14 mg/kg RDX (0,7-1,4 m)	nicht durchgeführt nicht durchgeführt	(Wsp. 1,15 m u. GOK; Trichter reicht bis GW) Bohrpunkt a 1,6 µg/l RDX 0,75 µg/l TNT 0,25 µg/l 2-ADNT 0,25 µg/l 4-ADNT Bohrpunkt b 6,6 µg/l RDX 25 µg/l TNT 0,67 µg/l 2-ADNT 0,95 µg/l 4-ADNT DPA n. n. (Wsp. 1,4 m u. GOK); Trichter reicht bis GW)
3	Sprengtrichter 1 (Parallelproben untersucht) Schürfe a 1,25 / 0,44 mg/kg TNT (0-4,5 m) 0,31/0,26 mg/kg 2-ADNT (0-4,5 m) 0,31 / 0,46 mg/kg 4-ADNT (0-4,5 m)	nicht durchgeführt	Schichtwasserzutritt bei ca. 4 m u. GOK. Schürfe a 108 µg/l TNT 4,8 µg/l 2-ADNT 6,8 µg/l 4-ADNT
4	Sprengtrichter 1 Schürfe a STV n. n. (0-3,2 m) Sprengtrichter 2 Schürfe b 0,2 mg/kg TNT (0-3,4 m)	STV n. n. (0-3,2 m) 1 µg/l TNT (0-3,2 m)	Schichtwasserzutritt bei ca. 3 m u. GOK. Schürfe a 0,3 µg/l 2,4-DNT 2,4 µg/l 2,6-DNT 122 µg/l TNT 72 µg/l 2-ADNT 40 µg/l 4-ADNT 9,5 µg/l Σ Phthalate Schürfe b 3,22 µg/l TNT 0,2 µg/l 2-ADNT 1,24 µg/l 4-ADNT 3,35 µg/l Σ Phthalate Schichtwasserzutritt bei ca. 3,2 m u. G.O.K.
ohne	nicht durchgeführt	Ø 18 µg/l RDX (n = 20)	„Großlysimeterversuch“ 1000 µg/l auf 400 µg/l abnehmend.

Die Situation ähnelt daher dem dritten Standort. Darüber hinaus fanden sich im Schichtwasser knapp 10 µg/l an Phthalaten. Diese Stoffgruppe war ebenfalls in den Bodenproben nicht nachzuweisen. Auch das Schichtwasser im Trichter 2 wies mit knapp 5 µg/l höhere Konzentrationen an Nitroaromaten auf als es die Originalsubstanz- und Eluatuntersuchung örtlich gleichen Materials vermuten ließ.

Trotz der geringen Datendichte zu Sickerwässern lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Ein durchgängiger plausibler Zusammenhang zwischen Bodenkonzentrationen und Sickerwasserkonzentrationen ist nicht zu erkennen. Sickerwasser kann jedoch auch deutlich höher belastet sein, als die korrespondierenden Eluatproben.
- Es kann daher nicht mit Sicherheit angenommen werden, dass das Sickerwasser innerhalb eines Trichters unbelastet ist, wenn das Trichtermaterial in der Originalsubstanz keine oder im Eluat nur

geringe Verunreinigungen aufweist.

➢ Sickerwasser innerhalb eines Trichters kann unterschiedliche Konzentrationen aufweisen.

Kontaminationen im Sickerwasser einer mit Sprengstoff belasteten Auffüllungsschicht können offensichtlich auch zeitlichen Konzentrationsschwankungen unterworfen sein. Dies zeigen Untersuchungen an einem Standort (kein Sprengplatz), der ebenfalls nicht im Rahmen dieses Projekts ausgewertet worden ist.

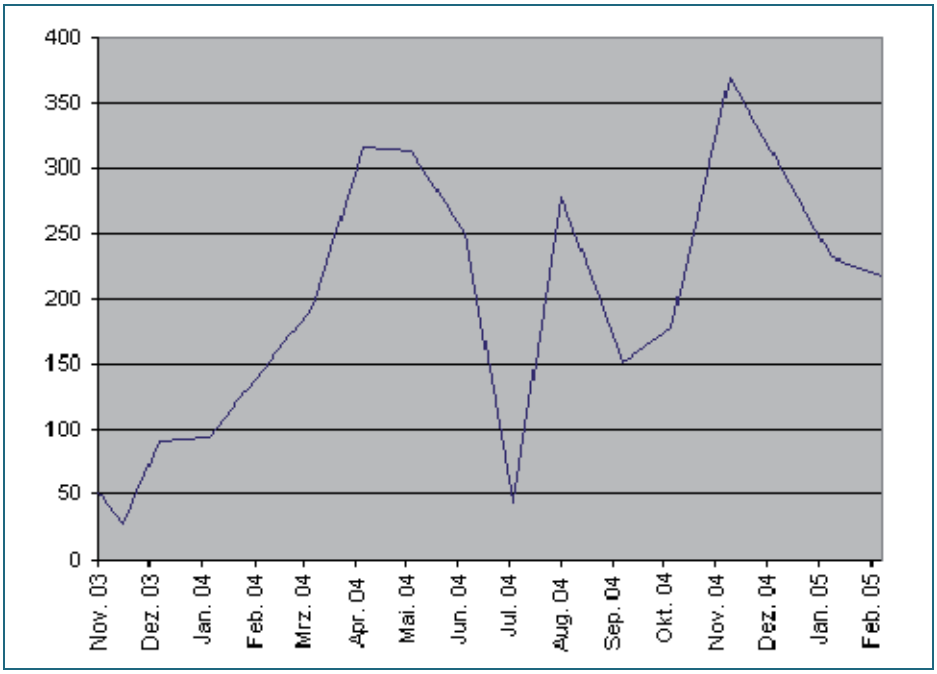

Abb. 11: Konzentrationsverlauf (Hexogen in µg/l) im gesammelten Sickerwasser einer kontaminierten Auffüllung. Die Schwankungen werden – da die Rahmenbedingungen unverändert bleiben - offensichtlich allein durch die Niederschlagsmengen generiert. [**387**]

Hier liegen große Mengen an mit Hexogen verunreinigtem Material auf einer künstlichen Dichtung. Das anfallende Sickerwasser wird über eine Drainage gefasst, gesammelt und gereinigt. Die turnusmäßige Untersuchung des gesammelten Wassers weist auf deutliche Konzentrationsschwankungen (Faktor 10) hin [**387**].

Da die Rahmenbedingungen unverändert sind, ist die Ursache der Schwankungen allein in der Dynamik und der Menge der Niederschläge zu sehen.

Unter Vorbehalt ist aus diesen Sachverhalten die Schlussfolgerung zu ziehen, dass im Sickerwasser auf Sprengplätzen bzw. in Sprengtrichtern die STV-Konzentrationen auch von Niederschlagsmengen und der Dynamik der Niederschläge abhängen und daher zeitlichen Schwankungen unterworfen sein können.

3.3.5.4 Grundwasser

Zum Punkt Grundwasser können nur generelle Schlussfolgerungen gezogen werden, da die Resultate vom Aquifertyp und der Repräsentanz der Messstellen abhängen.

An allen 13 Standorten, an denen verwertbare Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen vorliegen, wurden Belastungen durch Sprengstoffe nachgewiesen. Dies bedeutet zwar nicht, dass auf allen Sprengplätzen zwangsläufig Verunreinigungen des Grundwassers vorliegen müssen. Jedoch zeigt die Zusammenstellung recht klar, dass die Sprengung relevanter Mengen an Munition immer zu Boden-

belastungen führt und diese Bodenbelastungen bei ungünstigen hydrogeologischen Gegebenheiten mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit auch Grundwasserverunreinigungen nach sich ziehen.

Bei dem Sprengplatz, der als einziger trotz entsprechender hydrogeologischer Verhältnisse keine Grundwasserverunreinigungen gezeigt hat (bisher liegt nur eine Beprobung vor), liegt die Ursache vermutlich an dem sehr speziellen Profil der vernichteten Munition. Bei der hier vorrangig gesprengten 2 cm Munition handelt es sich in vielen Fällen um Panzer- oder Panzerbrandgeschosse, die keinen Sprengstoff enthalten.

Grundwasserkontaminationen werden also im Wesentlichen durch zwei Faktoren bestimmt:

- die Immission (Schadstofffracht) aus einem Sprengplatz und
- die Verdünnung im Aquifer.

So weist ein XL-Sprengplatz von den überprüften Standorten die höchsten Konzentrationen im Grundwasser auf (einige hundert µg/l). Die Schadstofffracht (im Sinne der Immission) liegt bei über 2 kg pro Jahr. Es stellen sich hohe Konzentrationen im Grundwasser ein, da im feinporigen und geringmächtigen Aquifer nur eine geringe Verdünnung stattfindet.

Ein anderer Sprengplatz der Kategorie L weist mehrere stark belastete Sprengfelder auf. Die Fracht mag durchaus mit der des o. g. XL-Platzes vergleichbar sein (Frachtbetrachtungen wurden bei diesem Standort nicht durchgeführt). Der Standort wird jedoch von einem Kiesaquifer unterlagert. Durch die dadurch gegebene hohe Verdünnung der eingetragenen Fracht, sind im Abstrom der Sprengfelder nur wenige µg/l an Sprengstofftypischen Verbindungen nachweisbar.

Viele Standorte in Bayern liegen auf einer Karsthochfläche. Die Jahresimmission von 320 g an Sprengstoffen, die für einen „Durchschnittssprengplatz“ abgeschätzt wurde, wird in einem Karstgrundwasserleiter vermutlich nicht nachzuweisen sein. XL-Standorte dagegen können aber in der Lage sein, im Karstgrundwasser messbare Kontaminationen an STV zu generieren.

In 92% der Fälle, in denen repräsentative Grundwasserergebnisse vorlagen, stellt **Hexogen** die oder eine der Hauptkontaminanten im Grundwasser dar. Hexogen war jedoch nur an 30% der Standorte in Bodenproben nachweisbar. An mehreren Standorten mit Hexogenbelastungen im Grundwasser konnte diese Verbindung nicht in Bodenproben nachgewiesen werden. Die Ursachen hierfür liegen an der zu geringen Empfindlichkeit üblicher Nachweisverfahren sowie der extremen Mobilität der Verbindung. Hierauf wurde bereits verwiesen. Weitere Informationen hierzu finden sich im Anhang 2.3 bzw. im Praxisteil.

Aus dem Vergleich der Hexogenergebnisse von Boden- und Grundwasseruntersuchungen ist darüber hinaus die Schlussfolgerung zu ziehen, dass für eine fundierte Gefährdungsabschätzung die ergänzende Untersuchung des Grundwassers erforderlich ist. Auf Ausnahmen bei besonderen hydrogeologischen Gegebenheiten (Karst) wurde hingewiesen.

Im Grundwasser können **Konzentrationsschwankungen** auftreten. So wurde z. B. eine Messstelle im Zentrum eines Sprengplatzes dreimal beprobt. Die Konzentrationen schwankten hierbei zwischen 180 und 800 µg/l erheblich. Auch Schadstoffspektrum und Hauptkontaminanten wechselten. An einem anderen Standort sind ebenfalls deutliche Konzentrationsschwankungen festzustellen. Sie betreffen vor allem den Parameter Hexogen. Auch erwiesen sich Messstellen, die anfangs unbelastet waren, bei weiteren Untersuchungen als belastet. Die Ursachen hierfür sind unklar. Grundwassermessstellen sollten daher stets mehrfach beprobt werden.

Zur Veranschaulichung kann anhand der ausgewerteten Informationen ein „typischer“ Sprengplatz generiert werden, der wie folgt zu charakterisieren wäre:

- Kategorie S
- keine oder nur geringe Bodenbelastungen nachgewiesen
- jedoch Belastungen im Grundwasser in schwankenden Konzentrationen vorhanden
- Hexogen stellt hierbei die Hauptkontaminante dar.

3.3.6 Ergänzende Erkenntnisse aus den Gutachten

Bei der Auswertung der Gutachten traten einige interessante Informationen zu Tage, die im Folgenden zusammengefasst sind:

In **Sedimenten aus Fließgewässern** im Umfeld eines Sprengplatzes, der durch deutliche Grundwasserbelastungen gekennzeichnet ist, wurden nur Spuren an STV (< 0,02 mg/kg) festgestellt. Im Sediment eines Baches, der mit Hexogen in der Größenordnung einiger µg/l belastet ist, konnten ebenfalls keine Verunreinigungen festgestellt werden (nicht ausgewerteter Standort). Die Untersuchung von Sedimenten von Oberflächengewässern im Umgriff von Sprengplätzen liefert daher nicht unbedingt Hinweise auf kontaminierte Areale im Anstrom.

Gleiches gilt vermutlich auch für die Untersuchung von Oberflächengewässern im Umgriff von Sprengplätzen, da Sprengstofftypische Verbindungen hier – je nach Wassertiefe und Trübe - verstärkt einem photolytischen Abbau unterliegen können. So weist ein Sprengplatz 13 z. B. Kontaminationen im Boden auf. Die Untersuchung von nahe gelegenem Oberflächenwasser aus einem Graben und einer Drainage blieb jedoch ohne Nachweis. Im Grundwasserabstrom eines anderen Sprengplatzes treten Verunreinigungen durch STV auf. Zwei Oberflächengewässer, die im Bereich der Sprengfelder entspringen, wiesen dagegen keine bzw. lediglich 0,06 µg/l an ADNT auf.

In Gewässer versenkte Munition stellt vermutlich (mittelfristig) ebenfalls keine Gefahr für die umgebenden Sedimente dar. So waren im Uferbereich eines Teiches, der an dieser Stelle stark mit Kampfmitteln belastetet ist, weder STV/PTV noch Schwermetalle oder PAK nachzuweisen.

TNT-Schnelltests eignen sich nur eingeschränkt zum Nachweis von Sprengstofftypischen Verbindungen, da die Nachweisgrenze (i. d. R. um 5 mg/kg) relativ hoch und zusätzlich von den jeweiligen Bodenverhältnissen abhängig ist. So wurden bei einem Sprengplatz insgesamt 50 Bodenproben mittels TNT-Schnelltest voruntersucht; bei nur drei Proben war ein Nachweis möglich. Dagegen lagen gemäß Laborbefund in 60% der Proben die Gehalte an Sprengstoffen über den Nachweisgrenzen. Im Rahmen von Orientierenden Untersuchungen ist ein TNT-Schnelltest nur in Ausnahmefällen sinnvoll.

Die **Kampfmittelbelastung** eines rückverfüllten Trichters muss nicht mit der Belastung des Bodens durch Kampfmittelinhaltsstoffe korrelieren (wenn die Kampfmittel geschlossen sind) So wurde in einem Trichter knapp 1 t Kampfmittel geborgen; das Erdreich erwies sich jedoch als unbelastet.

Im Gegensatz hierzu steht das Ergebnis eines anderen Sprengplatzes: In einem Trichter wurde eine fest verbackene Lage angetroffen, die einige 100 kg an Artilleriemunition enthielt. Die Entstehung der Lage ist ungeklärt. Die übrige Trichterverfüllung enthielt 6 - 12 mg/kg an Nitroaromaten, die verbackene Lage 120 mg/kg. Die Eluierbarkeit war mit knapp 10.000 µg/l sehr hoch.

3.4 Schlussfolgerungen

Die Sichtung der 30 Standorte hat gezeigt, dass Sprengplätze erkundungstechnisch wesentlich komplexer sind, als bisher angenommen. Nach Durchsicht der vorliegenden Unterlagen zeichnet sich ab, dass oftmals nur Ergebnisse gewonnen werden konnten, die im Rückblick als nicht ausreichend belastbar einzustufen wären. Die Hauptursache liegt in unzureichenden Erkundungskonzepten. Hieraus

ist zu folgern, dass der Praxisteil der Arbeitshilfe verstärkt eingehen muss auf

- das Kontaminationsgeschehen und wie hieraus die potenziell kontaminierten Bereiche lokalisiert werden
- die inhomogene Schadstoffverteilung und die dadurch erforderlich werdenden speziellen Probenahmetechniken
- die Wichtigkeit der Auswertung und Interpretation der Standortgeschichte und die Dokumentation der durchgeführten Arbeiten sowie
- die Unverzichtbarkeit der Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse.

Die Arbeitshilfe wird darüber hinaus konkrete Hilfestellungen enthalten, wie die Gefährdungsabschätzung erfolgen kann.

Zusammenfassend lassen sich die eingangs gestellten Fragen wie folgt beantworten:

- Welche Erkundungsstrategien haben sich als geeignet erwiesen und können künftig als Anleitung dienen?

Sondierbohrungen, die Entnahme von Einzelproben, die Untersuchung der Originalsubstanz mittels Methanolextrakt und die Untersuchung von Oberflächengewässern sind für die Untersuchung von Sprengplätzen nicht hinreichend geeignet. Ergebnisse mit dem erforderlichen Grad an Repräsentativität können in Trichterbereichen nur durch Baggerschürfen mit der Entnahme von Mischproben aus einer hohen Anzahl von Einzelproben erhalten werden. Die Untersuchung auf STV muss in jeden Fall auch über das Eluat erfolgen. Der Aussagegehalt nimmt mit der Menge des zur Analyse eingesetzten Materials zu. Wo vorhanden sollte das Sickerwasser untersucht werden, da es am ehesten mit den Prüfwerten am Ort der Beurteilung gleichgesetzt werden kann. Bei geeigneten hydrogeologischen Bedingungen ist die Errichtung und Beprobung von Grundwassermessstellen für eine fundierte Gefährdungsabschätzung vorzusehen.

- Lässt eine „Gesamtschau“ zum Verdachtsstandorttyp „Sprengplatz“ allgemeine Zusammenhänge oder Gesetzmäßigkeiten zwischen Munitionsvernichtung und Untergrundbelastungen zu erkennen? Kann dadurch die Herangehensweise optimiert werden?

Die Vernichtung von relevanten Mengen an Munition hat offensichtlich immer zu nachweisbaren Sprengstoff- bzw. Explosivstoffkonzentrationen im Boden geführt.

Bei entsprechenden hydrogeologischen Verhältnissen scheint häufig auch das Grundwasser belastet zu sein. Auf Grund der Stoffeigenschaften gilt dies insbesondere für den Parameter Hexogen, bei Böden mit geringem Adsorptionsvermögen auch für TNT bzw. dessen Metabolite.

Die grundsätzliche Wahrscheinlichkeit, dass sich im Zuge der OU der hinreichende Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung für Sprengplätze bestätigt, ist hoch. Im Rahmen der Gefährdungsabschätzung müssen jedoch Emissions-, Transmissions- und Immissionspotenzial ermittelt werden. Ob dann weiterer Handlungsbedarf erforderlich ist, hängt in erster Linie von der Schadstofffracht und den hydrogeologischen Verhältnissen ab.

Ein genereller Zusammenhang zwischen Sprengplatzkategorie (umgesetzte Munitionsmenge) und Grad der Kontaminationen konnte nicht gezogen werden, da für einen Vergleich einzelner Standorte die Berechnung von Transmissions- und Immissionspotenzial erforderlich ist. Diese Berechnungen wurden nur bei 2 von 30 Standorten durchgeführt.

Die üblicherweise auf Sprengplätzen zu erwartenden Konzentrationen an Sprengstofftypischen Verbindungen unterschreiten die Prüfwertvorschläge der LABO bzw. die Prüfwerte, die zur Aufnahme in

die überarbeitete BBodSchV vorgesehen sind in der Regel deutlich. Allerdings kann beim Pfad Boden-Mensch in Ausnahmefällen das Nutzungsszenario „Kinderspielflächen“ betroffen sein. Trotz fehlender Prüfwertüberschreitungen muss auf Sprengplätzen generell mit dem Vorhandensein von untersuchungstechnisch meist nicht erfassbaren Sprengstoffbrocken gerechnet werden. Auch kleine Sprengstoffbrocken stellen jedoch durch die Möglichkeit des versehentlichen Verschluckens eine Gefahr dar.

3.5 Fehlerbetrachtung

Im Rahmen des Projekts konnten lediglich 30 Standorte näher betrachtet werden. Trotz vieler unterschiedlicher Gegebenheiten bei den ausgewählten Standorten lassen sich bei vielen Fragestellungen standortübergreifende Parallelen ziehen. Wir gehen daher davon aus, dass die Auswahl als ausreichend repräsentativ angesehen werden kann.

Unabhängig hiervon zeigen die vergangenen und laufenden Untersuchungen, dass jeder Sprengplatz als individueller Einzelfall mit speziellen Kontaminationsprofilen und Kontaminationssituationen betrachtet werden muss. Dies muss bei der Anwendung der Arbeitshilfe berücksichtigt werden.

Die Einteilung der Sprengplätze in die Kategorien S, M, L und XL ist mit gewissen Unsicherheiten behaftet. Die Unsicherheiten bei der Zuordnung liegen jedoch nur im Bereich einer Kategorie. Da sich die ausgewerteten Standorte weitgehend gleichmäßig über die vier Sprengplatzkategorien verteilen, würde sich auch bei Umgruppierungen einzelner Standorte kein wesentlich verändertes Gesamtbild ergeben.

Die Bewertung der Standorte erfolgte subjektiv auf Basis der Erfahrungen und Erkenntnisse, die dem Bearbeiter der LGA vorlagen, ebenso die Berücksichtigung bzw. Nichtberücksichtigung bestimmter (nach Sichtweise des Auswerters plausibler bzw. unplausibler) Werte bei der Mittelwertbildung und der Gesamtbeurteilung.

3.6 Erläuterungen zur Auswertematrix

Die Rubriken der Auswertematrix sind wie folgt zu verstehen:

Vernichtete Gesamtmenge: durch Sprengen (einschl. Explosion) umgesetzte Munitionsmenge; ohne die Menge an hierbei nicht detonierter Munition, die in späterer Zeit wegen Transportunsicherheit vor Ort nachgesprengt wurde (dies wäre eine Doppelberechnung).

Anzahl der Trichter: überlappende Trichter sofern möglich einzeln gezählt.

Trichterdurchmesser: Bei rundlichen Trichtern Angabe des Durchmessers; bei unförmigen Trichtern Angabe der Ausmaße.

Trichtertiefe: Differenz zwischen umgebender GOK und Trichterbasis nach Beendigung der Sprengungen; durch Erosion der Ränder oder Verfüllung kann die Trichtertiefe überprägt werden. Heute ist u. U. nur noch eine flache Geländevertiefung zu erkennen.

Sicherheitskonzept: Vorsorgemaßnahmen, die im Rahmen der Erkundung getroffen wurden.

Erkundung Trichter: Wurde der Trichterboden (TB) bzw. der rückverfüllte Auswurf (RA) untersucht?

Sondierbohrungen, Baggerschürfe,
Oberflächenmischproben: Hierbei werden nur Proben berücksichtigt, die in geeigneter Weise zur direkten Erkundung des Sprengplatzes (Trichter und Auswurf) entnommen wurden. Ergebnisse außerhalb kontaminationsverdächtiger Bereiche werden nicht berücksichtigt.

Grundwasseruntersuchungen: Hier fanden nur Untersuchungen Berücksichtigung, die eindeutig dem Einflussbereich des Sprengplatzes zugeordnet werden konnten.

Anzahl der untersuchten Trichter: Gesamtzahl der untersuchten Trichter. Hierbei werden Aufschlüsse, die aller Wahrscheinlichkeit nach nicht in einem Trichter platziert werden konnten, ausgenommen.

Anzahl der untersuchten Bodenproben: Gesamtzahl der im Wesentlichen auf STV untersuchten Bodenproben. Hierbei werden nur die Proben berücksichtigt, die aus möglicherweise kontaminiertem Arealen bzw. Bodenbereichen entnommen worden sind. Fehlplatzierungen wurden nicht berücksichtigt.

Anmerkungen zum Erkundungskonzept: Zusammenfassende Bewertung des Untersuchungskonzepts, Besonderheiten.

STV-Nachweis in % der untersuchten Bodenproben: Prozentsatz der Proben, in denen Sprengstofftypische Verbindungen nachgewiesen wurden (Positivproben).

STV-Durchschnittskonzentrationen aller Positivproben: Bildung des Mittelwerts aus allen Positivproben [mg/kg].

Schwermetalle / PAK % der Proben über den jeweiligen Hilfswerten: Prozentsatz der Untersuchungen, bei welchen bei den Parametern Schwermetalle bzw. PAK Überschreitungen der Hilfswerte des Bayerischen LfW Merkblatts 3.8/1 festzustellen waren.

3.7 Tabellarische Zusammenstellung der Auswertungen

Die tabellarischen Zusammenstellungen der Auswertungen für 26 Standorte finden sich auf den folgenden Seiten. Vier Standorte, für die extrem wenige Angaben vorlagen, wurden nicht in die tabellarische Zusammenstellung aufgenommen.

Sprengplatz-Nr. / Unters.jahr	Sprengplatz 1 (1998)	Sprengplatz 2 (1994)	Sprengplatz 3 (2002)	Sprengplatz 4 (2003)	Sprengplatz 5 (2005)
Allgemeine Angaben zum Sprengplatz					
Ursprung des Platzes	für Mun. aus TNT-Sprengstoffwerk	im Bereich v. Scheinflugplatz	Beutemunitionslager / E-Stelle	Beutemunitionslager / E-Stelle	US
Betriebsdauer	1945 und NK2	NK2	November 1946 bis Mai 1949	Okt. 1947 bis Dez. 1948	1946
Betreiber	US	Alliierte	StEG	StEG	US
Art des Platzes	Steinbruch		zweigeteilter Platz	zweigeteilter Platz	lediglich kleiner Sprengbereich
Vernichtete Munitionsarten und Kaliber [cm]	k. A.	deutsche Munition; k. A.	vorr. Art.Mun (Beute); auch 1.WK; alle Kaliber bis > 15	Artilleriemunition; vorr. bis Kal. 15	Infanterie- und Art.-Mun; auch Zünder; offensichtlich auch US-Munition
Vernichtete Gesamtmenge [t]	k. A.	k. A.	11.300	2.300	nicht bekannt
Kategorie (geschätzt d. Autor)	M	S	XL	L	Kat. S
Lokalisierung der Trichter über	Archivalien und Luftbilder	Geländeeindruck (teilverfüllt; flache Mulden)	über LB 1952	über LB und heutige Geländemorphologie	LB 1952
Anzahl der Trichter	6 (Info 1945) 5 (Räumung 1991/92)	5	> 125	(>?) 19	4
Trichterdurchmesser [m]	12-14 (Info 45); Ausmaße 7x10 bis max. 12x26 (Info 1991/92)	keine Angaben	Ø 10 (n=125)	Ø 11,6 (n=19)	keine Angaben
Trichtertiefe [m]	4-5 (Info 45); 7-8 (Info 91/92)	4,4 (n=5)	4 (n=11)	4,3 (n=12)	Ø 3,5 (n=4; schwankend)
Auswurf erkennbar	k. A.	k. A.	max. 50 m um Trichterfeld	ja, jedoch wenig Auswurf	kaum Auswurf; r=100 m für OMP festgesetzt;
Geborgene Munition bei Nachräumungen [t]	91/92 nur fünft Tr. geräumt; 200 t kont. Boden entsorgt; loser Sprengstoff aufgefunden	Räumung ab 1977; keine Mengenangaben	650	117	21
Wiederverfüllung der Trichter	ja, nach Entmunitionierung	Teilverfüllung	ja	nur einer von zwei Plätzen	1977 bis 1982 mit Müll
Untergrund	U; s t, Sdst. (Stbr)	S, u, t	S, u, t	U, t, s	A; , S, U, t
Schichtwasser [m unter GOK]	1,1 bis 6,7 (Stauwasser)	nur in zwei Trichtern	nur in einem Trichter	in zwei Trichtern	ab 3,7 (GW?)
Grundwasserflurabstand [m]	k. A.	10 - 20	26	21 (geschätzt)	7

Angaben zum Erkundungskonzept (OE)					
Erkundung Trichter	Trichterboden und rückverfüllter Auswurf	Trichterboden und rückverfüllter Auswurf	rückverfüllter Auswurf	rückverfüllter Auswurf	ja (jedoch großteils missglückt)
Erkundung Auswurf	ungezielt durch Raster	ungezielt und nur ansatzweise durch RKS	ja	ja	ja; jedoch kaum Auswurf; r=100 m für OMP festgesetzt;
Sondierbohrungen	91(Flächenraster) +5 pro Sprtr.	19	0	0	0
Baggerschürfen	0	0	14	12	4
Oberflächenmischproben	0	7 +10 (mittels Spaten)	5	9	7
Sickerwasseruntersuchungen	0	2 (beide in einem Tr.)	2	2	0 (nicht entnommen)
Grundwasseruntersuchungen	2	13 (nur tieferes Stockwerk)	1 (Zentrum Sprengplatz)	0 (Malm)	0
Anzahl der untersuchten Trichter	5	5	10	12	4
Anzahl der untersuchten Trichter [% der Gesamtanzahl]	100	100	8	63	100
Anzahl der untersuchten Bodenproben	189	120 (+156 TNT-Schnelltests)	13 x 2 ME (jew. Doppelbest.) zusätzlich 6 x WE	18 (ME) 11 (WE)	11
Probenahmemenge	2x1 kg	keine Angabe	20 kg; auf 2x1 kg verjüngt	15 kg; auf 2x1 kg verjüngt	keine Angaben
für STV-Analyse verw. Probenmenge (Analysenmenge)	keine Angabe	keine Angabe	ME mit 5 g Boden; WE mit 200 g Boden	ME mit 5 g Boden; WE mit 200 g Boden	keine Angaben
Erkundungskonzept	geeignet; GA erfüllt Anforderungen	geeignet; GA erfüllt die Anforderungen	geeignet; GA erfüllt Anforderungen	geeignet; GA erfüllt Anforderungen	geeignet
Anmerkungen	Qualitätssicherung mit Nullproben- und Vergleich-labors	Hexogen in der benachbarten Wasserversorgung festgestellt	Doppelbestimmungen zur Plausibilitätsprüfung	ME/WE-Vergleich zur Plausibilitätsprüfung	Mischprobenbildung unsinnig: „externes Fremdmaterial“ auf STV untersucht; keine Interpretation mögl.
Sicherheitskonzept	nein (geräumt); nein (geräumt); jedoch in ungeräumten Trichter gebohrt	nein (geräumt); jedoch ein Tr. 5 noch ungeräumt (!)	Feuerwerker; 300 m Sicherheitsbereich; Warntafeln; zusätzlicher Sicherungsposten	Feuerwerker; Hauptzufahrtswege durch Posten gesichert; zusätzlicher Sicherungsposten	Betreuung der Erkundung durch Fachkundigen; Zugangsstellen abgesperrt und mit Posten gesichert; r > 150 m
Kampfmittelfunde in % der Schürfen	geräumt (1 Splitter in SB)	in Trichtern keine Schürfe	27 (0,5 t)	58 (1 t)	25

Befunde Boden					
Anzahl der untersuchten Bodenproben	189 davon 98 aus Sprengtrichter	156 davon 81 aus Sprengtrichter	30	18	1 (nur eine aussagekräftig)
Parameterumfang	TNT, ADNTs, Σ Arom. Amine RDX, PETN, PA, SM, nur exempl., PAK über UV-Test (kein DNB, HMX, und PTV)	TNT, ADNTs, DNTs, DNB, RDX, HMX, DPA, SM PAK, Nitro-DPA; (ohne PETN, PA, und PTV)	TNT, ADNTs, DNTs, DNB, RDX, PETN, PA, DEGDN, Ngl, Phth, DPA., SM, PAK (ohne EGDN, Akard. Centr.)	TNT, ADNTs, DNTs, DNB, RDX, PETN, PA, EGDN, DEGDN, Ngl, Phth, DPA., SM, PAK (ohne Akard. Centr.)	EGDN, DEGDN, Ngl, Phth, DPA, SM, PAK, KW
STV-Nachweis in % der untersuchten Bodenproben (Trichter)	89 außerhalb der Trichter vernachlässigbar	29 außerhalb der Trichter vernachlässigbar	90 Belastungen auch im Auswurf	33 im Auswurf geringe Belastungen	nicht im Original untersucht
STV-Durchschnittskonzentra-tion aller Positivproben [mg/kg]	21 (extrem schwankend)	3,2	11,2	0,54	-
STV-Maximalgehalt [mg/kg]	1.100	140 (Ausreißer)	120 (Sonderprobe)	51 (Ausreißer)	-
TNT-Durchschnitts konzentr. aller Positivproben [mg/kg]	17 (extrem schwankend)	4,7	3,5	0,49	-
RDX-Nachweis in % der untersuchten Bodenproben durchschnittl. Konz. [mg/kg]	0	17 (Ø 0,09)	14 (Ø 23 mg/kg; extrem schwankend)	0	-
Dominierende STV-Kontaminante	TNT	TNT	TNT (und Metabolite)	TNT	-
PTV-Nachweis in % der untersuchten Bodenproben	nicht untersucht	19	0	0	0
PTV-Durchschnittskonzentr. aller Positivproben [mg/kg]	-	0,2	-	-	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-	DPA (einziger untersuchter Parameter)	-	-	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	Cu 20% über Stufe 1 As 11% über Stufe 1	Pb 4% über Stufe 1	Cu 16 % über Stufe 1	Pb 77 % über Stufe 1	Pb 100 % über Stufe 2 Cu 100 % über Stufe 2 Zn 100 % über Stufe 1 (Hausmüll)
PAK % der Proben über HW	in UV-Tests keine Hinweise	0% über Stufe 1	PAK 14% Stufe 1; 0% Stufe 2	PAK 35% Stufe 1; 0% Stufe 2	PAK unauffällig
Sonstiges	loser Sprengstoff	Vegetationsschäden; NC-RP an der Oberfläche; N-Naph; Chlorbenzole			Ba 1.100 mg/kg
Sprengplatz-Nr. / Unters.jahr	Sprengplatz 1 (1998)	Sprengplatz 2 (1994)	Sprengplatz 3 (2002)	Sprengplatz 4 (2003)	Sprengplatz 5 (2005)

Befunde Eluat					
Gesamtzahl der untersuchten Eluatproben	nicht untersucht	nicht untersucht	5 +1 Sonderprobe	11	1 (belastbare)
Parameterumfang		-	TNT, ADNTs, DNTs, DNB, andere als nicht relevant betrachtet	alle STV, PA, Phth keine Akard., Centr.	TNT, ADNTs, DNTs, DNB, RDX, HMX, PETN, PA, EGDN, SM, (ohne DEGDN, Ngl, Phth, Akardite, Centr., DPA, PAK)
STV-Nachweis in % der untersuchten Eluatproben	-	-	100	72	100
STV-Durchschnittskonzentra-tion aller Positivproben in µg/l	-	-	47	6,8	1.120
STV-Maximalgehalt [µg/kg]	-	-	9481 (Sonderprobe)	126 (Ausreißer)	1.120
TNT-Durchschnittskonzentra-tion aller Positivproben [µg/l]	-	-	10	3,5	910
RDX-Nachweis in % der untersuchten Eluatproben	-	-	0	18	0
Dominierende STV-Kontaminante	-	-	4-A-2,6-DNT	TNT	TNT, untergeordnet Metabolite
PTV-Nachweis in % der untersuchten Eluatproben	-	-	nicht untersucht	0	nicht untersucht
PTV-Durchschnitts-konzentra-tion aller Positivproben in µg/l	-	-	nicht untersucht	-	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-	-	-	-	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	-	-	-	nicht untersucht	0
Befunde Sickerwasser					
Gesamtzahl der untersuchten Sickerwasserproben	2	2 (aus gleichem Trichter)	1	2	0 (nicht entnommen)
Parameterumfang	TNT, ADNTs, DNTs, TNB; (ohne DNB, RDX, HMX, PETN, PTV)	TNT, ADNTs, RDX, HMX, PETN, SM, PAK, SAA, AOX; (ohne PA, PTV)	alle STV und PTV, Phthalate; (ohne Akardite, Centralite., PAK, SM)	TNT, ADNT, DNTs, DNB, RDX, HMX, PETN PA, EGDN DEGDN, Ngl, Phth, DPA; (ohne Akardite und Centralite)	nicht untersucht
STV-Nachweise in % der	100	100	100	100	-

untersuchten Sickerwasser-proben					
STV-Durchschnittskonzentra-tion aller Positivproben [µg/l]	15,2 (0,2 und 30,2 µg/l)	18 (stark schwankend)	120	127	-
Maximalgehalt an STV [µg/l]	30,2 (ADNTs)	33,2	120	246	-
TNT-Durchschnittskonzentra-tion aller Positivproben [µg/]l	0,2	12,8	108	62	-
RDX-Nachweis in % der untersuchten Sickerwasser-proben	nicht untersucht	100 (1,6 /6,6 µg/l)	0	0	-
Dominierende STV-Kontaminante	ADNTs	TNT und Hexogen	TNT	TNT	-
PTV-Nachweis in % der untersu. Sickerwasserproben	nicht untersucht	0 (nur DPA untersucht)	0	100	-
PTV-Durchschnittskonzentra-tion aller Positivpro. in [mg/kg]	-	-	-	6,4	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-	-	-	DMePhth	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	nicht untersucht	Pb, Cd, Hg keine Auffälligkeiten	nicht untersucht	nicht untersucht	-
Sonstiges	-	AOX 46 µg/l			-
Befunde Grundwasser					
Anzahl der unters. GW-Proben	nicht untersucht	13 (jedoch alle tieferer Aquifer)	1 (3 Messungen)	nicht untersucht	0
Parameterumfang		TNT, ADNTs, DNTs, DNB, RDX, PETN, EGDN, DEGDN Ngl, DPA, TNB; Nigu, NDPA (ohne HMX, PA, Phth, Akard, Cent)	TNT, ADNTs, DNTs, DNB, RDX, HMX, PETN, PA, EGDN, DEGDN, Ngl, Phth, DPA (ohne Akard. und Centr)	-	nicht untersucht
STV-Nachweis in % der untersuchten GW-Proben	-	7 (eine Probe; tieferer Aquifer)	100	-	-
STV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [µg/l]	-	1,5	400 (Mittelwert 3 Messungen) stark schwankende Ergebnisse	-	-
Maximalgehalt an STV [µg/l]	-	1,5 (RDX)	791	-	-
TNT-Durchschnittskonzentr.	-	0	71 (Mittelwert 3 Messungen)	-	-

aller Positivproben [µg/]l					
RDX-Nachweis in % der untersuchten GW-Proben	-	100	100	-	-
Dominierende STV-Kontaminante	-	RDX	RDX und TNT wechselnd	-	-
PTV-Nachweis in % der untersuchten GW-Proben	-	0	0	-	-
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben in mg/kg	-	-	-	-	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-	-	-	-	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	-	keine Auffälligkeiten	-	-	-
Sonstiges	-		in Wiederholungsunter-suchungen TNB (55 µg/l), 3,5-DNA (19,1 µg/l) Spuren an Hydrazin	Karst-Aquifer	-
Gefährdung Schutzgut menschliche Gesundheit	punktuell (Ableitung aus SB !)	ja (diskussionswürdig)	nein	nein	Detailerkundungen empfohlen
Gefährdung Schutzgut Grundwasser	nein, da Trichter nicht „auslaufen“ (diskussionswürdig)	ja	ja	nein (Karst-Aquifer)	ja; Detailerkundung empfohlen
Emissionsprognose STV/PTV g/a Jahr	nicht erstellt	nicht erstellt	> 2.000	3 (Trichter) 39 (Auswurfmassen)	nicht erstellt

Sprengplatz-Nr. / Unters.jahr	Sprengplatz 6 (2006)	Sprengplatz 7 (2003)	Sprengplatz 8 (2005)	Sprengplatz 9 (2005)	Sprengplatz 10 (2003)
Allgemeine Angaben zum Sprengplatz					
Ursprung des Platzes	US	US	US	HMA	LMA
Betriebsdauer	1946; (1947?)	bis Juli 1948	bis 1947/48	1945-49	1945-1954
Betreiber	US und StEG	US	US	(Wehrmacht); StEG	US; StEG (47-49)
Art des Platzes	zweigeteilt in Spr.feld u. St.br.	zweigeteilter Platz	ein Sprengfeld 120x130 m	5 Plätze	großes Sprengfeld, dezentrale Sprengstellen
Vernichtete Munitionsarten und Kaliber [mm]	D. und US- Kleinmunition	3,7 bis 4,2 Spr. u. Pz.gr.; Hd.- u. Bordw.mun.; Wgr. u Artgr. bis 10,5 cm; D und US	Hd.- und Bordw.mun., Art.-mun bis 15 cm; z. T. Phosphormun.; dt. und Ausland;	Inf.mun.; Art.-Mun. bis Kal.24; vorrangig Hd.-, Pz. u. Spgr.; Pzf.	Splitt.-, Minenbomb.; Kanonen 4, 8 cm; MG-Mun.
Vernichtete Gesamtmenge [t]	nicht bekannt	nicht bekannt	nicht bekannt	Wehrmacht ?; StEG 2.947	1.833 (nur StEG ohne Wehrm.)
Kategorie (geschätzt)	Kat. S	Kat. L (?)	Kat. S (?)	Kat. L	Kat. L
Lokalisierung der Trichter über	LB 1952	nur teilw.möglich; Gelände-morphologie, Zeitzeugen	über Luftbilder	Geländemorph (eingeschr). üb. LB nicht mögl.	nur Sprengfeld als Ganzes; einz. Trichter nicht möglich
Anzahl der Trichter	2 (Spr.feld) + ? (Steinbruch)	39 (nur 25 planlich erfasst)	6 (3500 m³)	49 (aus GA nicht eind. zu ers.)	> 47
Trichterdurchm. [m]	keine Angaben	10,5 (n=25); max. 14	13,1 (n=6)	Ø 3,8 (n=49)	k. A.
Trichtertiefe [m]	Steinbruch ?; Sprengfeld ca. 3	keine Angaben	Ø 4,4 (n=6)	Ø 2,8 (n=49)	k. A.
Auswurf erkennbar	kaum Auswurf um Trichter; r=50 m für OMP festgesetzt;	keine Angaben	nicht vermerkt	ja; r=60-75 m für OMP festgesetzt.	teilweise (nicht vermerkt)
Geborgene Kampfmittel bei Nachräumungen [t]	keine Angaben	5,5	StEG-geräumt; 5,6t (1950)	1.500 (1946-1949); 350 (1949-1953); 31 (1967, 69-72)	609, 40, 363 (bis 1954); (40 + 54,4 „versenkt“ in wassergef. Trichter b. San-ierung. unbek. Tonnage
Wiederverfüllung der Trichter	Steinbruch mit Müll; Sprtr. teilverfüllt mit Auswurf	3 mit Hausmüll und Bauschutt andere?	vollständig mit Auswurf (Planierraupe);	komplett; großteils mit kont. Auswurf	keine Angaben
Untergrund	S, U	U, t	U, s; g, darunter G/S; (Quartär)	G, s, u	G, s, u
Schichtwasser [m unter GOK]	nicht vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden	-	7,7 (?)
Grundwasserflurabstand [m]	3-10	30-50	4,6	9-10	8,5

Angaben zum Erkundungskonzept (OU)					
Erkundung Trichter	ja Tr-Boden und kont. Auswurf	Ja (jedoch z. T. missglückt)	Ja	Ja	3 Schürfgräben im Spreng-feld; nur Unters. des Ober-bodens und des natürl. Untergrunds
Erkundung Auswurf	ja; 50 m Zone für OMP	nein	nein (nur Oberboden d. Trichter)	ja durch OMP, jedoch nur Teilflächen beprobt	nein
Sondierbohrungen	0	0	6 (DN50)	0	0
Baggerschürfen	4	7 (vermutl. nur in drei Tr.)	nein	92 ? (nicht nachvollziehbar)	3 (Gräben)
Oberflächenmischproben	2; nicht um Steinbruch	0	nein (Mischprobe aus 6 SB)	20	0
Sickerwasseruntersuchungen	0	0	nein	0 (nicht vorhanden)	0
Grundwasseruntersuchungen	0	0 (Quellen im Abstrom)	drei Messstellen errichtet	10	24
Anzahl der unters. Trichter	2 +Steinbruch	7 (vermutl. nur drei getroffen)	6	27 Anlage 331	0
Anzahl der unters. Trichter [% der Gesamtanzahl]	100	18 (vermutl. nur 8)	100	55	0
Anzahl der unters. Bodenproben	4	7 (nur drei repräsentativ)	17 Einzel- und 3 Mischproben	52 ohne Grundwasseruntersuchung	12 (davon 0 repräsentativ)
Probenahmemenge	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben	keine Angabe
für STV-Analyse verw. Probenmenge	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben Accelerated Solvent Extraktion (ASE mit Acetonitril)	keine Angaben	keine Angabe
Erkundungskonzept	geeignet	nicht ausreichend; nicht durchdacht	eingeschränkt geeignet	geeignet	ungeeignet
Anmerkungen	Mischprobenbildung unsinnig;		Metallfunde in Sondierbohrung trotz Freigabe; (Inf. mun., Splitter)	Trichterlokalisierung im Gelände schwierig; Gebietswasserbilanz und Sickerratenberechnung;	
Sicherheitskonzept	Betreuung der Erkundung durch Fachkundigen Zugangswege abgesperrt; Hauptwege Sicherungs-posten; r= 150 m	Betreuung der Erkundung durch Fachkundigen; keine weiteren Sicherheitsmaßnahmen	Nein Geomagnetische Freigabe der Bohrstellen	Fachkundiger Sperrung des Zugangs; Sicherheitsposten Radius 150 m	Freimessung (im Sprengfeld !)
Kampfmittelffunde in % der Schürfen	100	14	66 (Inf.mun., Verbrennungs-rückstände, Metallsplitter; Teile von Patronengurten)	25	keine Angaben bzw. nichts vermerkt

Befunde Boden					
Gesamtzahl der untersuchten Bodenproben	2 (auf STV); 9 (SM, PTV)	7 (davon drei repräsentativ)	20 (davon 16 repräsentativ)	52	12 (davon 0 repräsentativ)
Parameterumfang	TNT, ADNT, DNTs, DNB, RDX, HMX, PETN, PA, EGDN, DEGDN, Ngl, Phth, DPA, SM, PAK, KW	TNT, ADNTs, DNTs, DNB, RDX, HMX, PETN, EGDN, DEGDN, Ngl, SM, PAK	TNT, ADNTs, DNTs, DNB, RDX, HMX, PETN, PA, EGDN, DEGDN, Ngl, DPA, SM, PAK, Hexyl, TNB, Tetryl	TNT, ADNTs, DNTs, DNB, RDX, HMX; PETN, EGDN, DEGDN, Ngl, Phth, DPA, SM, PAK, CAP; AP	TNT, ADNT, DNTs, DNB, RDX, SM (ohne HMX, PETN, PA, EGDN, DEGDN, Ngl, Phth, Akard, Centr, DPA, PAK)
STV-Nachweis in % der unters. Bopro. (Trichter)	100	100	100	30 (Trichter u. Auswurf) Restfläche. unauffällig	Nachweis in zwei Proben
STV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	293 (mit 584 und 0,28 extrem schwankend)	78	14	10,9	Angabe nicht sinnvoll
STV-Maximalgehalt [mg/kg]	585 (evtl. Ausreißer?)	105	86	33	30
TNT-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	292	14	nicht relevant	4,6	Angabe nicht sinnvoll
RDX-Nachweis in % d. unters. Bodenproben durchschn. Konzentr. [mg/kg]	0	0	43 0,16	21,2; 4	Angabe nicht sinnvoll
Dominierende STV-Kontaminante	TNT	2,4 und 2,6DNT	24DNT	TNT	Angabe nicht sinnvoll
PTV-Nachweis in % d. unters. Bodenproben	14 (nur in einer von 7)	67	100	36	nicht untersucht
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	4,3	1,6	0,74	0,29	-
Dominierende PTV-Kontaminante	DPrPhth	DEGDN	DPA, Ngl	DEHP	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	Pb 100% Stufe 1 /50 % Stufe 2 Cu 62 % Stufe 1/ 37 % Stufe 2 Zn 12 % Stufe 1 / 12 % Stufe 2; (z. T: Hausmüll)	Cu 100% Stufe 1 /33 % Stufe 2 Zn 66% Stufe 1 (Müll u. Bauschutt)	Pb 18% Stufe 1/ 68 % Stufe 2 Cu 43% Stufe 1/ 43 % Stufe 2 (vermutl. auch Verbrennungen)	As 13,5 % über HW 1 Pb 2% über HW 1 Ba 2% über HW 1	keine Auffälligkeiten
PAK % der Proben über Hilfswert			nicht relevant	11,5	nicht untersucht
Sonstiges	extrem erhöhter Pb- und Cu-Gehalt;	9 verschiedene STV nachgewiesen; Tetryl max. 10 mg/kg; Spuren an PA und TNB;	Antimon max. 300 mg/kg		-

Befunde Eluat					
Gesamtzahl der unters. Eluatproben	6	3	2 (STV) 4 (SM)	52	-
Parameterumfang	TNT, ADNTs, DNTs, DNB, RDX, HMX, PETN, SM (ohne PA, EGDN, DEGDN, Ng, Phth., Akardite, Centr, DPA, PAK)	TNT, ADNTs, TNB, DNB, DNTs, Ngl, Tetryl, PETN, NT's, Hexyl, PA, EGDN, DEGDN	TNT, ADNT'S, DNTs, DNB, RDX, HMX, PETN, EGDN, DEGDN, Ngl, DPA, SM, PAK	TNT, ADNTs, DNTs, DNB, RDX, HMX, PETN, EGDN, DEGDN, Ngl, Phth, DPA, SM	-
STV-Nachweis in % der unters. Eluatproben	66	100	100	73	-
STV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [µg/l]	796	4,6	1	311	-
STV-Maximalgehalt [µg/l]	3.049 (Ausreißer?)	6,7	0,79	2700	-
TNT-Durchschnittskonz. aller Positivproben [µg/l]	762	1	nicht relevant	152	-
RDX-Nachweis in % der untersuchten Eluatproben	0	0	50	54	-
Dominierende STV-Kontaminante	TNT	2-A-4,6-DNT	2,4-DNT	TNT	-
PTV-Nachweis in % der untersuchten Eluatproben	nicht untersucht	0	50	61,5	-
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [µg/l	-	-	3,9	3,9	-
Dominierende PTV-Kontam..	-	Ultraspuren an DEGDN	DPA	Di-n-butylphthalat	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	Pb 83 % über Stufe 2 Cu 62 % Stufe 1; 25 % Stufe 2			o	-
Sonstiges	im Auswurf nur in einer Probe 0,56 µg/l TNT		Antimon mobil		-
Befunde Sickerwasser					
Gesamtzahl der unters. Sickerwasserproben	0 (nicht vorhanden)	0 (nicht vorhanden)	0 (nicht vorhanden)	0 (keine Angaben)	-
Parameterumfang	nicht untersucht				-
STV-Nachweise in % der unters. Sickerwasserproben	-	-	-	-	-

STV-Durchschnittskonzentration aller Positivproben [µg/l]	-	-	-	-	-
Maximalgehalt an STV [µg/l]	-	-	-	-	-
TNT-Durchschnittskonz. aller Positivproben [µg/]l	-	-	-	-	-
RDX-Nachweis in % der untersuchten Sickerwasserproben	-	-	-	-	-
Dominierende STV-Kontaminante	-	-	-	-	-
PTV-Nachweis in % der untersuchten Sickerwasserproben	-	-	-	-	-
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben in mg/kg	-	-	-	-	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-	-	-	-	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	-	-	-	-	-
Sonstiges	-	-	-		-
Befunde Grundwasser					
Gesamtzahl der unters. GW-Proben	0	0 (nur Quellen im Abstrom)	3	10	24
Parameterumfang	nicht untersucht		TNT, ADNTs, DNTs, DNB, RDX; HMX, PETN, EGDN DEGDN, Ngl, DPA, SM, PAK (ohne PA, Phth, Akardite)	TNT, ADNTs, DNTs, DNB, RDX, HMX, PETN, PA, EGDN, DEGDN, Ng, DPA, Phth, SM, PAK (ohne Akardite, Centr)	24 auf STV 3 auf SM (wegen anderer Nutzung);
STV-Nachweise in % d. unters. GW-Proben	-	(kein Nachweis)	66	40	4 (1 Messstelle)
STV-Durchschnittskonzentr. aller Positivproben [µg/l]	-	-	0,4	1,8	1,4
Maximalgehalt an STV [µg/l]	-	-	0,54 (RDX)	4,9	1,4
TNT-Durchschnittskonz. aller Positivproben [µg/]l	-	-	n. n.	Nicht nachweisbar	n. n.

RDX-Nachweise in % der unter. GW-Proben	-	-	66	40	4 (1 Messstelle)
Dominierende STV-Kontaminante	-	-	RDX	RDX	RDX
PTV-Nachweise in % d. unters. GW-Proben	-	-	n. n.	60	-
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	-	-	n. n.	7 [µg/l]	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-	-	-	Bis-(2-ethylhexyl)phthalat	-
Schwermetalle; % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	-	-	nicht relevant	0	0
Sonstiges	-	-	-		-
Gefährdung Schutz-gut menschliche Gesundheit	nein; derzeit keine Exposition	nein	nicht bewertet	nein	Bei „normaler“ Nutzung kein Handlungsbedarf; lokale Belastungen nicht auszuschließen
Gefährdung Schutzgut Grundwasser	ja; Detailerkundung empfohlen	nein (diskussionswürdig)	nicht abschließend bewertet	ja, Detailerkundung empfohlen	es liegt keine Beeinträchtigung vor (diskussionswürdig)
Emissionsprognose STV/PTV g/a Jahr	nicht erstellt	nicht erstellt	nicht erstellt	nicht erstellt	-

Sprengplatz-Nr. / Unters.jahr	Sprengplatz 11 (1997)	Sprengplatz 12 (1996/1999)	Sprengplatz 13 (2002)	Sprengplatz 14 (1996-2004)	Sprengplatz 15 (2002)
Allgemeine Angaben zum Sprengplatz					
Ursprung des Platzes	UK	LW Mun. depot	US	HMA	US
Betriebsdauer	vermutl. 1946-47	1941-51	46-49	1945-Ende 50er Jahre	keine Angaben
Betreiber	Britische Armee	WM; UK, Bombenräumkmdo	US, StEG	Wehrmacht (Explosion); US, StEG, Privat	US
Art des Platzes	Steinbruch	3 Sprengplätze	zweigeteilt	zwei Sprengfelder	-
vernichtete Munitionsarten und Kaliber [cm]	vorr. Mun. f. Handfeuer-waffen; untergeordnet Flak-, Art.-Mun.	Flak.-, Art.-Munition, Bomben, Torp., Mienen; Sprengstoffe	keine Angaben	Artilleriemunition 3,7 bis 10,5, Röchling-Gr.	2 - 8,8 Artilleriegranaten; SD1
Vernichtete Gesamtmenge [t]	k. A.	keine Angabe	keine Angaben	unbek. (Explosion); 4.700 (StEG); unbek. (Privat)	keine Angaben
Kategorie (geschätzt d. Autor)	S	L	M	XL	S
Lokalisierung der Trichter über	nicht erfolgt, nicht möglich	bisher nicht lokalisiert	Luftbilder (1953)	Luftbilder	nicht erfolgt
Anzahl der Trichter	k. A. (vermutl 2 Sprengst.); durch Steinbru. überprägt	bisher nicht lokalisiert	mindestens 23	mind.22 Explosionstrichter, 8 Massensprengtrichter	12
Trichterdurchmesser [m]	k. A.	-	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben
Trichtertiefe [m]	k. A.	-	ca. 2-4 (Zeugenaussagen)	Explosionstrichter bis zu 20 Sprengtrichter?	keine Angaben
Auswurf erkennbar	k. A.	-	keine Angaben	ja	keine Angaben
Geborgene Kampfmittel bei Nachräumungen [t]	k. A.	keine Nachräumung (?) ge-häufte Mun. funde nach dem Krieg bis in die Neuzeit	keine Nachräumung erfolgt	keine Angaben	keine Angaben
Wiederverfüllung der Trichter	Steinbruch später eingeebnet	komplett; Oberboden im Zuge von Baumaßnahmen zum Teil abgeschoben	nahezu vollständig; z. T. noch leichte Senken zu erkennen	ja	keine Angaben
Untergrund	U, s, g darunter Kalkstein	G, s'; im Liegenden T	sandig bis tonig, teils kiesig	Sande, schluffig; Sandstein	Sande, Sandstein
Schichtwasser [m unter GOK]	-	2	2,8 (nur in einer Bohrung)	oberflächennah	-
Grundwasserflurabstand [m]	keine Angabe	< 10 m	5,7	um 2 (oberes Stockwerk) um 15 (tieferes Stockwerk)	6,7 – 13,5
Angaben zum Erkundungskonzept (OE)					
Erkundung Trichter	bedingt (Lage der Trichter unbekannt)	nein (in der OU nicht lokalisiert)	Sondierbohrungen	nein	ja

Erkundung Auswurf	nein	ja	nicht gezielt (OMP f. Schutzgut Menschl. Gesundheit)	nein	nein, nicht gezielt
Sondierbohrungen	7	25 (Sprengplatz 1)	14	nein	14
Baggerschürfen	0	0	0	nein	0
Oberflächenmischproben	0	40	8 (eingeschränkt geeignet)	nein	im Umgriff der SB
Sickerwasseruntersuchungen	-0	0	-	nein	0
Grundwasseruntersuchungen	0	ja	5; (z. T. Wiederholungsunters.)	ja (umfangreich)	4 (und 2x4 Vorprüfungen)
Anzahl der unters. Trichter	-	0	10	0	3-7; nicht genau ersichtlich; 3 SB Zentrum, 2 SB Böschung, 2 SB Ränder; übrige SD Umfeld
Anzahl der unters. Trichter [% der Gesamtanzahl]	-	-	44	-	keine Angabe möglich
Anzahl der unters. Bodenproben	8		29 (Trichterbereiche); 16 OMP	0	24
Probenahmemenge	je 20 kg	keine Angabe	ca. 0,5 kg	-	Gutachtenteil fehlt
für STV-Analyse verwendete Probenmenge	keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe	-	Gutachtenteil fehlt
Erkundungskonzept	geeignet	geeignet	bedingt geeignet	Indirekte Gefährdungsabschätzung allein über das Grundwasser	bedingt geeignet
Anmerkungen	ergänzende Sedimentprobe aus Bach	Sedimentproben aus Vorflutern u. Baggerseen; Oberflächenwasserproben	einige Trichter teilw. mit externem Fremdmaterial verfüllt		
Sicherheitskonzept	Freimessung; teils wegen hohem Splitteraufkommen nicht möglich	Freigabe durch KBD; keine Bohrungen in Bereichen mit Ausschlag	Freigabe durch KBD; keine Bohrungen in Bereichen mit Ausschlag	nicht erforderlich	offensichtlich keine Freigabe der Bohransatzstellen
Kampfmittelfunde in % der Schürfen	-	-	1 Stck. Inf. Mun. (Sondierbohrung)	-	-
Befunde Boden					
Gesamtzahl der untersuchten Bodenproben	8	50 (Sprenglatz 1) 130 in der Detailerkundung	29	-	24
Parameterumfang	TNT, ADNT, DNTs, DNB, RDX, PETN, PA, DPA,	TNT, ADNT, DNTs, DNB, RDX, HMX, PETN, EGDN,	TNT, ADNT, DNT , DNB, RDX, HMX, PETN, PA,	-	STV, TNP, KW, SM, Ba,

	SM, PAK, NDPA (ohne HMX, EGDN, DEGDN, Ngl, Phth, Akard., Centr.)	DEGDN, Ngl, DPA, SM, PAK (ohne PA, Phth, Akard., Centr.)	EGDN, DEGDN, Ngl, DPA, SM, PAK (ohne Phth, Akard., Centr.)		Anniline
STV-Nachweis in % der unters. Bodenproben (Trichter)	12,5 (nur eine Probe; PETN)	-	86 (Trichter) 0 (Auswurf)	-	71
STV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	0,6	-	5,6	-	0,27
STV-Maximalgehalt [mg/kg]	4,8	-	20 (DNT)	-	1,1 (Hexogen)
TNT-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	0	TNT dominant	1 (Nachweis in 23 Proben)	-	0,08
RDX-Nachweis in % der unters. Bodenproben durch-schnittl. Konzentration [mg/kg]	0		0	-	16
Dominierende STV-Kontaminante	PETN	-	2,4-DNT (Ø 3,9 mg/kg; n=20 TNT (Ø 1 mg/kg; n= 23)	-	1,2 DNB (?)
PTV-Nachweis in % der untersuchten Bodenproben	0	-	51	-	4 % (eine Probe)
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	-	-	0,5	-	0,55
Dominierende PTV-Kontaminante	-	-	DPA	-	EGDN
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	Pb 50 % Stufe 1 Cu 50 % Stufe 1	-	Cu 51 % Stufe 1 / 10 % Stufe 2 Zn 28 % Stufe 1 / 6 % Stufe 2	-	As 29 % > Stufe 1 Cu 4 %> Stufe 1 Zn 8 % > Stufe 1
PAK % der Proben über Hilfswert	37,5 (jedoch externes Material)	-	3	-	nicht untersucht
Sonstiges	-	-	TNP 21 % der Boden-proben; Ø 0,07 mg/kg	-	-
Befunde Eluat					
Gesamtzahl der unters. Eluatproben	-	0	13 (STV)	-	0
Parameterumfang	-	-	STV wie im Boden	-	-
STV-Nachweis in % der unters. Eluatproben	-	-	77	-	-

STV-Durchschnittskonzentration aller Positivproben in µg/l	-	-	20,3 (ohne einen vermutlichen Ausreißer bei 8,6 µg/l).	-	-
STV-Maximalgehalt [µg/l]	-	-	74 (TNT)	-	-
TNT-Durchschnittskonzentration aller Positivproben in [µg/l]	-	-	10,2	-	-
RDX-Nachweis in % der unters. Eluatpr.	-	-	61	-	-
Dominierende STV-Kontaminante	-	-	TNT, ADNT, 2,4-DNT	-	-
PTV-Nachweis in % der unters. Eluatpr.	-	-	0	-	-
PTV-Durchschnittskonzentration aller Positivproben in [µg/l]	-	-	-	-	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-	-	-	-	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	-	-		-	-
Sonstiges	-	-		-	-
Befunde Sickerwasser					
Gesamtzahl der untersuchten Sickerwasserproben	-	0	in einem Trichter vorhanden; jedoch nicht untersucht;	-	0
Parameterumfang	-	-	-	-	-
STV-Nachweise in % der untersuchten Sickerwasserproben	-	-		-	-
STV-Durchschnittskonzentration aller Positivproben [µg/l]	-	-	-	-	-
Maximalgehalt an STV [µg/l]	-	-	-	-	-
TNT-Durchschnittskonzentration aller Positivproben [µg/]l	-	-	-	-	-
RDX-Nachweis in % der untersuchten Sickerwasserproben	-	-	-	-	-
Dominierende STV-Kontaminante	-	-	-	-	-

PTV-Nachweis in % der untersuchten Sickerwasserproben	-	-	-	-	-
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben in [mg/kg]	-	-	-	-	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-	-	-	-	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	-	-	-	-	-
Sonstiges	-	-	-	-	-
Befunde Grundwasser					
Anzahl der unters. GW-Proben	-	23 (Sprengplatz 1)	5	umfangr. Erstuntersuchung und nachfolg. Monitoring	4
Parameterumfang	-	-	STV, SM	SM, Ba, PAK, STV incl. Phthalate, DAA	STV, n. LfW-Merkblatt 3.8/1
STV-Nachweis in % der untersuchten GW-Proben	-	nahezu 100% (Sprengplatz 1)	eine von fünf Messstellen weist Spuren an STV auf	56% (TNT); 61-66% (ADNTs); 44% (RDX)	25
STV-Durchschnittskonzentra-tion aller Positivproben [µg/l]	-	-	-	Angabe nicht sinnvoll	1,8 (nur RDX)
Maximalgehalt an STV [µg/l]	-	-	0,34 (Hexogen)	5 (TNT); 3,5 (2ADNT); 7 (4ADNT); 80 (RDX)	1,8 RDX
TNT-Durchschnittskonzentra-tion aller Positivproben [µg/]l	-	-	-	Angabe nicht sinnvoll	n. n.
RDX-Nachweis in % der untersuchten GW-Proben	-	-	-	44	25
Dominierende STV-Kontaminante	-	Hexogen; daneben TNT sowie Metabolite; Diphenylamin;	RDX, ADNT	NA (flächig betrachtet); RDX (Maximalkonzentration)	RDX
PTV-Nachweis in % der untersuchten GW-Proben	-		0	100	0
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	-	-	-	Angabe nicht sinnvoll	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-	-	-	DBP	-
Schwermetall % der Proben	-	-	-	keine Auffälligkeiten	-

über jeweiligen Hilfswerten					
Sonstiges	-	-	-		-
Gefährdung Schutz-gut menschliche Gesundheit	Sehr geringe Gefahr der unmittelbaren Schadstoffaufnahme;	lokaler Kontakt mit belastetem Material möglich;	Entlassung aus dem Verdacht	nicht bewertet (vor BBodSchG)	ja (wird nicht geteilt)
Gefährdung Schutz-gut Grundwasser	aus dem Verdacht entlassen	ja; Sanierung mittlerweile durchgeführt	ja; Detailerkundung erforderlich	ja	ja
Emissionsprognose STV/PTV g/a Jahr	-	nicht erstellt	nicht erstellt;	nicht erstellt	nicht durchgeführt

Sprengplatz-Nr./ Unters.jahr	Sprengplatz 16 (unbek.)	Sprengplatz 17 (2000– 2005)	Sprengplatz 18 (2005)	Sprengplatz 19 (2006)	Sprengplatz 20 (2003)
Allgemeine Angaben zum Sprengplatz					
Ursprung des Platzes	Explosion Mun.-Zug	LMA	HNMA	unbekannt	Munitionslager, E-Stelle
Betriebsdauer	1945	1945; 1945-1947	unbekannt	1945 bis 1957	1945 1949; 1959-1952
Betreiber	US	Wehrmacht; Briten; Räumkommando	GB	Alliierte	Wehrmacht, US, StEG, Privatf.
Art des Platzes	Sprpl. + „Granatexplosionsst.“		Sprengfeld; ein isol. Trichter	zwei Sprengfelder	in Taleinschnitt
vernichtete Munitionsarten und Kaliber [cm]	2 - 10,5 cm Spr. u. Pzgr.; auch Gr.patr; 15 mm Bordw. u., Inf. Mun., Zdr., Sprkap., Munteile	Inf., Bordw.mun., Abwurf.-, Leucht.- und Signalmun., Fallschirmjägermunition;	reichseigen; Panzerschreck-Gr., 2 bis 8,8 Gr.; loser Sprst. (verpackt); CAP-Presslinge	d. u. all. Mun.; Inf.mun., vorr. 2 cm Gr.; bis 1.000 lbs Bomben	Infmun.; Artilleriemun. bis 15 cm; Hgr., Pzfst., Zdr., Zdldg.,
Vernichtete Gesamtmenge [t]	keine Angaben		unbekannt	keine Angaben	unbek. Mengen durch Wehr-macht; 9.000 t durch US
Kategorie (geschätzt d. Autor)	S	XL	S	L	XL
Lokalisierung der Trichter über	nicht erfolgt	Luftbilder	visuell erkenntlich	Geländeeindruck (großteils unverfüllt)	keine Angaben
Anzahl der Trichter	6	240	6 + 1	Sprengfeld 1 mit ca. 22 großen, teilw. übersprengten Trichtern; Sprengfeld 2 mit über 20 kleinen, offensichtl. übersprengten Trichtern	40 (Bericht 1951); teils wassergefüllt;
Trichterdurchmesser [m]	keine Angaben	40 (17 Stck), 30 (15 Stck.), 25 (69 Stck.), 20 (16 Stck.), 10-15 (110 Stck.)	i.d.R. 15 bis 20 m; z. T. oval	keine Angaben	5-23
Trichtertiefe [m]	keine Angaben	unbekannt	keine Angabe	keine Angaben	3-9
Auswurf erkennbar	keine Angaben	keine Angaben	nein	auf Sprengfeld 2	keine Angaben
Geborgene Kampf-mittel bei Nachräumungen [t]	13	35.000 Stck. (1974 bis 1998) Ges.gew. Sprstgew. 15 t	bisher nicht geräumt (?)	keine Angaben	um 100; davon mind. 11 vor Ort gesprengt
Wiederverfüllung der Trichter	keine Angaben	teilw. (Bauschutt, Hausmüll); teilweise auch unverfüllt	teilweise	auf Sprengfeld 1	ab 1951 ? offensichtl. nur teilverfüllt
Untergrund	Ton, Schluff	Quartär; Mergel;	S	Sand; darunter Mergel	Feinsand, schluffig (zersetz-ter Sandstein), lokal Quartär
Schichtwasser [m unter GOK]	-	keine Angaben	-	nicht vorhanden	Trichter vernässt
Grundwasserflurabstand [m]	2	10-20 m (?); unklare	2,6 – 3,8	14	keine Angaben

		hydrogeo. Verhältnisse			
Angaben zum Erkundungskonzept (OE)					
Erkundung Trichter	nein	ja	ja, 5 von 7	ja (nur unverfüllte)	ja (Pürckhauerbohrstock)
Erkundung Auswurf	nein	nein	ja	ja	ja (Pürckhauerbohrstock), jedoch evtl. falscher Horiz.;
Sondierbohrungen	13	nein	nein	nein; zwei Einzelproben mittels Spaten;	nein
Baggerschürfen	0	3	5; nur Trichterbasis beprobt;	nein	nein
Oberflächenmischproben	0	nein	5	ja (mittels Handschaufel); 0 - 5 cm	nein
Sickerwasseruntersuchungen	0	nein	nein	nein	nein
Grundwasseruntersuchungen	3 (nicht repräsentativ)	2; Messstellen jedoch nicht repräsentativ	5 Messstellen errichtet und beprobt	ja, 1 Messstelle im Abstrom	ja, drei Brunnen
Anzahl der unters. Trichter	0	3	5 (von 7)	nicht anzugeben, da Mischproben von mehreren Trichtern	4 (von 40)
Anzahl der unters. Trichter [% der Gesamtanzahl]	0	1,2	71%	-	10%
Anzahl der unters. Bodenproben	27	16	4 (Trichter) 5 (Auswurf)	7	4
Probenahmemenge	Gutachtenteil liegt nicht vor	20 kg; verjüngt auf 1,5	keine Angaben	1,5	keine Angabe
für STV-Analyse verwendete Probenmenge	Gutachtenteil liegt nicht vor	15 g	keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe
Erkundungskonzept	ungeeignet	deutlich zu wenige Schürfe	geeignet	geeignet	ungeeignet
Anmerkungen	Hauptsprengplatz nicht untersucht				zu wenig Trichter untersucht; ungeeignete Methode falscher Mischmodus
Sicherheitskonzept	keine Angaben	Betreuung durch KBD; keine weiteren Angaben	keine Angaben	nicht erforderlich (kein Eingriff in den Boden)	Freimessung
Befunde Boden					
Gesamtzahl der untersuchten Bodenproben	27	16	4 (Trichter); 5 (Auswurf)	-	

Parameterumfang	STV, TNP, KW, SM, Ba, Aniline u. a.	MNT; DNT, TNT, ADNT, DANT; NB, DNB, TNB, RDX, TNP, Hexyl, Tetryl, polare Abbauprodukte; keine PTV	STV, CAP, Kampfstoffe, As	STV, GC-MSD-Screening	STV (ohne Nigu, TNP); SM, Sb, PAK,
STV-Nachweis in % der unters. Bodenproben (Trichter)	59 (an allen Probenahmestellen)	68	0	85 (Auswurf, Trichterböschungen sowie -gründe)	50
STV-Durchschnittskonz. aller Positivproben in mg/kg	keine Angabe sinnvoll, da Hauptsprengpl. nicht beprobt	0,6	-	7,5 (ohne zwei Ausreißer) 442 (mit Ausreißer)	20
STV-Maximalgehalt [mg/kg]	110 (2,4-DNT) (Ausreißer) 5,4 (2,4-DNT) (Ausreißer?)	4,5	-	2500	36
TNT-Durchschnittskonz. aller Positivproben in mg/kg	0,04	0,6	-	4,8 (ohne zwei Ausreißer)	2
RDX-Nachweis in % der unters. Bodenprob. durchschnittliche Konz. [mg/kg]	11	0	-	0	0
Dominierende STV-Kontaminante	1,2-DNB (unplausibel)	TNT	-	TNT, 2,4-DNT	2,4-DNT; TNT
PTV-Nachweis in % der untersuchten Bodenproben	22	nicht untersucht	-	85	75
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	5,9 (evtl. Ausreißer)	-	-	4,5 (mit einem Ausreißer) 1 (ohne einem Ausreißer)	157
Dominierende PTV-Kontaminante	EGDN	-	-	DBP, DPA, Centralite I-III	Nigu, DEGDN
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	Cr 22 % > Stufe 1 As 44 % > Stufe 1	nicht untersucht	As unauffällig	nicht untersucht	0
PAK % der Proben über Hilfswert	nicht untersucht	nicht untersucht	-	nicht untersucht	0
Sonstiges			zunächst CAP-Nachweise	große Mengen an Centralit in Bodenproben	-
Befunde Eluat					
Gesamtzahl der unters. Eluatproben	1	nicht untersucht	0	-	2
Parameterumfang	STV (u. a.)	-	-	-	STV

STV-Nachweis in % der untersuchten Eluatproben	n. n. (Original 120 mg/kg DNT)	-	-	-	100
STV-Durchschnittskonzentration aller Positivproben in µg/l	-	-	-	-	1,9
STV-Maximalgehalt [µg/kg]	-	-	-	-	3,3
TNT-Durchschnittskonzentration aller Positivproben in µg/l	-	-	-	-	n. n.
RDX-Nachweis in % der untersuchten Eluatproben	-	-	-	-	0
Dominierende STV-Kontaminante	-	-	-	-	ADNTs
PTV-Nachweis in % der untersuchten Eluatproben	-	-	-	-	100
PTV-Durchschnittskonzentration aller Positivproben in µg/l	-	-	-	-	1,5
Dominierende PTV-Kontaminante	-	-	-	-	DEGDN
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	-	-	-	-	-
Sonstiges		-	-	-	-
Befunde Sickerwasser					
Gesamtzahl der untersuchten Sickerwasserproben	0	nicht untersucht	0	-	-
Parameterumfang	-	-	-	-	-
STV-Nachweise in % der untersuchten Sickerwasserproben	-	-	-	-	-
STV-Durchschnittskonzentration aller Positivproben [µg/l]	-	-	-	-	-
Maximalgehalt an STV [µg/l]	-	-	-	-	-
TNT-Durchschnittskonzentration aller Positivproben [µg/]l	-	-	-	-	-
RDX-Nachweis in % der untersuchten Sickerwasserproben	-	-	-	-	-

Dominierende STV-Kontaminante	-	-	-	-	-
PTV-Nachweis in % der untersuchten Sickerwasserproben	-	-	-	-	-
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben in [mg/kg]	-	-	-	-	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-	-	-	-	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	-	-	-	-	
Sonstiges	-	-	-	-	
Befunde Grundwasser					
Anzahl der unters. GW-Proben	3 (nicht repräsentativ)	2 (vermutl. nicht repräsentativ)	5 (davon 1 im Anstrom)	1	3 vermutlich (jedoch nicht repräsentativ)
Parameterumfang			STV, Kampfstoffe	As, TNT icl. Metabolite, 2,4-DNT, 2,6-DNT; TNB, 1,3DNB, RDX, HMX, Tetryl; PETN, TNP; GC-MSD-Screening	STV, PAK, SM,
STV-Nachweis in % der untersuchten GW-Proben	keine Nachweis	0	100%	100	
STV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [µg/l]	-	-	6	22	
Maximalgehalt an STV [µg/l]	-	-	12	22	
TNT-Durchschnittskonzentr. aller Positivproben [µg/]l	-	-	0,8 (nur in zwei Proben)	0,3	
RDX-Nachweis in % der untersuchten GW-Proben	-	-	75 %	100	
Dominierende STV-Kontaminante	-	-	RDX	RDX (14 µg/l)	
PTV-Nachweis in % der untersuchten GW-Proben	-	-	-	100	
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	-	-	-	nur qualitativ	

Dominierende PTV-Kontaminante	-	-	-	Phthalate	
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	-	-	-	nicht untersucht	
Sonstiges	-	in zwei Oberfl.gew. TNT-Nachw. mittels Passivsammler	-	-	
Gefährdung Schutz-gut menschliche Gesundheit	ja (wird nicht geteilt)	nein (jedoch keine geeignete Probenahme durchgeführt)	ja, durch losen Kampfstoff und durch Kampfmittel	nein (unzugänglich)	gering eingeschätzt, da schlecht zugänglich
Gefährdung Schutzgut Grundwasser	ja (wird nicht geteilt)	nein (wird nicht geteilt)	ja; (durch angespr. Kampfmittel); Ansicht wird geteilt	ja	als mittel eingeschätzt; Monitoring empfohlen
Emissionsprognose STV/PTV g/a Jahr	nicht durchgeführt	nein	nicht durchgeführt	nicht erstellt	nicht erstellt

Sprengplatz-Nr./ Unters.jahr	Sprengplatz 21 (2004)	Sprengplatz 22 (2006)	Sprengplatz 23 (2005)	Sprengplatz 24 (2006)	Sprengplatz 25 (2006)
Allgemeine Angaben zum Sprengplatz					
Ursprung des Platzes	Mun-Niederlage E-Hafen	LMA	US	Befestigungsanlage	Muna-Sprengplatz (?)
Betriebsdauer	1945; 1947-1952	1945-50er Jahre	1945-1947	1945-50er Jahre	2.WK, bis 1949
Betreiber	Wehrm., US (?), StEG, Privat	Wehrm.; US, StEG, Privat	US, StEG	US, StEG, Privat	Wehrmacht, Alliierte
Art des Platzes	ein Trichter	mehrere Sprengfelder	zweigeteilt (?)	vier Sprengfelder	länglicher Graben
vernichtete Munitionsarten und Kaliber [cm]	vermutl. vorrangig kleinkalibrige Munition;	Bomben, Inf.-, Bordwaffen, Leucht- und Signalmunition	vorr. kleinkalibrige Munition, Phosphormunition	k. A:	keine Angaben; auch Fund-munition (Spreng- und Brandbomben)
Vernichtete Gesamtmenge [t]	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben	ca. 15.000	keine Angaben
Kategorie (geschätzt d. Autor)	S	XL	S	XL	S
Lokalisierung der Trichter über	noch zu erkennen	nicht erfolgt	großteils im Gelände ersichtlich	unverfüllt	heutigen Geländebefund
Anzahl der Trichter	1	keine Angaben	26, davon vermutl. 16 größ.	150-200	1 (grabenförmig)
Trichterdurchmesser [m]	keine Angaben	keine Angaben	max. 12	z. T. Trichterschnüre/-ketten	15-30
Trichtertiefe [m]	> 5	keine Angaben	3	bis 5 m (heutige Morphologie)	5
Auswurf erkennbar	keine Angaben	keine Angaben	nur in einem Teilbereich	in Teilbereichen ja	keine Angaben
Geborgene Kampfmittel bei Nachräumungen [t]	104	keine Angaben	100 (bis 1993); nicht vollständig geräumt	> 350	keine Angaben
Wiederverfüllung der Trichter	1950-1970 Hausmüll, Bauschutt	keine Angaben	weitgehend;	nein (?), teilweise?	teilverfüllt
Untergrund	Löslehm	G	fS, gS, u, g; teils T, fs; (Tertiär)	Mergel, Sande, Lehm; Karbonate	S, U
Schichtwasser [m unter GOK]	9 (temp. GW?)	-	nein	in Mergeln/Sanden örtlich vorhanden	nein
Grundwasserflurabstand [m]	3-10	2	23	5 – 40 m (abh. von Geländerelief)	> 10
Angaben zum Erkundungskonzept (OE)					
Erkundung Trichter	Nein	nein	nein (keine geomagnetische Freigabe)	indirekt (Raster)	ja

Erkundung Auswurf	ja; Entnahmeorte jedoch zu weit entfernt;	nein	nicht gezielt;	indirekt (Raster)	nein
Sondierbohrungen	je 8 auf 5 Testflächen; zu einer Mischprobe vereinigt	nein	6	165	1+2+2
Baggerschürfen	nein	ja (17)	Nein	0	0
Oberflächenmischproben	nein	ja	16 (außerhalb von Verdachtsbereichen)	0	0
Sickerwasseruntersuchungen	nein	nein	nicht vorhanden	0	0
Grundwasseruntersuchungen	1 (Abstrom)	ja (17)	1	5 (jedoch nicht im relevanten Stockwerk)	0 (keine Abstrommessstelle vorhanden)
Anzahl der untersuchten Trichter	1	unklar	0	nicht erkennbar	1
Anzahl der unters. Trichter [% der Gesamtanzahl]	100	unklar	0	-	100
Anzahl der untersuchten Bodenproben	15 (5 Standorte x 3 Tiefenhorizonte)	16 Entnahmestellen; unterschiedliche Horizonte	0	ca. 102 incl. Nachuntersuchungen	5
Probenahmemenge. [kg]	keine Angaben	keine Angaben	keine Angabe	keine Angabe	unterschiedlich
für STV-Analyse verw. Probenmenge	keine Angaben	keine Angaben	keine Angabe	keine Angabe	unterschiedlich
Erkundungskonzept	bedingt geeignet	ungeeignet	ungeeignet	ungeeignet	nur bedingt geeignet
Anmerkungen	Auswurfproben zu weit entfernt	Kontaminationsgeschehen nicht berücksichtigt		Vermutlich falsche Tiefenhorizonte; keine belastbaren Ergebnisse	Trichterränder und Auswurf nicht betrachtet
Sicherheitskonzept	Freimessung	Freimessung? keine weiteren Angaben	Freimessung; keine Freigabe im Trichterbereich möglich	Freimessung	kein Sicherheitskonzept; keine Betreuung durch Fachkundigen
Kampfmittelfunde in % der Schürfen	-	Angabe nicht sinnvoll	-	-	-
Befunde Boden					
Gesamtzahl der untersuchten Bodenproben			insges. 36; davon jed. nur 6 aus relev. Ber. bzw. Horiz.	ca. 102	8
Parameterumfang	STV, (ohne Nigu, TNP); Phthalate (stichprobenhaft)	STV (incl. TNP), SM (incl. Sb, Sr), PAK,	SM, Sr., PAK, STV (ohne DEGDN, EGDN, Nigu, Phth, DPA)	STV, SM, PAK	STV (nur TNT, ADNT, RDX, HMX)
STV-Nachweis in % der	0	keine Angabe sinnvoll	keine Angabe sinnvoll	6,3	75

untersuchten Bodenproben (Trichter)					
STV-Durchschnittskonzentra-tion aller Positivproben mg/kg	-	keine Angabe sinnvoll	keine Angabe sinnvoll	5,3	4,2
STV-Maximalgehalt [mg/kg]	-	keine Angabe sinnvoll	-	34 (TNT)	10,2
TNT-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	-	keine Angabe sinnvoll	-	2,78	3,8
RDX-Nachweis in % der unters. Bopro.; durchschnittl. Konzentration [mg/kg]	-	keine Angabe sinnvoll	0	0,02 (2 von 102)	0
Dominierende STV-Kontaminante	-	keine Angabe sinnvoll	TNT	TNT, DNT	TNT
PTV-Nachweis in % der untersuchten Bodenproben	40 (2 von 5 Standorten)	keine Angabe sinnvoll	DEGDN, EGDN, Nigu, DPA nicht untersucht	nur ein Nachweis (Ngl); fraglich	n. u.
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	2	keine Angabe sinnvoll	-	-	-
Dominierende PTV-Kontaminante	Ngl, DPA	keine Angabe sinnvoll	-	-	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	0	keine Angabe sinnvoll	unauffällig	nicht relevant; As lokal erhöht	-
PAK % der Proben über Hilfswert	0	keine Angabe sinnvoll	unauffällig	nicht relevant	-
Sonstiges		Sedimentuntersuchungen in wassergefüllten Sprengtrichtern	Eingrenzung empfohlen (wird nicht geteilt)	-	-
Befunde Eluat					
Gesamtzahl der unters. Eluatproben	2	17	insges. 36; davon jed. nur 6 aus relev. Ber. bzw. Horiz.	6	0
Parameterumfang	STV	6 (aus Sprengbereichen)	(ohne DEGDN, EGDN, Nigu, Phth, DPA)	STV	-
STV-Nachweis in % der untersuchten Eluatproben	0	18	keine Angabe sinnvoll	50	-
STV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [µg/l]	-	3,5	-	540	-
STV-Maximalgehalt [µg/l]	-	3,5	400	660 (RDX)	-

TNT-Durchschnittskonz. aller Positivproben [µg/l]	-	-	-	660	-
RDX-Nachweis in % der untersuchten Eluatproben	-	100	-	33	-
Dominierende STV-Kontaminante	-	RDX	TNT	TNT, RDX	-
PTV-Nachweis in % der untersuchten Eluatproben	-	0	-	0	-
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [µg/l]	-	-	-	-	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-	-	-	-	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	-	flächig auffällige Werte für As und Sb	-		-
Sonstiges	-		Eluatbefunde trotz fehlender Nachweise in der Originalsubstanz	DNT in Eluaten nicht nachweisbar trotz Befund im Original	-
Befunde Sickerwasser					
Gesamtzahl der untersuchten Sickerwasserproben	0	-	0	0	-
Parameterumfang	-	-	-	-	-
STV-Nachweise in % der untersuchten Sickerwasserproben	-	-	-	-	-
STV-Durchschnittskonzentra-tion aller Positivproben [µg/l]	-	-	-	-	-
Maximalgehalt an STV [µg/l]	-	-	-	-	-
TNT-Durchschnittskonz. aller Positivproben [µg/]l	-	-	-	-	-
RDX-Nachweis in % der untersuchten Sickerwasserproben	-	-	-	-	-
Dominierende STV-Kontaminante	-	-	-	-	-
PTV-Nachweis in % der untersuchten	-	-	-	-	-

Sickerwasserproben					
PTV-Durchschnittskonzentration aller Positivproben [mg/kg]	-	-	-	-	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-	-	-	-	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	-	-	-	-	-
Sonstiges	-	-	-	-	-
Befunde Grundwasser					
Anzahl der unters. GW-Proben	1 (im Einflussbereich des Trichters)	13 + 4 Wiederholungsuntersuchungen	1	5 (keine im Abstrom bzw. im relevanten Aquifer)	0 (keine Abstrommessstelle vorhanden)
Parameterumfang	Volluntersuchung; STV; ohne Phthalate;	STV, SM, PAK,	Nitrat, Phosphor, ges., STV (ohne DEGDN, EGDN, Nigu, Phth, DPA)	-	-
STV-Nachweis in % der untersuchten GW-Proben	100	30 (jedoch nur teilw. im Abstrom)	0 (kein Nachweis)	-	-
STV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [µg/l]	9,5	1,2	0	-	-
Maximalgehalt an STV [µg/l]	9,9	4,1 (RDX)	-	-	-
TNT-Durchschnittskonzentr. aller Positivproben [µg/]l	n. n.	0,11 (nur in einer Probe)	-	-	-
RDX-Nachweis in % der untersuchten GW-Proben	100	23	-	-	-
Dominierende STV-Kontaminante	ADNT, RDX	RDX	-	-	-
PTV-Nachweis in % der untersuchten GW-Proben	0	0	-	-	-
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	-	-	-	-	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-	-	-	-	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	unauffällig	As 7 % über Stufe 1	-	-	-
Sonstiges	-			-	-

Gefährdung Schutzgut menschliche Gesundheit	nein	nein (wird geteilt)	nein (wird geteilt)	nein (wird geteilt)	nicht bewertet
Gefährdung Schutz-gut Grundwasser	nein; zu geringes Potenzial	überwiegend nein (diskussionswürdig)	nein (wird nicht geteilt)	ja (wird geteilt)	geringe Gefahr (tiefere Horizonte unbelastet)
Emissionsprognose STV/PTV g/a Jahr	nicht erstellt	nicht erstellt	nicht erbracht	nicht erstellt	nicht erbracht

Sprengplatz-Nr. / Unters.jahr	Sprengplatz 26 (2006)
Allgemeine Angaben zum Sprengplatz	
Ursprung des Platzes	Truppenübungsplatz
Betriebsdauer	1945 bis 2003
Betreiber	Alliierte; KBD, BW
Art des Platzes	keine Angaben
vernichtete Munitionsarten und Kaliber [cm]	keine Angaben
Vernichtete Gesamtmenge [t]	keine Angabe
Kategorie (geschätzt d. Autor)	keine Angabe möglich
Lokalisierung der Trichter über	nein
Anzahl der Trichter	nicht vermerkt
Trichterdurchmesser [m]	keine Angaben
Trichtertiefe [m]	keine Angaben
Auswurf erkennbar	keine Angaben
Geborgene Kampfmittel bei Nachräumungen [t]	keine Angaben
Wiederverfüllung der Trichter	heute keine Trichter zu erkennen
Untergrund	S, G, U
Schichtwasser [m unter GOK]	ja
Grundwasserflurabstand [m]	< 10
Angaben zum Erkundungskonzept (OE)	
Erkundung Trichter	keine Trichter lokalisiert
Erkundung Auswurf	nicht explizit berücksichtigt
Sondierbohrungen	10
Baggerschürfen	3
Oberflächenmischproben	0
Sickerwasseruntersuchungen	0
Grundwasseruntersuchungen	1
Anzahl der untersuchten Trichter	ein Trichter zufällig aufgeschlossen
Anzahl der unters. Trichter [% der Gesamtanzahl]	-
Anzahl der untersuchten Bodenproben	13
Probenahmemenge	keine Angaben
für STV-Analyse verwendete Probenmenge	keine Angaben
Erkundungskonzept	bedingt geeignet
Anmerkungen	Trichter/Auswurfproblematik nicht explizit betrachtet
Sicherheitskonzept	Betreuung durch Fachkundigen; keine weiteren Angaben
Kampfmittelfunde in % der Schürfen	keine Angaben
Befunde Boden	
Gesamtzahl d. untersuchten Bodenproben	13
Parameterumfang	SM, PAK, SM
STV-Nachweis in % der untersuchten Bodenproben (Trichter)	0
STV-Durchschnittskonz. aller Positivproben in mg/kg	-

STV-Maximalgehalt [mg/kg]	-
TNT-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	-
RDX-Nachweis in % der untersuchten Bodenproben; durchschnittl. Konz. [mg/kg]	-
Dominierende STV-Kontaminante	-
PTV-Nachweis in % der untersuchten Bodenproben	-
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	nicht relevant
PAK % der Proben über Hilfswert	nicht relevant
Sonstiges	-
Befunde Eluat	
Gesamtzahl der untersuchten Eluatproben	0
Parameterumfang	-
STV-Nachweis in % der untersuchten Eluatproben	-
STV-Durchschnittskonzentration aller Positivproben in µg/l	-
STV-Maximalgehalt [µg/kg]	-
TNT-Durchschnittskonzentration aller Positivproben in µg/l	-
RDX-Nachweis in % der untersuchten Eluatproben	-
Dominierende STV-Kontaminante	-
PTV-Nachweis in % der untersuchten Eluatproben	-
PTV-Durchschnittskonzentration aller Positivproben in µg/l	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	-
Sonstiges	-
Befunde Sickerwasser	
Gesamtzahl der untersuchten Sickerwasserproben	vorhanden, jedoch nicht untersucht
Parameterumfang	-
STV-Nachweise in % der unters. Sickerwasserproben	-
STV-Durchschnittskonzentration aller Positivproben [µg/l]	-
Maximalgehalt an STV [µg/l]	-
TNT-Durchschnittskonzentr. aller Positivproben [µg/l]	-
RDX-Nachweis in % der unters. Sickerwasserproben	-
Dominierende STV-Kontaminante	-
PTV-Nachweis in % der unters. Sickerwasserproben	-
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben in mg/kg	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	-
Sonstiges	-
Befunde Grundwasser	
Anzahl der unters. GW-Proben	1 (mit Wiederholungsuntersuchung)
Parameterumfang	STV, PAK, SM
STV-Nachweis in % der untersuchten GW-Proben	100

STV-Durchschnitts-Konz. aller Positivproben [µg/l]	7,8 (Erstbeprobung) 0,35 (Wdh.unters.)
Maximalgehalt an STV [µg/l]	7,8
TNT-Durchschnittskonzentr. aller Positivproben [µg/]l	1,5
RDX-Nachweis in % der untersuchten GW-Proben	100 (0,9 und 0,35)
Dominierende STV-Kontaminante	TNT und ADNT
PTV-Nachweis in % der untersuchten GW-Proben	0
PTV-Durchschnittskonz. aller Positivproben [mg/kg]	-
Dominierende PTV-Kontaminante	-
Schwermetall % der Proben über jeweiligen Hilfswerten	nicht relevant
Sonstiges	-
Gefährdung Schutzgut menschliche Gesundheit	nein (wird geteilt)
Gefährdung Schutzgut Grundwasser	nein (nicht korrekt abgeleitet)
Emissionsprognose STV/PTV g/a Jahr	nicht erbracht

4 Dank

Wir danken allen Fachstellen, die Gutachten zur Verfügung gestellt haben, für die unkomplizierte Zusammenarbeit und den offenen Informationsaustausch.

Besonderer Dank gilt den Kampfmittelräumdiensten der Länder für das entgegengebrachte Interesse und die detaillierten Antwortschreiben zu unseren Anfragen.