

Ehemaliger Güterbahnhof Bad Cannstatt – Strategien zur Kampfmittelräumung

MEZGER, H., ZIMMERER,¹ K., KONING, E.,² GOEDECKE, G.³:

¹ Geocon AER GmbH, Stuttgart und Reutlingen, Hauptsitz Stuttgart, Sonnenbergstr. 39, 70184 Stuttgart, email: hartmut.mezger@geocon-aer.de, web: www.geocon-aer.de

² Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung, Eberhardstr. 10, 70173 Stuttgart, email: u610207@stuttgart.de, web: www.stuttgart.de

³ Regierungspräsidium Stuttgart, Landespolizeidirektion, Kampfmittelbeseitigungsdienst Baden-Württemberg, Pfaffenwaldring 1, 70569 Stuttgart, email: guenter.goedecke@rps.bwl.de, web: www.rp-stuttgart.de

ABSTRACT:

Das Areal des ehemaligen Güterbahnhofgeländes Bad Cannstatt soll neu geordnet werden. Die Fläche wurde im Zweiten Weltkrieg durch alliierte Streitkräfte mehrfach bombardiert. Die Hinterlassenschaften dieser Kriegshandlungen sind im Zuge der Revitalisierung des Areals genauso zu berücksichtigen wie z.B. ökologische Altlasten oder planungsrechtliche Belange. Bisher wird eine systematische Vorgehensweise zur Kampfmittelräumung nur in Einzelfällen angewandt. In der Regel erfolgt eine flächige Umlagerung der oberen Bodenschichten und das Aussortieren von Kampfmitteln. Diese Maßnahmen zur Räumung sind besonders arbeits- und somit kostenintensiv. Damit stellen Kampfmittelaltlasten ein großes monetäres Hemmnis bei der Revitalisierung von innerstädtischen Bereichen dar. In Abstimmung mit dem Kampfmittelbeseitigungsdienst Baden-Württemberg (KMBD) wurde eine systematische Vorgehensweise erarbeitet. Erster Schritt war dabei das Anlegen von 10 Testfeldern und der Einsatz von zwei unterschiedlichen, geophysikalischen Methoden. Neben den gewonnenen Informationen über die Untergrundverhältnisse kann mit den Testfeldern eine Untergliederung in Teilflächen vorgenommen werden. Auf diesen sind jeweils angepasste Maßnahmen zur Kampfmittelräumung zielführend. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden Szenarien benannt, die zur Entscheidungsfindung über das Vorgehen auf der Gesamtfläche herangezogen werden können.

Einführung

Die Fläche des ehemaligen Güterbahnhofs Bad Cannstatt wurde im zweiten Weltkrieg wie das gesamte Stadtgebiet von Stuttgart durch alliierte Streitkräfte mehrfach bombardiert. Die Hinterlassenschaften dieser Kriegshandlungen sind im Zuge der Revitalisierung des Areals genauso zu berücksichtigen wie z.B. ökologische Altlasten oder planungsrechtliche Belange.

Bombenblindgänger oder andere nicht detonierte Munition kann über Jahrzehnte im Boden liegen ohne an Gefährlichkeit zu verlieren. Im Gegenteil: neben dem Risiko von spontanen Detonationen oder provozierten Explosionen durch unsachgemäße Behandlung (Bagger- oder Bohrarbeiten) können auch schleichende Umweltschäden durch in den Boden und das Grundwasser gelangende Sprengstoffe entstehen.

Im Interesse von „gesunden Wohn- und Arbeitsverhältnisse und der Sicherheit der Wohn- und Arbeitsbevölkerung“ [1] sind bei der Neubebauung von potenziellen Risikoflächen angemessene Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen. Bisher wird eine systematische Vorgehensweise zur Kampfmittelräumung nur in Einzelfällen angewandt. In der Regel erfolgt eine flächige Umlagerung der oberen Bodenschichten und das Aussortieren von Kampfmitteln. Unter Verwendung von geophysikalischen Methoden werden auch tiefere, nicht umzulagernde Bereiche in die Räumung einbezogen. Damit ist zwar eine praktisch 100%ige Kampfmittelfreiheit zu erzielen, auf der anderen Seite sind diese Maßnahmen zur

Räumung größerer Areale besonders arbeits- und somit kostenintensiv. Bei vorhandenen Kontaminationen durch ökologische Altlasten kommt zusätzlich noch die Entsorgung des Aushubs und die Anlieferung von Ersatzmaterial hinzu. Damit stellen Kampfmittelaltlasten ein großes monetäres Hemmnis bei der Revitalisierung von innerstädtischen Bereichen dar. Wird die Fläche allerdings nicht beräumt, bleibt der Kampfmittelverdacht als unwägbares Risiko für Investoren und insbesondere für die Wohn- und Arbeitsbevölkerung auf der Fläche.

Im Zuge der Revitalisierung des Güterbahnhofsareals in Bad Cannstatt wurde in Abstimmung mit dem Kampfmittelbeseitigungsdienst Baden-Württemberg (KMBD) eine systematische Vorgehensweise erarbeitet. Erster Schritt war dabei das Anlegen von Testfelder, Abmessung 10 x 10 m und der Einsatz von unterschiedlichen, geophysikalischen Methoden. Die Testfelder wurden flächig über das Gelände verteilt, um möglichst repräsentative Ergebnisse für das Gesamtareal zu erhalten. Neben der gewonnenen Ergebnisse über die Untergrundverhältnisse kann mit den Testfeldern eine Untergliederung der Gesamtfläche in Teilflächen vorgenommen werden. Auf diesen Teilflächen sind jeweils angepasste Maßnahmen zur Kampfmittelräumung erforderlich.

Standortbeschreibung

Das Güterbahnhofsareal umfasst eine Fläche von 22 ha. Mit der Einrichtung der Anlage zu Beginn des 20. Jahrhunderts erfolgte die erste bauliche Nutzung der Fläche. Der flächenmäßig bedeutendste Teil wurde durch die Gleisanlagen beansprucht. Zwischen den Gleisfächern und Verladerampen wurden verschiedene Bahnhofsgebäude und Lagerschuppen errichtet, die z.T. noch heute existieren. Auf dem Gelände befinden sich aktuell ca. 70 Gebäude mit einer überbauten Grundfläche von insg. ca. 51.200 m². Auf dem gesamten Areal befinden sich drei aktive Schrottverwertungsbetriebe, verschiedene Lagerhäuser, Speditionen, Großhändler, Werkstätten und eine Tankstelle.

Die Fläche liegt im Neckartal, ca. 400 m östlich des Neckars. In einer Vielzahl von technischen Erkundungsmaßnahmen in diesem Bereich sind folgende geologischen Verhältnisse beschrieben. Unter einer ca. 2,5 m mächtigen anthropogenen Auffüllung aus bindigem Bodenmaterial mit stellenweise Bauschutt- und Schlackeanteilen folgen quartäre Flussablagerungen des Neckars. Unter Auelehm und Neckarkies in ca. 7-8 m Tiefe folgen die Ton- und Schluffsteine des Gipskeupers (km1). Das erste relevante Grundwasserstockwerk wird vom Neckarkies gebildet. Der Grundwasserflurabstand beträgt im Mittel ca. 3,6 m, die Grundwasserfließrichtung ist nach Westnordwest gerichtet.

Das Güterbahnhofsareal war Ziel von mehreren Bombenangriffen während des 2. Weltkrieges. Verschiedene Bombentreffer sind bekannt und im Kartenwerk der Stadt Stuttgart erfasst. Durch die vorhandenen Informationen ist beim Güterbahnhof Bad Cannstatt davon auszugehen, dass Bombenblindgänger ein Hauptproblem darstellen. Kleine Munitionsteile aus detonierten Munitionszügen etc. sind nicht zu erwarten. Damit sind nach jetzigem Kenntnisstand nicht detonierte Fliegerbomben der Schwerpunkt der Kampfmittelsuche.

Durchgeführte Arbeiten

Untersuchungsprogramm

Es wurde mit den beteiligten Ämtern einvernehmlich festgestellt, dass zwei geophysikalische Untersuchungsverfahren im Untersuchungsprogramm zu berücksichtigen sind:

- Magnetometer: Eisendetektor Modell EL 1302A und EVA 2000, Messungen durch den KMBD, Eindringtiefe ca. 5 m
- Elektromagnetik: TDEM (Time Domain Elektromagnetik) Verfahren, Messung durch Geohydraulik DATA, Mainz, Eindringtiefe bis max. 10 m.

Einschränkend für beide Systeme ist der vorhandene Störstoffanteil in der Auffüllung. Dabei soll überprüft werden, in welchem Umfang die Systeme durch die in der Auffüllung vorhandenen Metallteile beeinträchtigt werden.

Es wurde folgendes Untersuchungsprogramm durchgeführt:

Zunächst Anlegen von 10 Testfeldern und Messungen mit unterschiedlichen geophysikalischen Systemen. Durch schrittweise Vertiefung der Testfelder soll die geeignete Messebene ermittelt werden. Gleichzeitig werden durch diese Vorgehensweise Untergrundaufschlüsse geschaffen, die für bestimmte Bereiche repräsentativ sind. Dadurch werden auch Aussagen über die Belastungssituation des Aushubmaterials ermöglicht.

Testfelder

Für die Gesamtfläche von ca. 22 ha wurden 10 Testfelder mit einer Grundfläche von 10 x 10 m hergestellt. Diese wurden soweit möglich gleichmäßig über die Fläche verteilt. Dabei wurde bei der Auswahl auf bekannte Bombentrichter, Blindgänger aber auch Leitungsverläufe geachtet. Die Erdarbeiten zur Anlegung der Testfelder wurden durch eine Erdbaufirma ausgeführt. Die Leistungen sollten sowohl die Erdarbeiten als auch die Entsorgung des Aushubs einschließlich Wiederverfüllung umfassen. Die Testfelder wurden dahingehend für die Messungen vorbereitet, dass die Oberflächenbefestigung samt Unterbau entfernt wurden. Weiter wurden, soweit in einem ersten Schritt sinnvoll, möglichst alle Gebäudereste wie Fundamente etc. entfernt. Die Testfelder wurden nach Lage durch den KMBD mittels GPS eingemessen.

Auf diesen Testfeldern erfolgte dann eine Datenaufnahme. Nach Auswertung der Ergebnisse vor-Ort durch den KMBD wurde entschieden, ob ein weiterer schichtweiser Aushub (0,5 m-Schritte und Datenaufnahme) durchzuführen war.

Messungen

Magnetometer

Die Messungen wurden durch ein Differenz-Magnetometer der Fa. Vallon am 06. und 07.09.2006 durch den KMBD vorgenommen. Die Modellbezeichnung des Magnetometers ist EL 1302A. Die Messwerterfassung und Auswertung erfolgte durch einen Feldcomputer (VFC1) der Fa. Vallon und die Auswertesoftware EVA2000. Mit diesem System werden routinemäßig vom KMBD Kampfmittelsuchen durchgeführt.

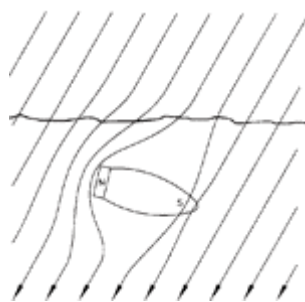
Das Messprinzip ist wie folgt (entnommen aus der Produktbeschreibung der Fa. Vallon, Eningen u.A.): Das Magnetfeld der Erde ist hinsichtlich Feldstärke und Feldstärkenrichtung homogen. Wird nun ein ferromagnetischer Störkörper in dieses homogene Feld gebracht, so überlagert das Eigenfeld des Störkörpers das örtliche Magnetfeld der Erde. Man spricht hier von der Verzerrung des Erdfeldes. Mit zunehmender Entfernung von diesem Störkörper nimmt das Maß der Verzerrung wieder ab.

Das Ausmaß der Feldverzerrung hängt von mehreren Faktoren ab. Die wichtigsten sind die Größe des zu ortenden Objektes und dessen Permeabilität. Je größer das zu ortende Objekt ist, desto größer ist auch die Entfernung, aus der es noch zu lokalisieren ist.

Ist das Objekt im Boden aufmagnetisiert, d. h. hat es ein eigenes Magnetfeld, reagieren die Feldlinien entsprechend der Polarität des Körpers.

Der Nordpol des Objekts verdrängt die Erdfeldlinien, während der Südpol des Objekts die Feldlinien anzieht.

Die Gesamtstörung ist meistens größer als bei Objekten ohne Eigenfeld, kann aber in seltenen Fällen auch kleiner sein, je nach Lage des Objektes. Daraus folgt, dass man mit Hilfe eines Detektors, der es gestattet, Verzerrungen des an sich homogenen magnetischen Erdfeldes anzuzeigen, in der Lage sein muss, verborgenen Eisenteile aufzuspüren. Für diese Aufgabe eignet sich vorzugsweise ein magnetischer Feldstärkendifferenzmesser. Bei einem solchen Gerät werden zwei Magnetfeldsensoren geometrisch exakt fluchtend in einem vorgegebenen Abstand voneinander angeordnet und elektrisch so geschaltet, dass die am Ort der beiden Sensoren abgefühlte magnetische Feldstärke dann eine Ausgangsspannung Null ergibt, wenn die auf die Sensoren einwirkende Feldstärke an beiden Orten gleich groß ist. Das ist im homogenen Erdfeld der Fall. Verzerrungen des erdmagnetischen Feldes aber, die durch das zu



lokalisierende Eisenteil hervorgerufen werden, wirken sich so aus, dass das am Ort der beiden Sensoren einwirkende magnetische Feld nicht mehr die gleiche Größe und Richtung hat. Die Messanordnung erzeugt dann eine Spannung, die proportional der Feldstärkedifferenz ist. In Verbindung mit einem Feldcomputer können die durch die Spannung erzeugten Signale erfasst und mittels Auswertesoftware verarbeitet werden.

Die Messwertaufnahme erfolgt durch systematisches Ablaufen einer Fläche im Abstand von jeweils 0,5 m (sog. Spuren). Danach erfolgt eine Auswertung mittels EVA2000 und Darstellung der Ergebnisse in Feldkarten.

Elektromagnetik: Messungen Geohydraulik Data mit TDEM

Die geophysikalische Messungen wurden mit dem Time Domain Elektromagnetik (TDEM)-Verfahren von der Firma Geohydraulik Data GdB, Körnerstr. 2 in 55120 Mainz durchgeführt. An zwei Tagen (06. und 07.09.2006) wurde parallel mit der sogenannten Zeitbereichselektromagnetik für die Metallkörper- und Kampfmittelortung gearbeitet. Nach Angaben der Fa. Geohydraulik Data ist eine Detektion von potenziellen Bombenblindgängern bis zu einer Tiefe von max. 10-15 m unter Geländeoberfläche möglich. Dabei wird als Vorteil eine geringe Beeinflussung durch oberflächennahe Störkörper (Bauschutt, leitfähiger Oberboden, bewehrte Betonplatten, Leitungen, Zäune etc.) angeführt. Auf der anderen Seite wird ein hohes Auflösungsvermögen benannt. Das Messprinzip ist wie folgt (entnommen aus der Broschüre der Fa. Geohydraulik Data): Das TDEM ist eine oberflächengeophysikalische Tiefensondierungsmethode. Ein TDEM-System besteht aus einer Sender-Empfänger-Spule (SES), einer Steuereinheit, die zur Signalgenerierung und

Signalantwörterfassung benötigt wird, sowie einem integrierten PC zur Datenerfassung und Speicherung. Bei einer TDEM-Untersuchung im Flächenraster wird an jedem Sondierpunkt die vertikale Verteilung der elektrischen Untergrundeigenschaften ermittelt. Die Verteilung der Empfangsspannungen wird innerhalb sogenannter Zeitscheiben dargestellt, die ein Maß geben für eine relative Tiefenabschätzung. Dabei erzeugen jeweils nahe Metallkörper lateral begrenzte hohe Spannungen, entferntere Metallkörper und leitfähigere Untergrundbereiche mittlere Spannungen und ungestörte geringleitfähige Bereiche schwache Spannungen.

Das von der Steuereinheit generierte Signal in der Sender-Empfänger-Spule erzeugt ein primäres elektromagnetisches Feld, das im Untergrund Wirbelströme anregt. Diese verursachen ein sekundäres elektromagnetisches Feld, welches durch die SES detektiert wird. Die Intensität des sekundären elektromagnetischen Feldes zu einem Zeitpunkt ist von der elektrischen Leitfähigkeitsverteilung im Untergrund abhängig. Mit zunehmender Zeit breiten sich die Wirbelströme sowohl tiefer als auch lateral in den Untergrund aus („smoking rings“). Somit erfassen zeitlich früh registrierte Signale oberflächennahe Bereiche und die später registrierten Signale generell tiefere Bereiche.

Mit anderen Worten heißt dies, dass bei dem TDEM-Verfahren über eine Sende-Kabelschleife (Loop) ein gepulstes primäres Magnetfeld erzeugt wird, das im Untergrund insbesondere in Metallkörpern Wirbelströme induziert. Diese verursachen wiederum ein sekundäres Magnetfeld, das in derselben, nunmehr als Empfangsantenne verwendeten Kabelschleife als Spannung in ihrem zeitlichen Verlauf gemessen wird (transiente Spannungen). Mit fortschreitender Zeit werden dabei zunehmende Tiefenwirkungen registriert.

An jedem Meßpunkt wurde eine komplette Tiefensondierung unter Speicherung von 32 transienten Spannungswerten durchgeführt. Das eingesetzte TDEM 2000 System von BISON verfügt dazu über 32 Kanäle mit 96 wählbaren Zeitbereichen. Die Zeit für die zyklische Stromabschaltung beträgt weniger als eine Mikrosekunde. Die Messungen wurden mit einer speziellen Raumantenne im Flächenraster durchgeführt. Das Raster wurde dabei im Meterabstand gewählt, d.h. pro Testfeld wurden ca. 100 Messpunkte festgelegt und gemessen. Die Ergebnisse werden ebenfalls in Feldkarten dargestellt.

Ergebnisse

Untergrundverhältnisse

In allen Schürfen wurde im oberflächennahen Bereich Auffüllung bestehend aus bindigem Bodenmaterial angetroffen. Diese Auffüllung weist in der Regel einen geringen Anteil an Bauschutt, Ziegel oder Schlacke auf und ist als umgelagertes Keupermaterial mit z.T. Sandsteinbrocken, z.T. Schluffsteinen oder Tonsteinen von roter, grauer, grünlicher Farbe anzusprechen.

In Tiefen zwischen 1,5 und 2,5 m wurden die quartären Ablagerungen des Neckars angetroffen.

Dabei handelt es sich um schluffige Auelehme mit unterschiedlichem Anteil an organischer Substanz.

Ergebnisse der geophysikalischen Messungen

Ergebnisse Messungen KMBD (Magnetometer)

Folgende Ergebnisdarstellung wurde durch den KMBD vorgenommen:

„Am 06. und 07.09.2006 wurden auf dem oben genannten Grundstück durch den Kampfmittelbeseitigungsdienst auf den festgelegten 10 Testfeldern eine Suche mit Gradiometer (entspr. Magnetometer, Anm. Verfasser) durchgeführt. Die Suche wurde computerunterstützt aufgenommen, ausgewertet und ausgedruckt.

Die Suche mit Gradiometer und Auswertung wurde durch Fundamente, Leitungen, Gleise, Gleisschotter, Auffüllungen, Zäune, Gebäude und Metallpfiler erschwert. Die Auswertung der Testflächen ergab unterschiedliche sondierbare Tiefen. Mit Hilfe eines Baggers wurden die Störkörper in den Testfeldern beräumt. Munition oder Munitionsteile wurden nicht gefunden.“

Entsprechend der Ergebnisse für die einzelnen Testfelder ergeben sich unterschiedliche sogenannte Störfeldgrenzen d.h. aus den dort dargestellten Tiefen ist nach Entfernung der Auffüllung die Tiefensondierung mit Magnetometer möglich und zielführend.

Ergebnisse Messungen Geohydraulik Data (Elektromagnetik)

Folgende Ergebnisdarstellung wurde durch die Fa. Geohydraulik Data vorgenommen:

„Die Anomalien, die auf oberirdisch sichtbare Metallgegenstände zurückzuführen sind, wurden in der Auswertung entsprechend berücksichtigt und sind in den Anomalienplänen bezeichnet. Bei den unbekanntem Objektlagen (UOL) in den Testfeldern T3 und T2 handelt es sich um größere metallische Körper in mittlerer Tiefenlage (ca. 2-4 m u.GOK). Im Bereich des Testfeldes T4 wurden größere bodenbedingte Anomalieflächen ausgewiesen. Nach abziehen der dortigen Schlacken-Einlagerungen konnten auf dem Testfeld keine größeren Anomalien mehr festgestellt werden. Die UOL im Bereich des Testfeldes Nr. 10 sind durchweg klein und oberflächennah. Alle anderen Bereiche der Untersuchungsflächen können somit bis in eine Tiefe von ca. 6 m u. GOK als frei von größeren Metallkörpern angesehen werden.“

Bei gezielten Nachgrabungen konnten die UOL in Testfeld 2 als Eisenbahnschienen identifiziert werden. Die UOL in Testfeld 3 wurde auf eine gusseiserne Abwasserleitung zurückgeführt. Im Gegensatz zu den Messungen mit Magnetometer sind die unterschiedlichen Störfeldgrenzen hier mit Ausnahme von den Testfeldern T1 und T3 oberflächennah (entsprechend der vorbereiteten Testfelder ca. 0,6-1 m Tiefe). Laut Aussage der Fa. Geohydraulik Data wären Messungen von der ursprünglichen Oberfläche unter Belassung der Oberflächenbefestigung möglich.

Ergebnisse Entsorgung Testfeldaushub

In nachfolgender Tabelle 1 sind die im Zuge der Testfelderstellung angefallenen Aushubmassen dargestellt.

Zuordnung nach LAGA	Menge in [t]
Beton, unbelastet	262,16
Asphalt, teerhaltig	107,81
Boden Z1.2	383,72
Boden Z2	780,0
Bauschutt Z2	846,6
Gleisschotter >Z2	282,78

Table 1: Entsorgte Aushubmassen

Entsprechend der Zuordnungswerte nach LAGA sind mit Ausnahme der aus Fundamenten etc. bestehenden Fraktion Beton nur belastete Materialien angetroffen worden. Besonders die Stoffgruppe der PAK war für die Belastung verantwortlich. Untergeordnet waren aber auch Schwermetalle in größeren Konzentrationen nachzuweisen.

Bewertung Vorbemerkung

Entsprechend der im Baugesetz genannten Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse sind bei der Neubebauung von potenziellen Risikoflächen angemessene Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen. Weiter ist bei der Vermarktung von Flächen mit vorhandenem Kampfmittelverdacht von einem monetären Mindererlös auszugehen. Dieser begründet sich aus nicht genau zu benennenden, zusätzlichen technischen Maßnahmen bei der Neubebauung.

So ist die Kampfmittlräumung einer Fläche, auf der zukünftig eine höherwertige Nutzung geplant ist zum einen eine vom Gesetzgeber geforderte Maßnahme zur Sicherstellung der gesunden Wohn- und Arbeitsverhältnisse und zum anderen eine Maßnahme, die der Vermarktungschance der Fläche dient und letztlich die Inwertsetzung einer Fläche nachhaltig befördert. Damit ist die grundsätzliche Erfordernis von Maßnahmen zur Kampfmittlräumung im Fall des REVIT-Projekts unumstritten.

Auf dem Areal sind Untergrundverunreinigungen bekannt, die aufgrund der langjährigen altlastrelevanten Nutzung im oberflächennahen Bereich großflächig festgestellt wurden. Jegliche Eingriffe in den Untergrund sind somit mit Aushub verbunden, der in der Regel nicht wieder eingebaut werden kann. In der Folge ist damit belastetes Material zu entsorgen und eine Wiederverfüllung mit unbelastetem Fremdmaterial einzuplanen.

Damit sind die Ziele der hier vorgestellten Maßnahmen genau umrissen: es soll ein Verfahren zur Detektion von Kampfmitteln im Untergrund identifiziert werden, das bei den angetroffenen örtlichen Verhältnissen mit begrenztem Aufwand (hier Erdbewegungen) eine möglichst sichere Aussage zur Kampfmittelfreiheit ermöglicht. Dazu soll das Verfahren auch vom eigentlichen Messaufwand (Zeitaufwand, Vorbereitung der Fläche, Randbedingungen) seine Eignung beweisen.

Bewertung der beiden Messverfahren

Der Aufwand zur Messung einer bestimmten Fläche ist bei den Systemen unterschiedlich. Die Testfelder wurden parallel an zwei Tagen gemessen. Danach ist der Zeitaufwand für die eigentliche Messwertaufnahme beim System Elektromagnetik etwa drei- bis fünfmal so hoch wie beim System Magnetometer. Nach Auskunft des KMBD sind Tagesleistungen von 5.000 m² bis max. 10.000 m² bei vorhandener Einmessung samt Fixpunkten möglich (Personalbedarf zwei Mann), beim System Elektromagnetik sind dagegen ca. 1.000 m² realistisch (Personalbedarf zwei Mann).

Die beiden Messmethoden sind hinsichtlich der Aussagekraft zwar vergleichbar, jedoch bestehen beim Verfahren der Elektromagnetik Einschränkungen hinsichtlich Auflösung bei der Detektion von Metallteilen. Dies ist aufgrund der im vorliegenden Fall im Vordergrund stehenden Detektion größerer Kampfmittelteile von geringerer Bedeutung. Insgesamt ist aber die erzielte Sicherheit mit dieser Methodik geringer einzustufen als mit der Methodik Magnetometer.

Auf der anderen Seite sind mit dem System der Elektromagnetik Messungen auch im Bereich mit vorhandenen Störquellen (z.B. seitlich liegende größere Metallteile, kleinere Metallteile oberflächennah, verbliebene Fundamente, Gleisschotter etc.) möglich. Messungen mit Magnetometer sind nur nach Entfernung der Störquellen aussagekräftig. Die Ergebnisse sind dann allerdings mit hoher Sicherheit verbunden. Demnach ergibt sich für Messungen mit Magnetometer ein höherer Arbeitsaufwand, hier Erdarbeiten zur Durchführung der Messung, der aber auch mit einer hohen Sicherheit und Verlässlichkeit der Ergebnisse einhergeht. Demgegenüber sind Messungen mit Elektromagnetik ohne Probleme von der jetzigen Oberfläche bei den angetroffenen Verhältnissen durchführbar, beinhalten aber gewisse Einschränkungen bei der Aussagesicherheit.

Kriterium	Magnetometer	Elektromagnetik
Zeitaufwand Messung	+	-
Erforderliche Vorarbeiten (Beseitigung Störquellen/ Aushub)	-	+
Aussagekraft/ Genauigkeit	+	0

Tabelle 2: Matrix zur Bewertung der beiden Messverfahren.

Schlussfolgerungen

Aufgrund der festgestellten Störfeldgrenzen (hier bezogen auf Magnetometermessungen) und der derzeitigen Nutzungssituation lassen sich Teilflächen ausweisen, die beide Informationen beinhalten und einen Ansatz zur Typisierung bei der Kampfmittelräumung darstellen. Die Störfeldgrenzen aus den Testfeldern sind dabei auf größere Teilflächen übertragen und die Nutzung

bzw. derzeitige Situation soweit möglich ebenfalls auf Teilflächen bezogen.

Bei der Ableitung der durchschnittlichen Aushubtiefen für die jeweiligen Flächentypen wurden folgende Faktoren berücksichtigt

- Die historische Entwicklung der Fläche
- Ergebnisse der Bausubstanzuntersuchungen einzelner Gebäude im Zusammenhang mit der Rückbauplanung;
- Ergebnisse aus der Untersuchung der Testfelder.

Es lassen sich 6 Flächentypen unterscheiden, die hinsichtlich Störfeldgrenze und weiteren Informationen durch bestimmte Aushubtiefen bei Räumung mit Magnetometer zu charakterisieren sind. Letztendlich sind diese Merkmale zur Entscheidungsfindung hinsichtlich geeigneter Methodik heranzuziehen. Neben Flächentypen, die hinsichtlich Kampfmittelräumung einen nur geringen Aufwand bei der Vorbereitung zur geophysikalischen Messung erfordern sind auch Flächentypen zu identifizieren, die aufgrund von Bebauung oder weiteren tiefreichenden Störstoffen mit einem erheblichen Aufwand für eine geophysikalische Messung vorbereitet werden müssen. Der Aufwand bezieht sich dabei auch auf die daraus resultierenden hohen Entsorgungskosten.

Szenarien zur Kampfmittelräumung

Werden die oben aufgezeigten Methoden und daraus abgeleiteten Flächentypen zur Betrachtung von einzelnen Szenarien zur Kampfmittelräumung der Gesamtfläche herangezogen, ergibt sich folgendes Bild:

Szenario	Anteil geräumte Fläche in [%]	Notwendiger Aushub, ca. in Tsd [t]	Aussagesicherheit
1	100	690	Sehr hoch
2	80	274	Bereichsweise sehr hoch, bereichsweise mittel
3	60	469	Bereichsweise sehr hoch, bereichsweise bleibt Verdacht
4	60	73	Bereichsweise mittel, bereichsweise bleibt Verdacht

Tabelle 3: Überblick über Szenarien

Es wird deutlich, dass eine Kampfmittelräumung der Gesamtfläche unter Erzielung einer hohen Aussagesicherheit mit unverhältnismäßig hohem Aufwand verbunden ist. Die aus den vier Szenarien zu ermittelnden Kosten liegen zwischen 2,1 Mio € (Szenario 4) und 18 Mio € (Szenario 1).

Literatur

Bundesrepublik Deutschland: Baugesetzbuch, Stand vom 05.09.2006.

Landeshauptstadt Stuttgart Sprengbomben, andere Kampfmittel-Altlasten und deren Beseitigung in Stuttgart 1945 – 1998, Landeshauptstadt Stuttgart, Schriftenreihe des Amt für Umweltschutz – Heft 7/1998.

Ertel, Th., Koning, E., Bärlin, M., Schug, B.: Flächenmanagement und Liegenschaftsrecycling, Terra Tech 11/06

GEOCON-AER GmbH, 2006 Stuttgart: Untersuchungen zur Kampfmittelproblematik auf dem Gesamtareal des ehem. Güterbahnhofsareals in 70372 Stuttgart - Bad Cannstatt, unveröffentlicht