

# Sind Kampfmittel bei grabenlosen Verfahren ein Risiko?

Von Sören Herschel und Günter Gruber

*Durch die Kriegsgeschehen während des Zweiten Weltkriegs wurde Österreich – genau wie Deutschland – mit Kampfmitteln schwer belastet, wodurch Blindgänger und/oder unsachgemäß entsorgtes Kriegsmaterial aus dem Luft- und Bodenkrieg gefährliche Spuren hinterlassen haben. Sprengstoffalterung und Einwirkungen durch Feuchte, Energie usw. tragen zur Brisanz dieser seit über 70 Jahren im Boden befindlichen Rückstände zusätzlich bei (**Bild 1**). Gesetze und Normen geben einen Weg vor, um allen Baubeteiligten bestmögliche Sicherheit zu ermöglichen. Dieser Fachbeitrag zeigt die Situation aus dem Blickwinkel der grabenlosen Verfahren.*

Im Verlaufe von Kriegen und bewaffneten Auseinandersetzungen kommt es zum massenhaften Einsatz unterschiedlicher und vielfältiger Waffen und Munition, von denen ein Teil nicht, wie vorgesehen, zur Wirkung gelangt und als Blindgänger auf dem Schlachtfeld zurückbleibt. Ein weiterer Teil von Munition verbleibt infolge der Dynamik von Gefechten, ohne jemals in Anwendung zu kommen, in Stellungen, in zerstörter Technik, in Felddepots o.ä. Am Ende eines Krieges, in der Regel ein Zustand des absoluten Chaos verbleiben Waffen und Munition wo sie gerade sind also wiederum in Stellungen, Depots usw. Dadurch und durch den Einsatz von Abwurfmunition außerhalb des Frontverlaufes, z. B. gegen Industrieanlagen, Verkehrsknotenpunkten oder Ansiedlungen der Zivilbevölkerung, ist mit dem Vorkommen von Fundmunition nicht nur in den unmittelbaren Kampfgebieten, sondern fast immer im gesamten von einem Krieg betroffenen Land zu erwarten. Da diese Fundmunition immer eine Gefährdung darstellt, wird bereits während des Krieges mit deren Beseitigung begonnen. Ausgeführt werden diese Tätigkeiten von Spezialisten mit dem Ziel, weitere Kampfhandlungen, logistische Aufgaben, die

Produktion in der Industrie oder das Leben der Zivilbevölkerung gefahrloser zu gestalten. Diese Zielsetzung besteht erst für die Kampfmittelbeseitigung nach Beendigung eines Krieges. Ausgeführt werden diese Tätigkeiten auch jetzt überwiegend von Spezialisten des Militärs, aber auch von gewerblichen Unternehmen.

Die Vorgehensweise ist international ebenso unterschiedlich und reicht von der systematischen Absuche des gesamten Landes über die Absuche von Gelände vor der Aufnahme von Bauarbeiten bis zur bloßen Gefahrenabwehr.

## Kampfmittel in Österreich

Grundsätzlich fand während des Zweiten Weltkriegs in ganz Österreich der Abwurf von Bomben statt, jedoch waren die Einsatzgebiete in Ballungszentren, Industrieanlagen, Verkehrswege, Brücken und Eisenbahnanlagen am häufigsten. Bis zum Kriegsende wurden weit über 3.000 Luftangriffe geflogen. Bei diesen Luftangriffen wurden etwa 120.000 Tonnen Bomben aller Kaliber abgeworfen. Daraus lässt sich schließen, dass etwa 550.000 Stück Bomben abgeworfen wurden. Im Mittel



**Bild 1:** Kampfmittelfunde



über die Kriegsjahre gerechnet gingen etwa 15 % aller abgeworfenen Bomben blind. Ein Teil dieser Blindgänger wurde unmittelbar nach den Angriffen entschärft und entsorgt, ein weiterer Teil wurde bei nachfolgenden Bombenangriffen zur Explosion gebracht, seit dem Kriegsende werden immer wieder weitere gefunden, entschärft und entsorgt, jedoch die restlichen Bombenblindgänger, etwa 6 % liegen heute noch immer – zu allermeist – unbekannt im Boden. In den Jahren 2013 bis 2015 wurde das Bundesministerium für Landesverteidigung und Sport (Entminungsdienst) zu 3.275 Fund- und Wahrnehmungsmeldungen verständigt, hierbei wurden in Österreich insgesamt 108.355,85 kg Kampfmittel geborgen, die Zahl der entschärften Bombenblindgänger beträgt 69 Stück.

### Wovon geht die Gefahr aus?

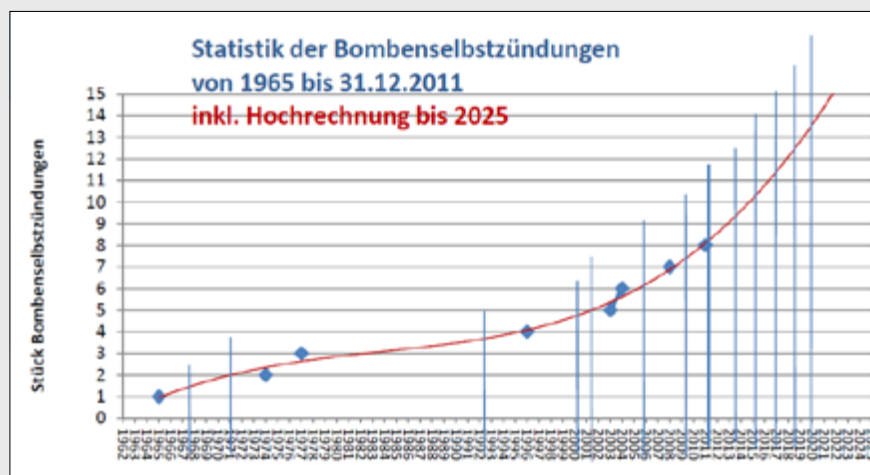
Zunächst muss man die Gefahr zwischen Fundmunition und Blindgänger und dessen Zündsystemen unterscheiden. Fundmunition ist Munition, die nicht ununterbrochen verwahrt, überwacht oder verwaltet worden ist. Blindgänger sind Kampfmittel, die scharf, zündfertig, entschert oder auf andere Weise zum Einsatz bereitgemacht und so verschossen, abgeworfen, katapultiert, geworfen oder verlegt wurden, dass sie eine Gefahr für die militärischen Kampfhandlungen, Anlagen, Kräfte oder Material darstellen und die aufgrund eines Versagens oder gewollt oder aus sonstigen Gründen nicht zur Wirkung gelangten.

Hierbei gilt im Grundsatz, dass eine potenzielle Gefahr von einem Blindgänger erheblich größer ist als von Fundmunition. Kampfmittel verlieren im Laufe der Zeit ihre Gefährlichkeit nicht. Durch Alterung und Korrosionseinwirkung kann sich die Gefährlichkeit von Fundmunition und Blindgängern noch erhöhen (Selbstentzündung) (**Bild 2**). Unfälle, die beim Umgang mit Fundmunition/Blindgängern auftreten können, wirken sich meist tödlich oder mit schwerwiegenden Verletzungen aus. Wenn sich ein mit Explosivstoff gefüllter Munitionskörper durch Detonation umsetzt, so ist in erster Linie mit einer erheblichen Splitter- und Sprengwirkung zu rechnen.

### Ermittlung der Gefahren

Aus der Sorte der Munition lässt sich direkt auf die zu erwartende Verletzungsgefahr schließen, z. B.

- » Pioniermunition, Hand-, Gewehr- und Panzerfaustgranaten,
- » Munition für Handwaffen und Maschinengewehre (Pistolen-, Gewehr- und Maschinengewehrmunition < 12,7 mm,
- » Rohrwaffenmunition (Panzer-, Artilleriemunition) mit je nach Sorte relativ hohem Explosivstoffanteil und Gefahrerhöhung durch Zünder,
- » Werfer-, Mörsermunition (je nach Sorte relativ hoher Explosivstoffanteil und Gefahrerhöhung durch Zünder),



**Bild 2:** Statistik der Bombenselbstentzündung von 1965 bis 31.12.2011, inklusive Hochrechnung bis 2025

- » Flugkörper/Raketen (relativ hoher Explosivstoffanteil im Gefechtskopf und Gefahrerhöhung durch verschiedene Zündsysteme),
- » Abwurfmunition (Spreng-, Splitter-, Brandbomben) (hoher bis sehr hoher Explosivstoffanteil und Gefahrerhöhung durch Zünder verschiedener Ausführungen).

Grundsätzlich besteht eine Gefahr durch:

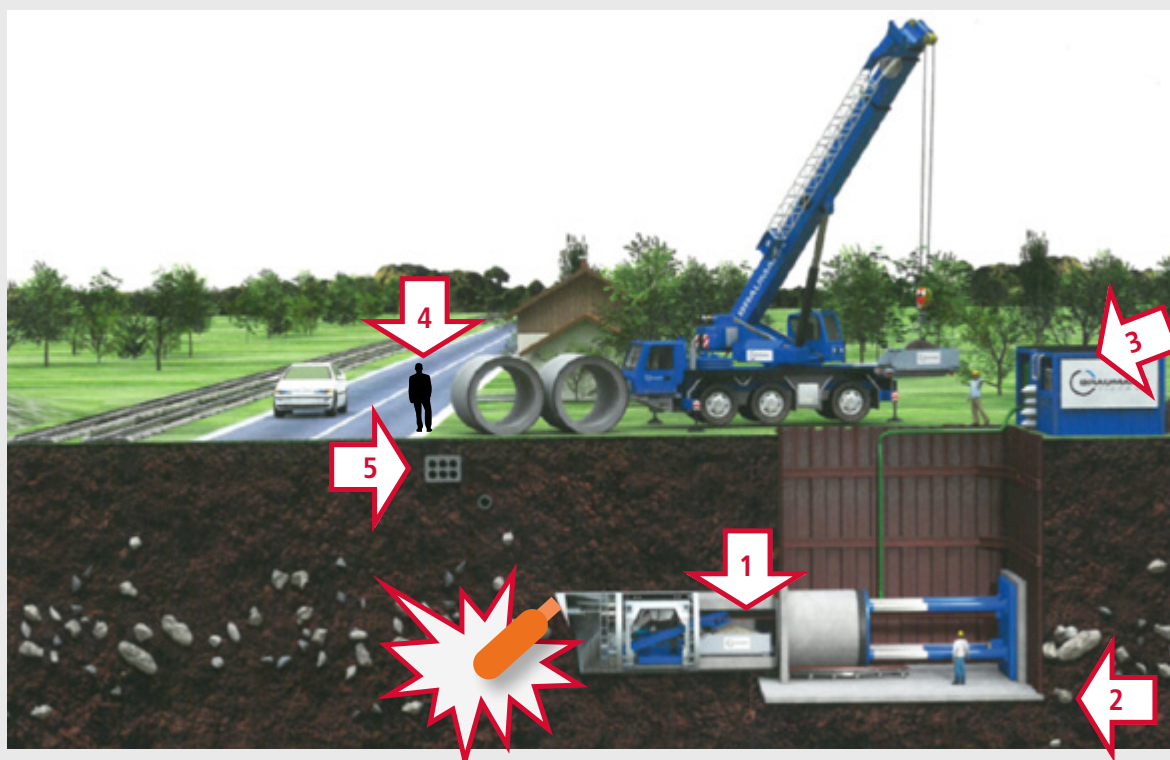
- » Explosionsdruck,
- » Splitterflug,
- » Feuer-, Hitze- bzw. Brandwirkung,
- » Vergiftung oder Verätzung durch chemische Kampfstoffe und Gefahrstoffe (z. B. Kampf-, Nebel-, Spreng-, pyrotechnische Stoffe und Treibsätze),
- » Umgebungszerstörung bei Umsetzung (Zerstörung von Gasleitungen, Bewegung von Erdmassen, umherfliegende Steine oder Bauteile).

In Abhängigkeit von den gefährlichen Eigenschaften und der Wirkungsmechanismen der Stoffe kann entweder schon bei kurzfristiger Exposition (z. B. mit Kampfstoffen) oder bei häufiger oder länger andauernder Exposition eine chronische Schädigung bestimmter Organe (z. B. chronische Schädigungen von Haut und Schleimhäuten, krebserzeugende, erbgutschädigende, fruchtbarkeitsgefährdende Wirkungen, Blutbildveränderungen und dergleichen) eintreten.

### Ermittlung der Explosionswahrscheinlichkeit

Die Explosion des Kampfmittels (sowie auch die Exposition gegenüber den aus dem Kampfmittel stammenden Gefahrstoffen) ist im Wesentlichen abhängig von

- » der Art und Sorte des Kampfmittels,
- » den verwendeten Zündsystemen,
- » dem Erhaltungszustand der Umhüllungen, und
- » dem Erhaltungszustand der Inhaltsstoffe.



**Bild 3:** Gefährdung auf der Baustelle

(1) Maschinenfahrer

(2) Bediener in/an der Startgrube  
(unterirdische Verbindung!)

(3) Kontrollpersonal oberirdig

(4) Anwohner / Passanten

(5) Systemeinsbauten / Infrastruktur

Die Abschätzung des zu erwartenden Erhaltungszustandes der Munition kann anhand des Kampfmittelinventars bzw. der Erkenntnisse aus der historischen Erkundung nachfolgenden Kriterien erfolgen:

- » Alter der Munition in Zusammenhang mit der Werkstoffart und -qualität,
- » der Bauart,
- » Art der Einbringung (Verschuss, Vergrabung, Stapelsprengung und dergleichen),
- » Liegezeit im Boden, im Wasser, an der Erdoberfläche,
- » Physikalisch-chemische Verhältnisse im umgebenden Medium z. B.
  - Boden: Kies, Humus, Moor,
  - Wasser: Süßwasser, Salzwasser, Moorwasser.

Ein weiterer Faktor zur Ermittlung der Explosionswahrscheinlichkeit ist die Bewertung der Auswirkung von Veränderungen der Lagerungsbedingungen, z. B. der Temperatur, Feuchtigkeit, Sonneneinstrahlung.

Fazit ist jedoch, dass im Zuge des Alters sowie durch die Schlag- und Reibungsempfindlichkeit der Kampfmittelfüllungen es immer wieder zu Selbstentzündungen kommt.

### **Selbstdetonation – Selbstentzündung**

Aus durchgeführten Untersuchungen wurde die Schlussfolgerung abgeleitet, dass beim Auffinden von Bom-

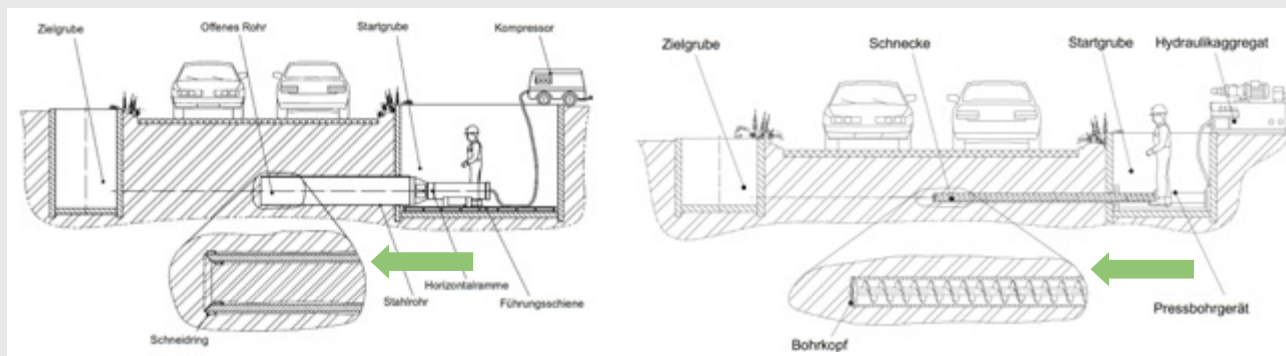
benblindgängern mit Langzeitzündern grundsätzlich mit versprödeten Celluloidkörpern zu rechnen ist und die Bomben größtenteils eine funktionsfähige Zündkette besaßen. Die Haltekraft des Celluloidkörpers ist dadurch nicht mehr gegeben und könnte bei der geringsten Belastung, z. B. durch Krafteinwirkung oder Bewegung, zur Auslösung der Zündkette führen.

### **Gefahrenpotentiale in der grabenlosen Praxis**

- Allen grabenlosen Verfahren ist gemein, dass
- » die Abbaustelle nicht eingesehen werden kann
  - » ein unterirdischer Hohlraum/Verbindung zu einer Startgrube besteht
  - » Personen nahe an/über der Abbaustelle sich befinden
  - » Personen sich an der Startgrube befinden
  - » mit dem Abbauwerkzeug direkt oder indirekt Energie auf den kritischen Körper übertragen wird
  - » durch den Abbau der Körper in der Lage unkontrolliert verändert oder
  - » unkontrolliert Kraft auf den Körper einwirkt

Das bedeutet, dass ein im Boden befindlicher Kampfmittelkörper mit dem Bohrwerkzeugen direkt oder indirekt beschädigt wird. Damit können die Auslöser aktiviert und somit ein Kampfmittel gezündet werden.

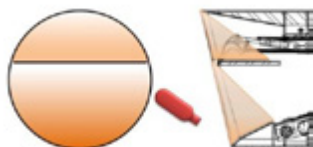




**Bild 4:** Ramm- und bohrvortrieb

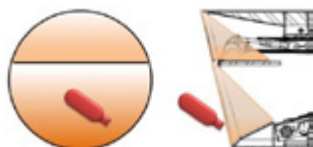
**Wie wird ein Körper angetroffen, wer ist gefährdet?**

**Außenliegend:** Der Kampfmittelkörper wird weder mit der Maschine noch mit dem Abbauwerkzeug direkt angetroffen – er liegt außerhalb des Ausbruchsquerschnittes.



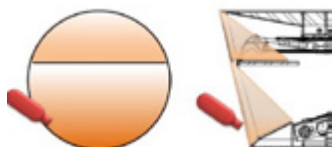
Der vorausseilende Druckpils, der durch das bei Lockerböden erforderliche Einpressen der Maschinenschneide in den Boden entsteht, wirkt auf den Kampfmittelkörper ein. Bodenbewegungen (Umlagerungen/Hebungen/Setzungen) können zu einer unbemerkten Lageänderung, Verformung oder zu einer kritischen Beanspruchung des Kampfmittelkörpers führen.

**Innenliegend:** Der Kampfmittelkörper wird im Ausbruchsquerschnitt angetroffen.



Aufgrund des bei Lockerböden erforderlichen Schüttkegels zur Vermeidung von Niederbrüchen sieht der Maschinenfahrer (oder sachkundige Organ an dieser Position) nur den bereits gelockerten und gelösten Boden. Der ungestörte Boden ist nicht einsehbar. Eine schichtweise Abtragung bzw. Vortastung wie es bei offenen Grabungsarbeiten unter sachkundiger Aufsicht möglich ist, ist hier nicht möglich. Der Kampfmittelkörper würde mit dem Lösen des Boden unkontrolliert und unbemerkt bewegt werden und erst erkennbar, wenn er aus dem Schüttkegel heraus ragt. Eine zusätzliche Gefahr besteht darin, dass mit dem Abbauwerkzeug (z. B. Zughacke) die Bombe unbemerkt beschädigt wird.

**Schneidend:** Der Kampfmittelkörper wird von der Maschine (Schneide, Zwischenbühne) direkt angetroffen und massiv durch die



Vortriebskraft beeinflusst. Aufgrund des anstehenden Schüttkegels ist das Antreffen für den Maschinenfahrer nicht erkennbar.

Dabei wird der Kampfmittelkörper zuerst in der Lage unkontrolliert - da für den Maschinenfahrer nicht erkennbar - verändert und dann massiv mechanisch beansprucht, bis dieser nach innen oder außen ausweicht, oder geteilt ist. Dabei können zum einen lokal sehr hohe Temperaturen entstehen die zur Zündung führen können oder durch die Zerstörung löst der empfindliche Zündmechanismus aus.

*Grundsätzlich gilt, dass ein Kampfmittelkörper vor der Identifikation nicht bewegt oder mechanisch beansprucht werden darf.* Bei den angeführten Tangierungsarten ist keine rechtzeitige Erkennung vor dem Antreffen durch den Maschinenführer oder anwesendem sachkundigem Organ möglich.

Daher muss auch bei grabenlosen Verfahren jeglicher Art eine für den Abbaubereich gültige Freigabe vorliegen, um die Sicherheit zu gewährleisten. Eine ledigliche Beobachtung der Ortsbrust wie beim offenen Aushub ist somit nicht sicher. **Bild 3** zeigt, welche Personengruppen besonders gefährdet sind. Selbst bei ferngesteuerten Verfahren ist zu beachten, dass nicht nur an der Kontaktstelle lokal Gefahr besteht, sondern durch den aufgefahrenen Tunnel auch an der Startposition.

**Technische Lösungen zur Kampfmittelerkundung**

**1. Computergestützte Oberflächensondierung**

Unter computergestützter Oberflächensondierung versteht man, dass Messwerte digital aufgezeichnet und gespeichert werden. Erkennbare Anomalien im Boden werden dabei mittels geeigneter Softwarelösungen erfasst, ausgewertet und dargestellt. Die Auswertung ergibt eine Dokumentation über Magnetfeldanomalien bzw. Störkörper in einem vorgegebenen Areal. Sie gibt Auskunft über Häufigkeit, Lage und Größe der detektierten Unregelmäßigkeiten und ermöglicht dadurch eine Aussage zu eventuell vorhandenen Kampfmitteln. Für die computergestützte Oberflächensondierung kommen

folgende Messverfahren zur Anwendung: Geomagnetik (passiv), Elektromagnetik (aktiv), Georadar (aktiv).

### **2. Oberflächensondierung mit Geomagnetik**

Die Geomagnetik ist die in der Kampfmittelsuche am häufigsten eingesetzte Technologie. Grundlage für die Geomagnetik ist die Existenz des Erdmagnetfeldes. Durch die Induktion im Erdmagnetfeld sind Objekte mit einem eigenen Magnetfeld umgeben. Dieses Magnetfeld überlagert sich mit dem normalen Erdmagnetfeld und erzeugt lokale Anomalien. Die Anomalie nimmt mit der Entfernung zum Objekt ab. Die Messbarkeit an der Oberfläche ist daher abhängig von der Größe, der Tiefenlage und vom magnetischen Moment des Objektes. Zu tief liegende Objekte können daher von der Oberfläche aus nicht erkannt werden. Üblicherweise kann mit dieser Methode das Äquivalent einer 250-kg-Bombe bis in Tiefen von 3 m bis 4 m detektiert werden. Bei der computergestützten Oberflächensondierung mit Geomagnetik ist eine durchgehende Datenaufzeichnung der aufgenommenen Sondersignale sicherzustellen. Das zu wählende Messraster ist abhängig vom Raumziel, d. h. von den erwarteten Objekten.

Durch die Auswertung werden die aufgenommenen Anomalien der Feldmessungen in farbigen Grafiken visualisiert. Somit kann auf die Belastung einer Fläche mit Störkörpern geschlossen werden. Die mit einer fortlaufenden Nummer benannten Störkörper werden georeferenziert (lokale oder absolute Koordinaten) und in einer Objektliste zusammengefasst. Mit Bearbeitungsvorschlägen für eine eventuell folgende Kampfmittelräumung versehen, ergibt sich daraus ein Abschlussbericht über die Sondierung. Im Regelfall wird dieses Verfahren unter Berücksichtigung der Einschränkungen als primäre Erkundungsmethode angewendet. Von der Definition des Raumzieles hängt der Einsatz allenfalls weiterer erforderlicher Maßnahmen ab. Bei der Oberflächensondierung mit Geomagnetik ist das Rauschen häufig der wesentliche limitierende Faktor für die Detektierbarkeit von Objekten und die Detektionsreichweite. Das Rauschen ist häufig auf ferromagnetische Anteile im Boden (z. B. Anschüttungen in Siedlungsgebieten, Bau- oder Ziegelschutt, Schlacken, Haus- und Gewerbeabfälle) zurückzuführen.

Das Rauschen kann auch durch andere Störquellen (z. B. Funksender, Oberleitungen, Fahrzeuge, Baumaschinen, elektrische Anlagen) erzeugt werden. Voraussetzung für die geophysikalische Detektion eines Objektes sind ein ausreichender physikalischer Kontrast zwischen dem gesuchten Objekt und seiner Umgebung, d. h. das vom gesuchten Objekt erzeugte Signal muss hinreichend größer sein als eventuell vorhandene Störsignale am Ort der Messung.

Vorhandene natürliche oder künstliche Hindernisse, die die Messdaten verfälschen könnten, sind entweder zu beseitigen oder die entsprechenden Gebiete sind von den Sondierarbeiten auszuschließen und anderweitig zu sichern.

### **3. Oberflächensondierung mit elektromagnetischer Pulsinduktion (Elektromagnetik)**

Das Pulsinduktionsverfahren (TDEM; en: Time Domain Electro-Magnetic) basiert auf der Grundlage der Induktion von Wirbelströmen in elektrisch leitfähigen Körpern. Durch das Einschalten des Sendepulses am Messgerät baut sich im Untergrund ein primäres elektromagnetisches Feld auf. Dieses Primärfeld induziert in elektrisch leitfähigen Körpern Wirbelströme. Beim Abschalten des Sendepulses brechen das Primärfeld sowie die Wirbelströme zusammen und bilden ein sekundäres elektromagnetisches Feld aus. Leicht verzögert bricht auch dieses Sekundärfeld zusammen. Der Verlauf des abfallenden Signals des Sekundärfeldes wird in der Pause zwischen zwei Impulsen gemessen und ausgewertet. Auf diese Weise wird festgestellt, ob im Untergrund elektrisch leitfähige Körper vorhanden sind.

Dieses Verfahren eignet sich zur Detektion oberflächennaher, metallischer Körper, die auch im Nahbereich von großen metallischen Störern, z. B. Spundwänden, liegen. Die Elektromagnetik ist für die Detektion von Kampfmitteln bis in Tiefen von maximal 2 m bis 3 m einzusetzen. Kleinere Objekte werden mit dem System in der Regel in größeren Tiefen detektiert als bei Messungen mit passiven magnetischen Systemen.

Messungen auf schrägen Flächen, wie z. B. Dammböschungen, führen zu einer falschen Abbildung der Messpunkte und somit zu falschen Ergebnissen. Ein präzises Messen entlang der Profillinie auf einer zu steilen Fläche kann nicht sichergestellt werden. Bei geophysikalischen Messungen ist das Rauschen häufig der wesentliche limitierende Faktor für die Detektierbarkeit von Objekten und die Detektionsreichweite. Bei elektromagnetischen Messungen für die Suche nach Bombenblindgängern ist das wesentliche Rauschen in Siedlungsgebieten auf häufig anzutreffende Ablagerungen mit metallischen Anteilen (z. B. Siedlungsschichten, Trümmerschutt, Bauschutt, Haus- und Gewerbeabfälle) zurückzuführen. Elektromagnetisch induzierte Störkörper beschränken sich dabei nicht nur auf Eisen- und Stahlteile, sondern umfassen elektrisch leitfähige Metallteile. Vorhandene natürliche oder künstliche Hindernisse, die Messdaten verfälschen könnten, sind entweder zu beseitigen oder die entsprechenden Gebiete sind von den Sondierarbeiten auszuschließen und anderweitig zu sichern

### **4. Oberflächensondierung mit Georadar**

Ein Verfahren zum Erkennen von Objekten im Untergrund ist das Georadar. Dieses Verfahren beruht auf der Messung physikalischer Kontraste, wobei diskrete Objekte als Anomalien, bezogen auf ihr Umfeld, erkannt werden können. Es handelt sich dabei um ein elektromagnetisches Pulsreflexionsverfahren, das auf der Ausstrahlung elektromagnetischer Impulse, deren Reflexion und Streuung an Schichtgrenzen und Objekten sowie der Messung der reflektierten Wellen beruht. Über die Laufzeiten und die Intensität der Reflexionen können Rückschlüsse auf die

Verhältnisse im Untergrund gezogen werden. Ursachen für das unterschiedliche Verhalten der Radarwellen, der Reflexionen und Diffraktionen sind die Unterschiede der Dielektrizitätskonstante und der spezifischen Leitfähigkeit an Schicht- bzw. Materialgrenzen.

Georadar (Bodenradar, engl. Ground Penetrating Radar GPR, Radio Echo Sounding RES) kann auch zur Kampfmittelsuche herangezogen werden. Es wird empfohlen, dieses Verfahren mit einem anderen Messverfahren, z. B. Geomagnetik, zu kombinieren.

Die Sondiertiefe wird durch die gewählte Frequenz sowie die elektromagnetischen Eigenschaften des Untergrunds bestimmt. Die Detektionstiefe ist zudem auch noch abhängig von Größe, Form und Lage des zu sondierenden Gegenstandes. Je höher die gewählte Frequenz, umso besser die Auflösung und desto geringer ist die Eindringtiefe in den Untergrund. Beeinträchtigt wird eine Untersuchung mit Georadar durch Reflexion am Grundwasserspiegel und durch Absorption bei elektrisch leitfähige Böden, wie Schluffe und Tone. Inhomogene Böden können eine Georadarsondierung soweit erschweren, dass ein Objekt je nach seiner Lage im Untergrund nicht mehr geortet werden kann. Unterhalb von Totalreflektoren (z. B. Grundwasserspiegel, Schlackeschichten, Bewehrungslagen) sind Aussagen über das Vorhandensein von Objekten kaum möglich.

#### **5. Oberflächensondierung ohne Datenaufzeichnung mit gleichzeitiger Verifizierung und Identifizierung der gemessenen Störwerte und Beräumung der erkannten Störkörper**

Es kommen die unter 2. und 3. beschriebenen Verfahren zum Einsatz, jedoch ohne Aufzeichnung von Messdaten. Diese Vorgangsweise wird gewählt, wenn aufgrund der großen Anzahl der zu erwartenden Objekte eine unmittelbare Beräumung zielführender ist oder aufgrund der topographischen Verhältnisse eine Datenaufzeichnung unwirtschaftlich ist. Es gelten die Einschränkungen, wie in 3. beschrieben.

#### **6. Computergestützte Bohrlochsondierung mit Geomagnetik**

Die Bohrlochsondierung mit Geomagnetik ist die in der Kampfmittelsuche zum Auffinden von tiefliegenden, großkalibrigen (Masse über 50 kg) ferromagnetischen Objekten am häufigsten eingesetzte Technologie. Grundlage für die Geomagnetik ist die Existenz des Erdmagnetfeldes. Durch die Induktion im Erdmagnetfeld sind die Objekte mit einem eigenen Magnetfeld umgeben. Dieses Magnetfeld überlagert sich mit dem normalen Erdmagnetfeld und erzeugt lokale messbare Anomalien. Die Anomalie nimmt mit der Entfernung zum Objekt ab. Die Messbarkeit im Bohrloch ist daher abhängig von der Größe, der horizontalen Entfernung und vom magnetischen Moment des Objektes. Zu weit entfernte Objekte können daher vom Bohrloch aus nicht erkannt werden.

Voraussetzung für die geophysikalische Detektion eines Objektes sind ein ausreichender physikalischer Kontrast zwischen dem gesuchten Objekt und seiner Umgebung sowie ein ausreichendes Signal-Rausch-Verhältnis, d. h. das vom gesuchten Objekt erzeugte Signal muss hinreichend größer sein als eventuell vorhandene Störsignale am Ort der Messung.

Bei der computergestützten Bohrlochsondierung mit Geomagnetik erfolgt eine durchgehende Datenaufzeichnung der aufgenommenen SONDENSIGNALE. Durch die Auswertung werden die aufgenommenen Anomalien der Feldmessungen in Bohrlochkurven visualisiert. Somit kann auf die Belastung in der Nähe des Bohrlochs mit Störkörpern geschlossen werden.

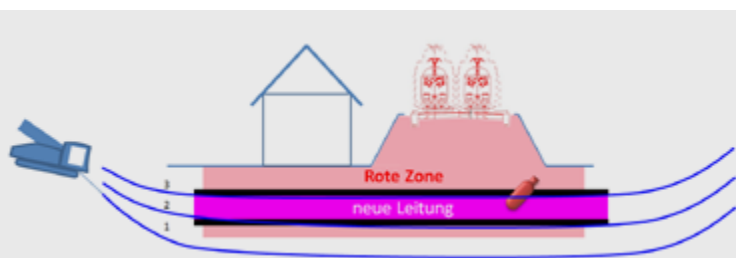
#### **7. Differenzgradiometer**

Die Anwendung dieses Verfahrens ist nur in lotrechten Bohrungen möglich. Bei geneigten Bohrungen ist die Anwendung eines 3-Achs-Gradiometers erforderlich. Für Bombenblindgänger in Tiefen von mehr als 3 m unter der Geländeoberkante kann eine Detektion durch magnetische Flächensondierungen von der Oberfläche nicht mehr sichergestellt werden. Dies ist darauf zurückzuführen,

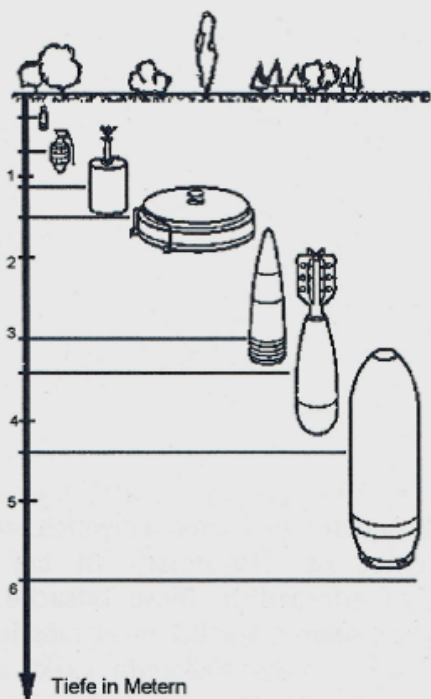


**Bild 5:** Vertikale Bohrlochsondierung





**Bild 6:** Sondierung horizontaler Bohrlöcher



**Bild 7:** Ausweichen in die Tiefe

dass die Signaturen kleiner oder gering magnetisierter Bombenblindgänger an der Oberfläche nur noch sehr schwach ausgeprägt sind und vom Rauschen der Messung nicht mehr unterschieden werden können, oder die Signatur durch oberflächennahe Störungen überlagert wird. In diesem Fall ist eine Bohrlochsondierung anzuwenden. Im Falle der computergestützten Bohrlochsondierung mit Geomagnetik muss eine durchgehende Datenaufzeichnung der aufgenommenen Sondersignale sichergestellt sein. Die Messdaten werden zu einem Computer mit einer speziellen Software zur Auswertung übertragen. Die Bohrlochsondierung ist auch ohne umfangreiche Vorbereitungsmaßnahmen auf Flächen von Gleisanlagen bzw. ehemaligen Gleisanlagen, Flächen mit industrieller Nutzung und Flächen mit hoher Einbautendichte geeignet, da die oberflächennahen, gestörten Schichten durchbohrt werden und die Messung in den darunterliegenden Bereichen, in denen Bombenblindgänger vermutet werden, durchgeführt wird.

Eine gestörte oberste Schicht, z. B. bis zur Einbautentiefe, Anschüttung, ist im Regelfall in Folge von magnetischen Störeinflüssen nicht beurteilbar.

### 8. 3-Achs-Gradiometer

Bei der Bohrlochsondierung mit 3-Achs-Gradiometern werden die magnetischen Vektoren in X-, Y- und Z-Richtung und mit deutlich höherer Auflösung als mit dem Differenzgradiometer gemessen.

Durch den Einsatz von 3-Achs-Magnetometern werden neben Sondierungen in vertikalen Bohrlöchern auch Sondierungen in Schräg- und Horizontalbohrungen ermöglicht. So kann in Schrägbohrungen, z. B. unter Straßen, Gleisanlagen oder Einbautentrassen, gemessen werden. Ebenso ist eine verwertbare Messung im Bereich von Spundwänden möglich.

Eine gestörte oberste Schicht, z. B. bis zur Einbautentiefe, Anschüttung, ist im Regelfall in Folge von magnetischen Störeinflüssen nicht beurteilbar.

### 9. Vertikale Bohrlochsondierung

Siehe **Bild 5**

### 10. Horizontale Bohrlochsondierung

Für die Sondierungen in horizontalen Bohrlöchern (**Bild 6**) werden 3-Achs-Magnetometer und Bohrlochgeoradar eingesetzt. Vorgängig ist die Freigabe der erforderlichen Start- und Zielbereiche herzustellen.

Dann werden ab einer Tiefe von ca. GOK1945 -8m nacheinander HDD-Bohrungen (ca. da 110) von unten nach oben erstellt. Die Sondierung in einer HDD-Bohrung erfolgt jeweils unmittelbar im Anschluss an die Bohrung mittels 3-Achs-Magnetometer (Doppel-3-Achs-Magnetometer) und kann so den Bereich für die nächste Bohrung freimessen. Das System unterscheidet sich von dem für die vertikale Sondierung eingesetzten System u. a. in der Kabellänge (100 m statt 15 m) und einer modifizierten Wegmessung zu Erfassung der Stationierung.

### 11. Aushubüberwachung (kampfmitteltechnische Sicherheitsüberwachung)

Eine Aushubüberwachung dient zum Erkennen von Kampfmitteln im Zuge eines offenen Aushubs, wenn eine Sondierung vor der Durchführung der Baumaßnahme nicht möglich oder nicht zweckmäßig war. Sie ist eine Sondermaßnahme und stellt keine Maßnahme zur Sondierung dar. Sie dient nicht der Gefährdungsabschätzung, d. h. der Einteilung des Projektgebiets in grüne, gelbe oder rote Zonen.

Die Aushubüberwachung ist eine Maßnahme zum Schutz der Arbeiten und sollte auch verhindern, dass Kampfmittel unerkannt verfrachtet werden. Die Aushubüberwachung hat durch einen Feuerwerker zu erfolgen. Seine Aufgaben sind insbesondere

- » die Vorausmessung mit geeigneten Eisensuchgeräten,
- » die Identifizierung von freigelegten Objekten,
- » bei Munitionsfund die Einstellung der Arbeiten,

- » die unverzügliche Meldung des Munitionsfundes an Polier, Bauleitung und Sicherheits- oder Militärdienststelle (§ 42, Abs. 4 WaffG),
- » Einweisung der Einsatzkräfte.

Beim Einsatz mehrerer Aushubgeräte hat die Überwachung durch einen Feuerwerker oder Räumstellenarbeiter je Aushubgerät zu erfolgen. Auf der Räumfläche muss zumindest ein Feuerwerker anwesend sein.

Diese Methode ist bei grabenlosen Verfahren wegen des versteckten Risikos nicht anwendbar.

### Lösung: Ausweichen in die Tiefe

Wenn die Abwendung der Gefährdung durch Sondierung usw. nicht möglich ist, besteht auch ein Ansatz die herzustellende Leitung in einer Tiefenlage zu planen, in der der gefährdete Horizont deutlich unterfahren wird (**Bild 7**). Zu beachten ist der Bezug auf GOK2 1945! Die Eindringtiefe ist von den lokalen Bodenverhältnissen und Schichtaufbauten usw. stark beeinflusst!

### „Nie ohne Freigabe arbeiten“

Die einschlägigen Gesetze und Normen schreiben die Vorgangsweise hinsichtlich Bauaktivitäten und Kriegsmittelrelikte eindeutig vor. Sie dienen dazu, einen sicheren Bauablauf zu gewährleisten. Abweichungen davon können im Ernstfall für die Agierenden oder eben „Nicht-Agierenden“ als Vorsatz mit persönlicher Haftung ausgelegt werden. Auch wenn in der Vergangenheit bei vielen zufälligen Funden nichts passiert ist, droht immer der eine Vorfall, wo dann auf der eigenen Baustelle etwas passiert, bei dem man dann nicht dabei sein möchte – doch das

weiß man erst im Nachhinein. Daher nie ohne kampfmitteltechnische Freigabe arbeiten! **Wichtig: Bei dem geringsten Verdacht sind die Bauarbeiten abzubrechen und muss fachkundiges Personal (Polizei) verständigt werden.**

Nicht unerwähnt sein soll, dass die rechtliche Situation in Österreich nur wenig Einblick gibt und nicht vergleichbar ist mit der Gesetzeslage in Deutschland. Hier findet man weitere Informationen unter [www.kampfmittelportal.de](http://www.kampfmittelportal.de)

**SCHLAGWÖRTER:** Kampfmittelerkundung, Gefahrenpotential grabenloser Leitungsbau, Oberflächensondierung, Bohrlochsondierung

## AUTOREN

### Auflösung 110



#### SÖREN HERSCHEL

Schollenberger Kampfmittelbergung GmbH,  
Wiener Neustadt, Österreich  
Tel. +43 7221 63704  
[soerenherschel@schollenberger.at](mailto:soerenherschel@schollenberger.at)



#### DI (FH) GÜNTER GRUBER

Braumann Tiefbau GmbH, Antiesenhofen,  
Österreich  
Tel. +43 7759 5226-0  
[g.gruber@braumann-tiefbau.eu](mailto:g.gruber@braumann-tiefbau.eu)