

Bedrohung durch Minen - können zerstörungsfreie Prüfmethode zur Beseitigung beitragen?

Kurt Osterloh, Christina Müller, Uwe Ewert, BAM

Zusammenfassung: Mehr als 26 000 Menschen fallen jährlich Minen zum Opfer, zumeist nicht an Kampfhandlungen beteiligte Menschen. Als Hinterlassenschaft von Kampfhandlungen bedrohen über 110 Millionen Minen das Alltagsleben und das wirtschaftliche Vorankommen in nahezu 70 Ländern, durch sie werden ganze Landstriche unpassierbar. Eine Beseitigung ist notwendig, jedoch mühsam, teuer und gefährlich. Zur Minensuche werden Stabsonden, Suchhunde und Metalldetektoren eingesetzt, zur Beseitigung gepanzerte Räumgeräte, die ausgelegte Minen zur Explosion bringen.

Trotz der dringenden Notwendigkeit, vermintes Land wieder nutzbar zu machen, waren Forschung und Entwicklung bislang nicht in der Lage, weitere Methoden und Geräte in die Praxis der Minenräumung einzuführen, obwohl bereits recht unterschiedliche Verfahren zum Aufspüren von Minen getestet wurden. Dabei wäre sehr viel gewonnen, wenn Minen mit einem sicheren Verfahren geortet werden könnten. Eine gemeinsame Eigenschaft von Antipersonenminen ist der Sprengstoffgehalt mehr als der Metallgehalt. Erfolgversprechende Minensuche sollte mehrere Eigenschaften einbeziehen und sinnvoll kombinieren, die Zeit drängt jedoch auf den Rückgriff auf vorhandene Methoden, ggf. in anderen Anwendungsbereichen.

Die Situation

In mehr als 70 Ländern der Erde sind Menschen im Alltag durch Minen bedroht, auch lange nach kriegerischen Auseinandersetzungen. Alle 20 Minuten kommt ein Mensch durch Minen zu Schaden, in der Mehrzahl Zivilpersonen, allzu häufig Frauen und Kinder (Abb. 1). Jahr für Jahr sind mehr als 26 Tausend Opfer zu beklagen, Tote, Schwerverletzte, Schwerbeschädigte oftmals im Kindesalter (in El Salvador z.B. ¾ aller Opfer, /1/). Über 110 Millionen scharfe Minen lauern irgendwo knapp unterhalb der Bodenoberfläche vergraben oder versteckt in der Vegetation, trotz internationalen Verbots mit steigender Tendenz. Noch einmal so viele Minen sind immer noch gelagert. Als Folge der Belastung durch Minen können in vielen Ländern landwirtschaftliche Nutzflächen nicht betreten und folglich nicht genutzt werden. Flüchtlingen wird somit die Rückkehr zu ihren Ländereien erschwert. Dadurch geraten vor allem ärmere Länder vermehrt in Abhängigkeit von Hilfeleistungen. Nicht zu unterschätzen ist auch der damit angerichtete psychologische Schaden in der betroffenen Bevölkerung.

Anderwärts werden vorhandene Minen auch als Waffen gegen die Zivilbevölkerung gezielt eingesetzt, um Schrecken zu verbreiten und den Zugang zu bestimmten Gebieten zu verwehren, im offenen Bruch zu internationalem Recht /2/. Wenn die Minen nicht geräumt oder zerstört werden, überdauern sie, im entscherten Zustand, Jahrzehnte und bedrohen lebensgefährlich jeden, der das verminte Gebiet betritt. Zur humanitären Verpflichtung, Minen zu beseitigen, kommt ein wesentlicher ökonomischer Aspekt hinzu. Die Rückgewinnung gesperrter Landstriche trägt wesentlich zur Wiedererlangung wirtschaftlicher Eigenständigkeit gerade in diesen Ländern bei.

Minen gehören zu den billigsten Waffensystemen, die sich auch arme Länder und finanziell schwach ausgerüstete Kampfgruppen leisten können. **Der Preis einer Antipersonenmine beträgt 3 \$ bis 30 \$.** Sie zu räumen, kostet nach UN-Schätzungen **300 \$ bis 1000 \$.**

Grundsätzlich zu unterscheiden sind Panzerminen, die u.a. durch das Gewicht eines schweren Fahrzeuges ausgelöst werden, und Antipersonenminen, auch als Infanterie-, Schützenabwehr- oder Schützenminen bezeichnet, die von einer Person durch die leichteste Berührung direkt oder über einen Stolperdraht gezündet werden können. Eine Vielfalt in Form und Funktionsweise

- ➔ Mehr als 110 Millionen scharfe Minen liegen in über 70 Ländern aus. Noch einmal so viele liegen auf Lager.
- ➔ Mehr als 2000 Menschen fallen jeden Monat Minen zum Opfer, ohne Unterschied zwischen Freund oder Feind, Männer, Frauen oder Kinder.
- ➔ Eine Mine kostet zwischen 3 und 30 US\$, sie zu beseitigen zwischen 300 und 1000 US\$.

 Junges Mädchen mit verlorener Hand nach einer Minenexplosion in einem Krankenhaus in Irak. (UN/DPI Photo# 158314C by J. Isaac)




Abb. 1: Das Antipersonenminen-Problem


trägt erheblich zur Gefährlichkeit der Minensuche und deren Beseitigung bei. Einige Minen lassen sich überhaupt nicht mehr sichern, sobald sie einmal scharf sind. Oft verfügt ein und dieselbe Mine über mehrere Zündmechanismen oder kann mit unterschied-

Minen mit Splitterwirkung

PMR-2A Splittermine




PROM-1 Springmine



Gewicht: ~ 3 kg
Sprengstoff: 425 g

POMS-2 Splittermine



Gewicht: ~ 1,5 kg
Sprengstoff: 70 g

Sprengstoff: TNT

obere Bilder aus: MineSpotter's Guide (Croatian Mine Action Center, CROMAC)
Bild: B. Lehmann (BGS, Berlin) und G. Lotze (BAM, Berlin)

Abb. 2: Antipersonenminen: Splitterminen und Sprengminen. Dieser Minentyp zeichnet sich durch einen hohen Eisengehalt aus. Im Sprengstoffgehalt sind sie unterschiedlich, in ihrer Wirkung sind sie tödlich

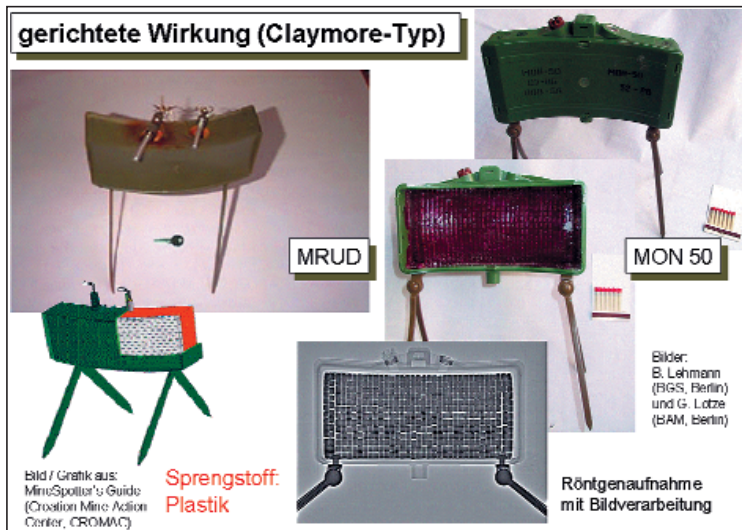


Abb. 3: Antipersonenminen: Splitterminen mit gerichteter Wirkung („Claymore-Typ“). Diesen Minentyp gibt es in unterschiedlichen Bauarten mit verschiedener Herkunft. Da der ursprüngliche amerikanische Typ mit Fernzünder ausgestattet war, gilt diese Mine nicht als ungerichtete Waffe und fällt damit aus dem Ottawa-Abkommen heraus. Es sind aber auch Zünder mit Stolperdrähten beschrieben. In dem Plastikgehäuse befindet sich vor der Sprengladung (Plastiksprengstoff) eine Lage mit Stahlsplittern oder Stahlkugeln, die bei der Explosion in Richtung der Außenwölbung verteilen

lichen Zündern bestückt werden. Bei einigen Minentypen (z.B. elektronische Versionen der italienischen VS-50 EO3) sind regelrechte Antimanipulationsvorrichtungen zu finden, die ein Auflesen und Entfernen verhindern sollen. Darüber hinaus wird die Suche mit Metalldetektoren erschwert bzw. vereitelt, weil sehr viele Antipersonenminen kaum bis fast überhaupt kein Metall enthalten, obwohl sie nach internationalem Recht mit Metalldetektoren auffindbar sein müssen (CCW, Protokoll II, /3/).

Mit der im Feld vorhandenen Technik müssen sie dann mit Minensuchnadeln, speichenförmigen Sonden, mechanisch ertastet werden. Als weiteres Hilfsmittel wird die ausgebildete Hundennase eingesetzt, um den Sprengstoff zu erschnüffeln. Aber auch hier ist mit einer Materialvielfalt zu rechnen. Im Boden versteckte Minen können, zusätzlich zu spangenartigen Fühlern an der Oberfläche, mit Stolperdrähten verbunden sein und bilden somit heimtückische Fallen. Antipersonenminen werden auch unter Panzerminen gelegt, um deren Entfernung zu verhindern. Vor allem in warmen Klimazonen wachsen verminte Gelände rasch mit üppiger Vegetation zu. Danach kann sogar die Berührung mit Strauchwerk über eingewachsene Stolperdrähte Minen auslösen. Daraus läßt sich leicht erkennen, wie gefährlich eine Räumung sein kann und dass

sie stellenweise nur sehr langsam vorstatten geht. In derartigen Fällen ist die Minenräumung zwangsläufig mit einer Entfernung der Vegetation verbunden. Für eine vollständige Beseitigung aller Minen in der Welt mit den zur Zeit verfügbaren Mitteln wird von manchen Experten ein Zeitbedarf von mehr als tausend Jahren angenommen, wenn das derzeitige Räumtempo beibehalten wird. Trotz vieler Anstrengungen in Forschung und Entwicklung ist es nicht gelungen, neue und effizientere Methoden als die zur Zeit angewandten zu entwickeln, Antipersonenminen aufzufinden und sicher zu entfernen (/4/, /5/).

Die Antipersonenminen

Um nur einen ungefähren Eindruck zu vermitteln, worum es sich bei den Antipersonenminen handelt, seien einige repräsentative Typen näher beschrieben, vollständige Auflistungen finden sich z.B. im Handbuch über Minen der Jane's Information Group /6/. Beschreibungen und Abbildungen sind auch mehrfach im Internet zu finden (/2/, /7/, /8/, /9/). Ausgelegt sind sie entweder flach eingegraben oder knapp über der Bodenfläche angebracht, oftmals sind sie mit Stolperdrähten verbunden. Normalerweise werden sie nicht tiefer in den Boden



Abb. 4: Antipersonenminen: Sprengminen aus unterschiedlichen Materialien. Der Metallgehalt ist wesentlich geringer. Derartige Minen zielen mehr auf Verletzungen als auf letale Wirkung ab. Sprengstofffüllungen sind unterschiedlich (RDX = Hexogen, TNT). Der PMN-Typ ist durch den äußeren Metallring mit Metalldetektoren auffindbar. Dieser Ring kann aber entfernt werden

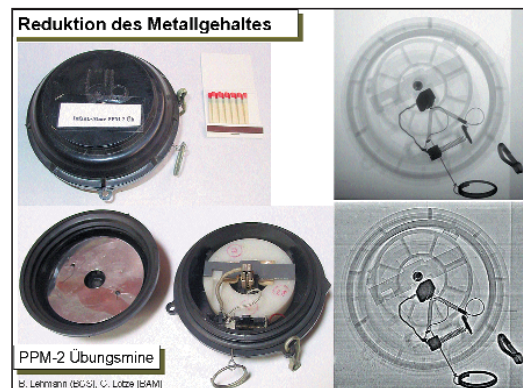


Abb. 5: Antipersonenminen: Sprengminen, deren Metallgehalt reduziert werden kann. Minen dieses Typs sind mit einer Metallplatte ausgestattet, um für Metalldetektoren detektierbar zu sein. Diese ist aber leicht zu entfernen, so dass derartige Minen für Metalldetektoren nur schwer von umherliegenden Schrottpartikeln zu unterscheiden sind

vergraben, da dickere Erdschichten die Auslöseempfindlichkeit beeinträchtigt und ihre Wirkung dämpfen kann.

Es gibt aber keine Garantie, Minen so aufzufinden wie sie einmal gelegt wurden. Witterungseinflüsse, Erdbeben und Bodenerosionen können die Positionen einmal verlegter Minen grundlegend ändern. Die hier gezeigte Auswahl soll weder repräsentativ sein noch irgendeiner systematischen Vollständigkeit genügen. Es soll nur die Perfidie der Konstruktion solcher „Waffen“ demonstrieren und zeigen, wonach detailliert bei der Minenräumung gesucht werden muss. Hervorgehoben sind Materialeigenschaften, die mit den Methoden der Materialprüfung messtechnisch erfasst werden können.



Abb. 6: Antipersonenminen: Sprengminen unterschiedlicher Bauart, die durch Auftreten ausgelöst werden. Im einfachen Fall sind es Holz- oder Plastikkästen, in die Sprengladung und Auslöser eingesetzt werden. Durch eine Feder sind die Kästen nicht vollständig geschlossen. Durch Auftreten wird die Feder zusammengedrückt und der Zünder ausgelöst (linker Teil der Abbildung). Aufwendiger gebaute Minen reagieren nicht auf leichtes Auftreten eines Tieres noch auf einen kurzen Tritt einer rennenden Person. Erst der anhaltende Druck einer stehenden Person löst die Mine aus (rechter Teil)

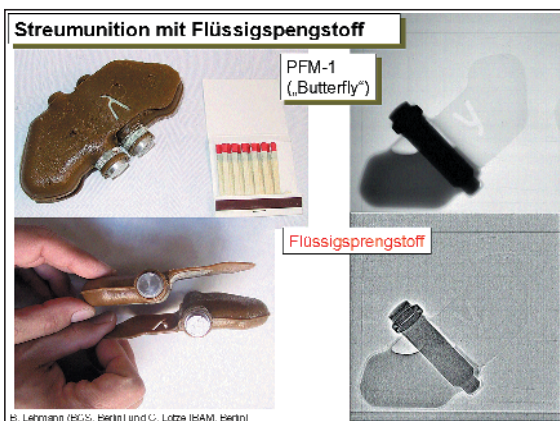


Abb. 7: Antipersonenminen: Streuminen, aus der Luft verteilt. Diese Minen werden nicht einzeln verlegt, sondern aus Mörsern oder von Hubschraubern über größere Flächen verteilt. In Granatenhülsen können sie sehr eng gestapelt sein (links unten). Gefüllt sind die Plastikgehäuse mit Flüssigsprengstoff, der andere Detektionseigenschaften hat als feste Sprengstoffe

Von der Größe, vom verwendeten Baumaterial und von der Wirkungsweise her werden Spreng- und Splittermine unterschieden. Mit Sicherheit tödlich in einigen Metern Entfernung wirken Fragmentations- oder Splittermine, die Splitter oder Metallstücke wie Geschosse durch die Gegend streuen. Einige Typen sind 1,5 bis 3 kg schwer und können ca. 70 bis 900 g Sprengstoff enthalten, häufig TNT, den klassischen militärischen Sprengstoff.

Gemeinsames Kennzeichen dieses Minentyps ist der hohe Eisengehalt, Beispiele sind in Abb. 2 gezeigt. Um die

Splitterwirkung in alle Richtungen voll zur Entfaltung zu bringen, werden sie oberirdisch angebracht, hier auf einem kleinen Holzpfahl.

Tückisch sind Springminen (im Englischen „bovinding mines“), die sehr nahe an der Oberfläche im Boden vergraben sind. Sie besitzen einen zweistufigen Wirkungsmechanismus.

Nach dem Auslösen springen sie zunächst aus dem Boden in Bauchhöhe, um erst dann voll zu explodieren. Die sich dann frei entfaltende Splitterwirkung ist absolut tödlich.

Eine weitere Art ist der sogenannte Claymore-Typ, eine oberirdisch angebrachte Mine mit gerichteter Wirkung (Abb. 3). Man begegnet ihr in mehreren Varianten mit verschiedenen Bezeichnungen (MRUD auf dem Balkan, MON-50 in vielen Teilen der Welt), alles Nachbauten der US-amerikanischen M18A1. Eine Besonderheit dieser Minen ist die Möglichkeit, sie mit verschiedenen Auslösern zu bestücken, neben Stolperdrähten auch fernausgelösten Zündern. Erwähnenswert ist, dass in der letztgenannten Anordnung diese Mine nicht

unter das Verbot des Ottawa-Abkommens fällt /10/.

Im Gegensatz dazu enthalten Sprengminen kaum Metall und sind mit Metalldetektoren nur sehr schwer zu entdecken, besonders in „nicht kooperativen“ Böden. Grund dafür können Mineralien mit paramagnetischen Eigenschaften oder eine hohe Belastung mit Metallsplintern sein. In Kroatien z.B. ist der Anteil an nahezu metallfreien Minen an der Gesamtheit der Antipersonenminen schätzungs-

weise 90%. Beispiele für solche Minen sind in den folgenden Abbildungen 4 - 7 gezeigt. Zum Bau solcher Minen werden unterschiedliche Materialien verwendet, sowohl für das Gehäuse (Plastik, Bakelit) als auch für die Sprengladung (Abb. 4).

Die verschiedenen Arten, von TNT über RDX bis zu Plastik- und Flüssigsprengstoff, sind bei einer Sprengstoffsuche zu berücksichtigen. In der internationalen Konvention zum Einsatz bestimmter konventioneller Waffen (/3/) ist die Erkennbarkeit von Minen mit Metalldetektoren geregelt. In einem technischen Anhang vom Mai 1996 wird die Menge mit einem Äquivalent von 8 g oder mehr Eisen beziffert. Um dem Genüge zu tun, sind einige Minen mit einer zusätzlichen Metallplatte im Deckel versehen (Abb. 5). Diese lässt sich aber leicht entfernen, übrig bleibt eine mit Metalldetektoren sehr schwer auffindbare Mine, wie es auch das Röntgenbild zeigt.

Flach im Boden vergraben finden sich Minen, die auf den Tritt einer Person reagieren (Abb. 6). Diese können sehr einfach in Form eines Holz- oder Plastikkastens gebaut sein („shoe-box“-Typ, „fish-box“, „Schubkastenminen“), eine Form, die sich bis in die Zeit des zweiten Weltkrieges zurückverfolgen lässt. Um die Art des Auftretens zu differenzieren, d.h. nicht beim schnellen Drüberhinweglaufen zu reagieren, sondern nur beim Verweilen

| gegenwärtige Praxis | | | |
|-------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|
| | Minen | Fundmunition (UXO) | Sprengsätze (USBVen) |
| Fundorte | versuchte Gebiete | überall | überall |
| Suche / Entdeckung | • Stichsonden • Metallsonden • Suchhunde | • Zufallsfunde • Aufklärung | • Nachforschung • akute Drohung |
| Objektprüfung | | • Röntgen (ZfP-Methode) | |
| Schutz | • pers. Schutzausrüstung • Vollschatz (ggf.) | • Sprengplatz • Vollschatz (ggf.) | • Schutzanzug • Manipulator |
| Beseitigung | • gepanzertes schweres Gerät | • Entschärfung • Räumung | |
| Standards, Qualitätskontrolle | • IMAS • NGOs | | |

Abb. 8: Derzeitig angewendete Technologien. Neben der Minensuche sind die Munitionsbeseitigung und die Entschärfung unkonventioneller Sprengsätze (USBVen) angesprochen. Aus der Unterteilung mit den farbigen Kästchen wird die Aufteilung der Techniken auf die verschiedenen Bereiche deutlich. In dieser und den folgenden Abbildung sind diejenigen Felder, die in einer Beziehung zu Techniken der Materialprüfung stehen, durch Schattenschraffur hervorgehoben. (IMAS = International Mine Action Standards, NGOs = Non Government Organisations, Vollschatz = gasdichter Schutzanzug bei Verdacht auf Kampfstoffe)

an der Stelle, wurden aufwendige Mechanismen konstruiert (Abb. 6).

Im Unterschied zu den bisher vorgestellten Typen werden Streuminen nicht einzeln verlegt, sondern aus der Luft oder mittels Artillerie in großen Mengen verstreut. Ein Beispiel ist in Abb. 7 gezeigt, die sogenannte „Butterfly“-Mine. In einer Granatenhülle liegen sie, wie im Bild angedeutet, dicht gestapelt vor. Die äußere Form, die an den Samen des Ahorns erinnert, ermöglicht ein Trudeln durch die Luft und somit eine Verteilung über weitere Flächen. Gefüllt ist sie mit Flüssigsprennstoff, mit anderen Materialeigenschaften als z.B. TNT oder RX. Wegen ihres harmlosen Aussehens werden diese oft von Kindern beim Spielen aufgegriffen, mit fatalen Folgen. Soweit sie nicht mit einer automatischen Deaktivierung bzw. Selbstzerstörungsmechanismus ausgerüstet sind, ist ihr Einsatz, wenn überhaupt, kaum mit geltendem internationalen Recht vereinbar (/2/, /3/). Es konnte aber bisher nicht zuverlässig gezeigt werden, dass Selbstzerstörungsrichtungen auch unter Gefechtsfeldbedingungen funktionieren wie im Protokoll II des Internationalen Abkommens zu konventionellen Waffen (CCW) vorgesehen ist.

Vor allem viele Sprengminen sind mit Bedacht nur mit einer begrenzten Sprengstoffmenge ausgestattet, zum Teil mit unter 50 g. Sie verursachen mehr schwere Verletzungen als den Tod des Opfers. Diese Bemessung der Sprengkraft beruht auch auf taktischen Überlegungen. Im Gefecht bindet ein Verletzter mehr (gegnerische) Kräfte als ein gefallener Soldat. Hilfskräfte eilen herbei und werden damit auch gefährdet. Die Bergung birgt weitere Gefahren. Auch die psychologische Wirkung einer schweren Verletzung auf andere ist strategisch einkalkuliert. Kurzum, Minen sind ungerichtete Waffen zu niedrigen Preisen, die auch, und vor allem nach Kampfhandlungen, unbeteiligte Zivilpersonen treffen können und unverhältnismäßiges Leid anrichten.

Das Mandat

Zunächst einmal verbietet bereits das internationale Kriegsrecht, das seit dem 19. Jahrhundert ständig revidiert wird, den Einsatz von Waffen ohne Unterscheidung zwischen Zivilbevölkerung und Kombattanten. Bei den Minen handelt es sich aber um eine solche Waffenart. Darüber hinaus sind Waffen verboten, die unnötiges Leiden

verursachen und deren Wirkung nicht in einer Verhältnismäßigkeit zum militärischen Ziel steht. Der Gebrauch von Antipersonenminen ist darüber hinaus in der Konvention der Vereinten Nationen aus dem Jahre 1980 geregelt (/3/). Insbesondere ist der Gebrauch von Minen, Sprengfallen und anderen Vorrichtungen im ergänzenden Protokoll II detailliert festgelegt.

Mit der Resolution 51/45 S der Generalversammlung haben die Vereinten Nationen 1996 den Gebrauch von Antipersonenminen weitgehend eingeschränkt. Diese Übereinkunft bot jedoch keine Verbesserung gegenüber der früheren aus dem Jahre 1980, worin der Einsatz von Antipersonenminen geregelt, aber nicht ausdrücklich untersagt wurde. Insbesondere wurde nur auf den Einsatz, nicht jedoch auf die Vorratshaltung von Antipersonenminen eingegangen. Darauf hin berief Kanada 1996 in Ottawa eine internationale Konferenz ein, die im Dezember 1997 mit dem „Ottawa-Übereinkommen“ schloss (/11/). Diese Konvention trat März 1999 in Kraft. Bis jetzt wurde sie von 142 Staaten unterzeichnet, nicht hingegen von den USA, Rußland und China. Die Europäische Gemeinschaft setzte dieses Abkommen mit der Verabschiedung von gleich zwei Regelungen in Kraft: (EC) Nr. 1724/2001 und 1725/2001, beide vom 23. Juli 2001. Beide beinhalten ein Vorgehen gegen Antipersonenminen, die erstere in Entwicklungsländern, die zweite in den übrigen Ländern. Die wichtigste Folgerung aus diesem Regelwerk für uns in Europa ist, dass es eine rechtsverbindliche Verpflichtung gibt, in einem Zeitraum von zehn Jahren alle Minen aus der Welt geräumt zu haben. Im Augenblick verbleiben hierfür noch sieben Jahre.

Reaktionen

In Anbetracht der Wirklichkeit kommen Zweifel auf, ob das gesteckte Ziel, die Welt in nunmehr sieben Jahren von Minen zu räumen, überhaupt erreichbar ist. Falsch wäre auf jeden Fall, mit dem Argument, das gesteckte Ziel sei unerreichbar, nichts zu unternehmen. Dies wäre auch ein Verstoß gegen europäisches Recht. Zum Druck, minenbelasteten Ländern eine eigenständige wirtschaftliche Entwicklung zu ermöglichen, könnte ein zusätzlicher Zeitdruck sich positiv auf die Entwicklung sicherer und effizienterer Methoden zur Minenbeseitigung auswirken.

Neben den etablierten Hilfsorganisationen haben sich, bereits zur Zeit der

Ottawa-Konferenz, neue formiert, die sich gezielt mit der Landminen-Problematik auseinandersetzen, so die mit dem Friedensnobelpreis 1997 ausgezeichnete Internationale Kampagne für das Verbot von Landminen (/12/) oder, im deutschen Sprachraum, Menschen gegen Minen (/13/). Humanitäre Hilfe ist für die Minenopfer unbedingt notwendig, die Bedrohung als solche wird dadurch jedoch nicht gebannt. Benötigt wird auch technische Hilfe, um die brisante Last zu beseitigen und ein sicheres Betreten der bedrohten Landstriche zu ermöglichen. Dies erfordert ein rechtzeitiges Erkennen der Gefahr, d.h., ein Auffinden der Minen vor ihrer Explosion. An einigen Stellen, wo es die Gegebenheiten im Gelände erlauben und Gefährdung von Personen ausgeschlossen werden kann, werden sie unter Sicherheitsvorkehrungen, d.h., mit gepanzerten Vehikeln, an Ort und Stelle durch Auslösen beseitigt. Aber auch dieses Vorgehen bietet nicht die absolute Sicherheit, dass keine explosionsfähige Mine mehr übrigbleibt. Manche Druckauslöser von Antipersonenminen sind bewusst so ausgelegt, dass sie auf anhaltenden mechanischen Druck, nicht jedoch auf die Druckwelle einer benachbarten Explosion reagieren.

Unter dem Eindruck dieser Probleme wurde im März 1999 in Berlin innerhalb der Europäischen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (EFNDT) eine Arbeitsgruppe zur Detektion von Antipersonen-Landminen gegründet (Working Group for Antipersonnel Landmines Detection, WG/APLD). Aufgrund der Tatsache, dass gegen Personen gerichtete Minen auch in flachen Gewässern vorkommen, wurde die Arbeitsgruppe entsprechend in „Working Group 5 Anti-Personnel Mine Detection, EFNDT WG5 APMD“ umbenannt. Sie hat zur Zeit 50 Mitglieder aus 17 Ländern und ist im Internet präsent /14/. Leitgedanke bei der Gründung war, dass ein systematischer Ansatz zur Technik der Minensuche weiterhelfen kann, der über den Rahmen der bisher eingesetzten Mittel hinausgeht. Als hierfür dringend notwendig wurde der Aufbau eines Informationsnetzwerkes erkannt. Insbesondere sollten existierende Methoden der ZfP für die Minensuche mit einbezogen werden, die ursprünglich gar nicht für diesen Zweck gedacht waren. Ähnlich wie Materialfehler sich durch abweichende Eigenschaften von ihrer Umgebung abheben, können Minen als „Störstellen“ im Boden

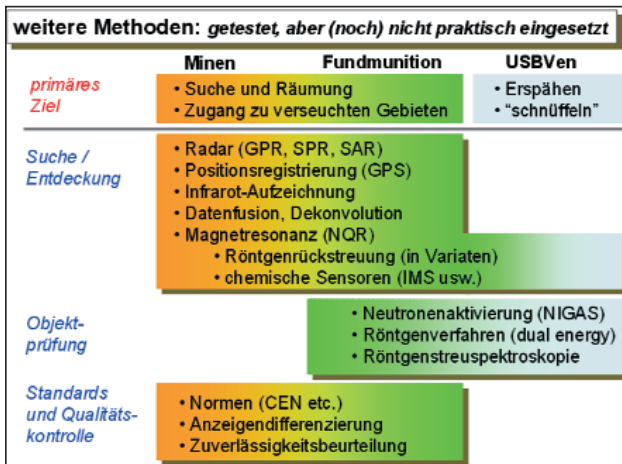


Abb. 9: Methoden für die Minensuche in der Entwicklung. Die Einteilung verdeutlicht, dass zum einen die Bereiche Minen und Fundmunition methodisch enger zusammenrücken, zum anderen, dass vermehrt Beziehungen zur Materialprüfung bestehen. Einige Techniken (Radar z.B.) wurden bereits seit längerer Zeit getestet, keine der hier aufgeführten Methoden hat bisher Eingang in den Alltag der Minenräumung gefunden

betrachtet werden. Nun gilt es, diese Stellen im wahrsten Sinne des Wortes „zerstörungsfrei“ zu lokalisieren.

In diesem Sinne wurde überlegt, ob im Repertoire der Materialprüfung eventuell Methoden bereits existieren, die, u.U. mit einer entsprechenden Anpassung, auf die Minensuche übertragbar sind.

Zum Informationsaustausch und zur Festlegung definierter Arbeitsgebiete fanden bereits sieben Zusammenkünfte der Arbeitsgruppe statt. Auf diesen Treffen wurden sowohl technische als auch damit verbundene organisatorische Aspekte der Minenbeseitigung erörtert. So wurden die Fachterminologie, Standardisierungen und die Qualitätskontrolle als gleichermaßen relevante Themen mit einbezogen. Aufgrund der Zusammenarbeit einiger Gruppenmitglieder mit der CEN-Arbeitsgruppe, die speziell

zur Definition von Standards zur Minenräumung im Jahre 2001 eingerichtet wurde (CEN BT/WG 126), stellte sich sehr bald heraus, dass grundlegende Arbeiten bereits durchgeführt wurden oder teilweise auf dem Wege sind, wie zum Beispiel der Aufbau von Datenbanken. Ziel der CEN-Arbeitsgruppe ist, ein „CEN-Workshop Agreement“ (CWA) auf den Gebieten der Metalldetektoren, der persönlichen Schutzausrüstung und der mechanischen Räumgeräte zu erlangen. Gegenüber einer vollgültigen europäischen Norm hat ein CWA den Vorteil, es in wesentlich kürzerer Zeit verabschiedet zu können. Es wird nur von den beteiligten Interessengruppen verabschiedet und muß spätestens nach drei Jahren revidiert werden (/15/).

Ein von der UN initiiertes und inzwischen verabschiedetes Regelwerk, die „International Mine Action Standards (IMAS)“ /16/, wurden vom Genfer Internationalen Zentrum für humanitäres Minenräumen (/17/) erstellt. Dieses ist inzwischen auf breiter Basis in nationale Richtlinien zum Minenräumen umgesetzt und wird in den nationalen Minenräumorganisationen praktisch angewendet.



Sitzung der EFNDT WG 5 im Oktober in Zagreb mit dem Autor dieses Beitrags (2. v. l.)

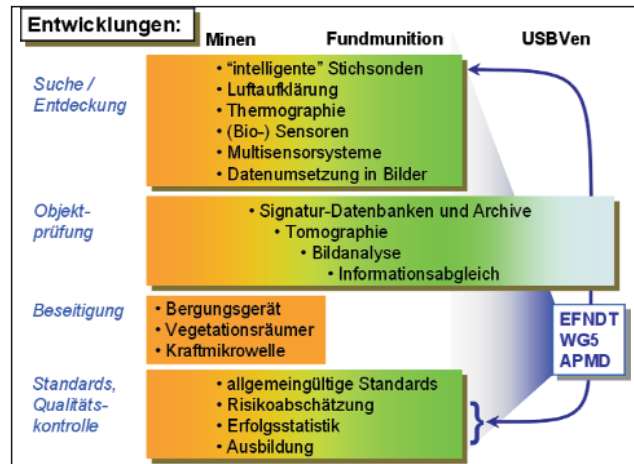


Abb. 10: Weitere Entwicklungen. Zum einen stehen diese Entwicklungen erst am Anfang, zum anderen handelt es sich um die Zusammenführung zweier oder mehrerer Techniken. Da kaum erwartet werden kann, eine alles übertreffende Einzelmethode zu finden, bestehen eher Chancen in einer sinnvollen Kombination bewährter Techniken. Hier können sowohl Vor- und Nachteile gegeneinander ausgeglichen als auch komplementär unterschiedliche Informationen ausgewertet werden. Aktuelle Aufnahmen können zudem mit Archivbildern verglichen werden oder für Dekonvolutionsverfahren verwendet werden, um somit die Bildqualität zu verbessern (z.B. Radarbilder) und die Erkennung sicherer zu gestalten.

Die Arbeitsgruppe EFNDT WG5 APMD beschäftigt sich mit folgenden ausgewählten Themen:

1. Analyse technischer Entwicklungen, die für die Minensuche relevant werden könnten. Insbesondere sollen andere als nur metallische und mechanische Eigenschaften berücksichtigt werden, einige Ansätze werden weiter unten erwähnt.
2. Qualitäts- und Zuverlässigkeitsbeurteilung des Minenräumens. Die Zuverlässigkeit von Prüfverfahren ist ein essentieller Sicherheitsfaktor in der Industrie. Gleichmaßen ist es eine Sicherheitsfrage, wie zuverlässig ein Minenfeld geräumt wurde. Es lag daher nahe, Beurteilungsmethoden zur Zuverlässigkeit, wie sie für die Industrie aufgestellt wurden, auf das Minenräumen zu übertragen.

Zu diesem Zweck wurde eine Zusammenarbeit mit mehreren Institutionen aufgebaut, der Fakultät für Ingenieurwissenschaften und Schiffsbau der Universität Zagreb, des Vereinigten Forschungszentrums der Europäischen Gemeinschaft in Ispra, Italien, des Internationalen Test und Evaluierungsprogramms für humanitäres Minenräumen (/18/) und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM).

3. Entwicklung von Tastsonden für Minensuchnadeln, die das Material erkennen können, auf welches sie gestoßen sind. Hiermit soll das mechanische Er tasten von Minen sicherer und effektiver gemacht werden. Durchgeführt wird das Projekt im Labor für ZfP in der Fakultät der Ingenieurwissenschaften und Schiffsbau der Universität Zagreb in Kooperation mit der BAM.

Als eine wesentliche Errungenschaft der Arbeitsgruppe ist anzusehen, dass in Zagreb eine Akademie („Mine Action Academy“, MAA) zur Ausbildung von Führungs- und Fachkräften („Mine Action Engineer“ und „Mine Action Specialist“) in der Minenbeseitigung aufgebaut wird. Die MAA ist vom kroatischen Ministerium für Bildung genehmigt worden.

Mögliche Maßnahmen

Im Vordergrund sollen hier Mittel und Wege stehen, mit denen die Antipersonenminen gefunden werden können, um anschließend die von ihnen ausgehende Gefahr zu beseitigen. Anhand der hier gegebenen Beschreibung der Minen fällt es nicht leicht, die Charaktereigenschaft anzugeben, anhand derer Minen aufgefunden und eindeutig als solche identifiziert werden können. Ist es der Metallgehalt? Ist es der Sprengstoff? Es liegt auf der Hand, dass rein sinnliche Wahrnehmung nicht ausreicht. Eine einfache Suche per Hand verbietet sich von selbst. Man ist also darauf angewiesen, die Minen anhand von Wechselwirkungen mit einer Spürsonde zu finden.

Um die vorhandenen Möglichkeiten zur Erkennung auszuloten, wurden folgende Tabellen zusammengestellt: Ein Methodenspektrum längs des elektromagnetischen Wellenspektrums (Tabelle 1) und Techniken, die sich nicht eindeutig einer Welleninteraktion zuordnen lassen (Tabelle 2). Ähnliche Versuche sind bereits vor Jahren unternommen worden (/5/).

Hier soll der Versuch unternommen werden, insbesondere Methoden in den Vordergrund zu stellen, die im Bereich der zerstörungsfreien Prüfung Eingang gefunden haben bzw. dafür entwickelt werden. Aus den beiden Tabellen soll herausgefiltert werden, was bereits zur Minensuche eingesetzt wird. In einem weiteren Schritt soll überlegt werden, wie bereits vorhandene Erfahrungen aus anderen Bereichen genutzt werden können.

Rollt man das elektromagnetische Spektrum vom kurzwelligen Ende her auf (Tabelle 1), begegnet man zunächst den radiologischen Verfahren mit Röntgen-, Gamma- und Teilchenstrahlungen. Hiermit sind tiefe Einblicke ins Untersuchungsobjekt möglich, nachteilig sind die Gefahren, die sich aus dem Umgang mit ionisierender Strahlung ergeben. Diese sind durchaus zu beherrschen, erfordern aber einen gewissen Aufwand. Einige Techniken, z.B. Rückstreuverfahren, sind mit schwerem Gerät verbunden. Daran schließt sich ein großer Wellenbereich an, mit dem mehr oder minder bildliche Darstellungen möglich sind. Ausgenommen ist die Kernquadrupolresonanz-Spektroskopie, mit der Stickstoffkerne in festen Substanzen aufgespürt werden können. Deshalb wird diese Technik auch für die Sprengstoffdetektion eingesetzt. Sie spricht gut auf RDX (Hexogen) an, weniger gut auf TNT, nicht auf Flüssigsprengstoff. Grund dafür ist die Beweglichkeit, mit der die Stickstoffkerne in ihrer Umgebung eingebunden sind. Im RDX sind einige Stickstoffatome sehr fest in einen Molekülring eingebunden, im TNT lockerer gebunden. Je langweiliger die Wellen werden, desto mehr kommt man zu mehr tastenden Verfahren. Von den hier aufgeführten Verfahren wird einzig und allein der Wirbelstrom in den Metalldetektoren zur Minensuche genutzt.

Ein rein körperliches Er tasten ist das „Stochern“ mit Stichsonden, den Minensuchnadeln (im Englischen „Prodder“). Weil dieses Verfahren das erschwinglichste ist, scheint es auch das am weitesten verbreitete zu sein (Tabelle 2). Gängig ist auch das Vorgehen nach dem Prinzip „Entdeckung durch Zerstörung“. Mit gepanzertem Gerät werden die Minen zur Explosion gebracht bzw. mechanisch zerstört. Die verwendete Panzerung reicht aus, um vor der Wirkung von Antipersonenminen zu schützen. Mit diesem Verfahren kommt man aber nicht überall hin, ganz abgesehen von den angeordneten Zerstörungen im Boden. Darüber hinaus behindern stattgefundenen Explosionen die mögliche spätere Suche nach Sprengstoff. Letztere wird praktisch mit Hilfe von ausgebildeten Spürhunden durchgeführt. Als eine biotechnologisch orientierte Methode zur Sprengstoffdetektion wird das Ausbringen spezieller Mikroben diskutiert, die auf einen Kontakt mit Sprengstoffen bzw. der Kunststoffhülle hin zu fluoreszieren oder anderweitig

zu reagieren beginnen. Hierbei wird man mit ziemlicher Sicherheit mit Akzeptanzproblemen rechnen müssen.

Analytische Verfahren wird man in Elementar- und Spurenanalysen unterteilen müssen. Zur ersten Gruppe gehören Aktivierungsanalysen, die gerätetechnisch sehr aufwendig sind, zur zweiten z.B. die Ionenmobilitätsspektroskopie, die auf kleinste Kontaminationen anspricht. Derartig empfindliche Methoden versagen schnell wenn eine ganze Gegend nach Explosionen mit Restspuren verseucht ist. Die interessanteste Entwicklung mit den größten Herausforderungen läuft in Richtung Methodenkombinationen und der Zusammenführung verschiedener Informationen. So können vorzugsweise tastende Verfahren wie Metalldetektion oder Radar mit Ortskoordinaten versehen werden, um so zu einer bildlichen Darstellung zu kommen. Bilder mit verschwommenen Konturen können unter Ausnutzung weiterer Information zu detaillierteren Darstellungen weiterverarbeitet werden. Zu den bisherigen Entwicklungen in dieser Richtung haben Fortschritte in der Datenverarbeitung und im Computerwesen erheblich beigetragen, und werden es voraussichtlich auch noch künftig tun. Da wohl kaum, auch in Zukunft, mit einer einzelnen Technik zu rechnen ist, mit der man sicher und zuverlässig alle Minen aufspüren kann, wird man eher auf dem Wege der Kombination von Methoden und der Zusammenführung von Information erfolgreich sein.

In Gebieten, in denen Kampfhandlungen stattgefunden haben, sind neben Minen auch Blindgänger von Granaten aller Art („unexploded objects“, UXOs) bedrohliche Überreste. Nicht nur dort, sondern praktisch überall ist, in ähnlicher Art und Weise, mit einem unkonventionell angebrachten Sprengsatz zu rechnen, der mit kriminellen oder terroristischen Absichten verlegt worden ist („unkonventionelle Spreng- und Brandvorrichtung“, USBV, im Englischen „Improvised Explosive Device“, IED). Für die zivile Sicherheit müssen auch diese aufgefunden und entschärft werden. Daher soll versucht werden, die Minensuche mit dem Vorgehen in diesen thematisch benachbarten Bereichen in Beziehung zu setzen (Abb. 8).

Die unterschiedlichen Voraussetzungen führen natürlich zu verschiedenen

| | Wellenart / Prinzip | Interaktion | Vorteil | Nachteil | Einsatz |
|------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------|
| kurzwellig | Neutronen-radiographie | Absorption | hohe Durchdringung | Strahlengefahr | - |
| | Röntgen, γ | Transmission | Einblick ins Innere | Strahlenrisiko, beidseitiger Zugang | - |
| | Röntgenrückstreuung | Compton-Effekt | einseitiger Zugang | schweres Gerät, Strahlenschutz | - |
| | Dual-Energy-Radiographie | Absorption | Stofferkennung | hoher Aufwand, Strahlenschutz | - |
| | hochauflösende Photographie | Lichtreflektion | optisches Bild | begrenzter Einblick | - |
| | Polarimetrie | Polarisierung bei Reflektion | Oberflächeneigenschaft | aufwendig | - |
| ↑ | Thermographie | Wärmeabstrahlung | Materialunterschiede | Wärmeübergang notwendig | - |
| | Millimeterwellen | passive Rückstreuung | Darstellung kleinerer Objekte | Entwicklungsbedarf | - |
| | Radar | dielektrische Übergänge | hohe Durchdringung | Wasser-absorption | - |
| langwellig | Kernquadrupolresonanz | Stickstoffatome | Selektivität | unempfindlich für spez. Sprengstoffe | - |
| | Wirbelstrom (Metalldetektor) | Metalle | gängiges Verfahren, erschwinglich | hohe Fehlalarmrate | ✓ |
| | Ultraschall | Leitfähigkeit | Material-eigenschaften | Kopplung | - |
| | Schall (Puls) | Echo | reagiert auf Fremdkörper | fehlende Entwicklung | - |

Tabelle 1: Minensuche: Einzelmethoden, sortiert nach dem elektromagnetischen Wellenspektrum

Es sind spektroskopische und bildgebende Verfahren aufgeführt, die sich in das elektromagnetische Wellenspektrum einordnen lassen. Vor- und Nachteile sind einander gegenübergestellt. Beim Einsatz ionisierender Strahlung (Röntgen etc.) sind Strahlenschutzmaßnahmen erforderlich. Optischen Verfahren fehlt dagegen die Penetrationskraft hochenergetischer Strahlung. Da die Thermographie auf unterschiedliche Wärmekapazitäten von Materialien beruht, muß eine Aufwärmung z.B. durch Bestrahlung erfolgen, wenn die gesuchten Objekte keine Eigenwärme besitzen, d.h., es sich nicht um Lebewesen handelt. Alternativ können Wärmeübergänge beim Tag/Nacht-Wechsel genutzt werden. Der Einsatz von Millimeterwellen wird zur Zeit für die Personenüberprüfung angeboten. Wechselwirkung von ultrakurzen Radiowellen mit Stickstoffkernen wird zur Detektion von festem Sprengstoff genutzt. Nahezu alle hier aufgeführten Methoden spielen in der Materialprüfung eine Rolle, zur Minensuche ist einzig und allein hiervon der Metalldetektor im Einsatz (s. letzte Spalte). Weitere Verfahren, wie z.B. Boden durchdringendes Radar, werden seit einiger Zeit für das Aufspüren von Minen weiterentwickelt und getestet, sind aber (noch) nicht in die Praxis umgesetzt.

Vorgehensweisen, was durch die Gliederung des Diagramms (Abb. 8) in Einzelfelder zum Ausdruck kommt.

Als eine Methode der ZfP findet sich einzig und allein das Röntgen, und dies nicht einmal bei der Minensuche (in dieser und den folgenden Abbildungen sind Bezüge zur ZfP durch Schattenwurf hervorgehoben).

Im Folgediagramm sind vorhandene Techniken zusammengefasst, die bei der Minensuche hilfreich sein könnten (Abb. 9). Zwei Dinge fallen dabei auf, zum einen verschmelzen die Anwendungsbereiche und zum anderen gewinnen ZfP-Verfahren mehr Gewicht. Die Verschmelzung geht weiter in der Aufstellung möglicher Methoden mit einem derzeit noch vorhandenen Entwicklungsbedarf (Abb. 10).

Die Aktivitäten der EFNDT-Arbeitsgruppe 5 für die Detektion von Antipersonenminen (EFNDT WG5 APMD) sind im letzten Bild angedeutet: Sie verfolgt alle Entwicklungen beobachtend und setzt selbst Schwerpunkte auf die Entwicklung von sensorenbestückten („intelligenten“) Minensuchnadeln, die Zuverlässigkeitsbeurteilung und die Ausbildung von Technikern und Ingenieuren, die koordinierend und leitend in der Minensuche tätig sein werden.

| Methode / Sonde | Eigenschaft | Vorteil | Nachteil | Einsatz |
|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------|---------|
| Minensuchnadeln („Prodder“) | Form | erschwinglich | höchst gefährlich | ✓ |
| mechanische Zerstörung | Zündfähigkeit, Zerstorbarkeit | Entdeckung und Vernichtung | Geländeart, Zerstörungen | ✓ |
| trainierte Tiere (Hunde, Ratten) | Chemische Zusammensetzung | vorhanden | Zuverlässigkeit? | ✓ |
| Mikroben | | hochspezifisch | niedrige Akzeptanz | - |
| chemische Sensoren (IMS etc.) | | hohe Sensitivität | extreme Sensivität | - |
| Neutronenaktivierung | | berührungslose Elementaranalyse | Neutronenstrahlung | - |
| Magnetsensoren | Ferromagnetismus | empfindlicher als Metalldetektoren | Falschanzeigen | ± |
| Ortsbestimmung (Global Pos. Syst.) | Lage im Boden | Aufzeichnung, Bildgebung | grobes Bild | - |
| Mustererkennung | charakteristische Form | verbesserte Bilddarstellung | Laborstadium | - |
| Multisensor-Systeme | kombinierte Eigenschaften | Schwachstellen-Kompensation | aufwendig | - |
| Datenfusion | Auffind- und Falschanzeigenrate | verbesserte Zuverlässigkeit | aufwendig | - |
| Zuverlässigkeitsermittlungen | | Erfolgskontrolle | Verfügbarkeit von Daten | ± |

Tabelle 2: Minensuche: Eigenschaften außerhalb des elektromagnetischen Wellenspektrums

Nicht alle Methoden lassen sich eindeutig in das elektromagnetische Wellenspektrum einsortieren. Es sind Charakteristika aufgeführt, anhand deren Minen aufgespürt werden können. Die einfachste Methode ist, im Boden versteckte Minen mit Suchnadeln von der Seite her zu ertasten. Dies ist zur Zeit gängige Praxis, ebenso wie das zur Explosion bringen mittels gepanzerter Spezialfahrzeuge. In diesem Zusammenhang kann ein solches Vorgehen als gleichzeitige Entdeckung und Vernichtung angesehen werden. Nur ist dies nicht in jedem Gelände gleichermaßen möglich. Ein weiterer Nachteil ist, dass mit diesem Vorgehen ein möglicher Erfolg der nachstehenden sensorischen Methoden drastisch eingeschränkt wird. Dazu gehört auch das Aufspüren mit eigens dazu ausgebildeten Hunden, ebenfalls gängige Praxis. Nur hat die Zuverlässigkeit auch hier Grenzen. Eine Beeinträchtigung des Riechvermögens durch einen Erkältungsinfekt z.B. teilt der Hund nicht immer gleich mit. Das Ausbringen von Mikroben, mit Sprengstoff bzw. bestimmten Kunststoffen reagieren, wird erwogen. Es müssen jedoch Bedenken dagegen ausgeräumt werden. Hochsensitive chemische Sensoren können bereits Kontaminationen anzeigen, die nicht mit einer Mine im Zusammenhang stehen müssen. Bereiche, in denen Explosionen stattgefunden haben, sind großflächig mit nicht umgesetzten Sprengstoff kontaminiert. Kombinierte Systeme und die Auswertung von Information aus mehreren Quellen befindet sich in Entwicklung. Da bei Einzelmethoden immer wieder mit Schwachstellen zu rechnen ist, besteht für zukünftige Entwicklungen die größte Hoffnung auf einer sinnvollen Methodenkombination kombiniert mit einer integrierten automatischen Auswertung. Bei der ständigen Miniaturisierung und gleichzeitiger Leistungssteigerung im Computerwesen sollte dies möglich sein. An der Umsetzung von Methoden zur Bestimmung der Zuverlässigkeit in die Praxis und damit zur Erfolgskontrolle wird derzeit gearbeitet. Die Erhebung von Daten hierzu bietet Schwierigkeiten, da Angaben über das Ausbringen und der Verbleib von Minen, d.h. von der Ausgangssituation, in der Regel fehlen.

Die ersten drei Verfahren in dieser Tabelle sind in der praktischen Minensuche fest etabliert (s. letzte Spalte). Auf Ferromagnetismus beruhende Metalldetektion ist mehr bei Suche nach Blindgängern und tiefer liegenden Granaten verbreitet. Bei der Suche nach Antipersonenminen begegnet man vermehrt den Problemen, die auch bei den Metalldetektoren auftreten, die nach dem Wirbelstromprinzip arbeiten. Bei der Aussage zur Zuverlässigkeit von Minensuchverfahren können Methoden helfen, die prinzipiell in der Materialprüfung angewandt werden. An der Umsetzung von Methoden zur Bestimmung der Zuverlässigkeit in die Praxis und damit zur Erfolgskontrolle wird gearbeitet.

Schlussfolgerung

Humanitäres Minenräumen ist ein mühsamer, lebensgefährlicher und kostspieliger Prozess. Für alle betroffenen Länder ist er aber auf dem Weg aus kriegerischen Zeiten zurück zur Normalität absolut notwendig. Durch Minen unbetretbare Ländereien müssen wieder nutzbar werden. Die Lebensnotwendigkeit, die von den Minen ausgehenden Gefahren zu beseitigen, verlangt zudem, dieses Vorgehen effizienter und sicherer zu gestalten.

Zurückkehrendes ziviles Leben muss sicher sein, auch für spielende Kinder. Die momentan eingesetzten Techniken, d.h. Metalldetektoren, Minensuchnadeln, Suchhunde und gepanzertes Räumgerät, reichen nicht aus. Andere Methoden haben sich noch nicht bewährt. Es muss weiter nach Methoden gesucht werden, Minen sicher zu orten und unschädlich zu machen. Dazu gehört zweifelsohne die zerstörungsfreie Materialprüfung. Für die völlige Neuentwicklung neuer Technologien fehlen Zeit und Mittel, folglich muss auf vorhandenes zurückgegriffen werden. Die Darstellung der Antipersonenminen hat gezeigt, dass ihr gemeinsames Kennzeichen die Sprengladung ist, mehr als der Metallgehalt. Die Sprengstoffsuche ist auch in einem anderen sicherheitsrelevanten Bereichen von zentralem Interesse, z.B. bei der Gepäckprüfung in Flughäfen. Warum sollten Erfahrungen, die in z.T. völlig anderen Bereichen gewonnen werden, nicht auf ihre Anwendbarkeit in der Minensuche überprüft werden?

Literatur

- /1/ Hasan Hasan (2000), Prohibition of the Use, Stockpiling, Production and Transfer of Anti-personnel Mines and on their destruction, <http://www.munfw.org/archive/50th/4th2.htm>
- /2/ Anti-personnel mines: An overview, <http://www.quasar.org/21698/mil/minefact.htm>
- /3/ The Convention on Certain Conventional Weapons (CCW), United Nations Convention on Inhumane Weapons (1980), http://www.mineaction.org/advocacy_conventions/_ccw.cfm
- /4/ A. Bryden, A. McAslan, Mine Action Equipment: Study of Global Operational Needs, Geneva International Centre for Humanitarian Demining, Geneva, Juni 2002
- /5/ Claudio Bruschini and Bertrand Gros, A Survey of Current Sensor Technology Research for the Detection of Landmines, EPFL, Lausanne, Switzerland, <http://diwww.epfl.ch/w3lami/detec/susdemsurvey.html>
- /6/ C. King (Hrsg.), Jane's Mine and Mine Clearance, First Edition 1996-1997, Jane's Information Group, Sentinel House, 163 Brighton Road, Coulsdon, Surrey, CR5 2NH, UK.
- /7/ Common anti-personnel mines, <http://www.fourmilab.ch/documents/minerats/figures/mines.html>

- /8/ LANDMINES FOUND IN BOSNIA, Complete list of landmines found in Bosnia and expected to be found in Kosovo, http://www.pratyeka.org/npa-mine-db/minelist_complete_bosnia.htm
- /9/ Croation Mine Action Center, CROMAC, <http://www.hcr.hr/Hrvatski/Promin.htm>
- /10/ Claymore Mines, Landmine Monitor Fact Sheet, prepared by Human Rights Watch, 1.2. 2002 (einsehbar über ICBL-Homepage)
- /11/ Ottawa Konvention, Übereinkommen über das Verbot des Einsatzes, der Lagerung, der Herstellung und der Weitergabe von Antipersonenminen und über deren Vernichtung (deutsche Version) <http://www.landmine.de/de.titel/de.geissel/de.minenverbotskonvention/de.ottawa/index.html>
- /12/ International Campaign to Ban Landmines, ICBL, <http://www.icbl.org/> deutsche Version: <http://www.icbl.org/cgi-bin/go.cgi?http://www.landmine.de>
- /13/ Stiftung Menschen gegen Minen, <http://www.mgm.org/de/index.htm>
- /14/ EFNDT WG5, Working Group 5 - for Antipersonnel Mine Detection, (WG 5 - APMD), <http://www.fsb.hr/ndt/wg5-apmd>
- /15/ CEN Production Processes, <http://www.cenorm.be/BOSS/pp000.htm>
- /16/ International Mine Action Standards, Geneva International Centre for Humanitarian Demining, <http://www.mineactionstandards.org/imas.htm>
- /17/ Geneva International Centre for Humanitarian Demining, Genf, Schweiz, http://www.gichd.ch/about_gichd/index.htm
- /18/ International Test and Evaluation Program for Humanitarian Demining (ITEP), Ispra, Italien, <http://www.itep.ws/index.html>

Anmerkung

Bildmaterial wurde aus dem Internet von der UNO und vom Croation Mine Action Center (CROMAC) übernommen. Die Autoren danken Herrn B. Lehmann (Bundesgrenzschutz Berlin-Schönefeld) für die Bereitstellung von Demonstrationsexemplaren und Herrn G. Lotze (BAM Berlin) für die Anfertigung der Fotografien.

Der Autor

Dr. Kurt Osterloh, geb. 1948, studierte Chemie und Biologie 1969-1975 in Marburg. Promotion 1979 in Bochum.

Experimentelle Arbeiten zur Biochemie und Physiologie des Eisens 1976 -1980 in Bochum, 1980 -1984 in München, 1984 -1986 in Harrow/London (GB), 1986 -1987 in Mobile (AL, USA), 1987 -1989 in New York (NY, USA) und 1989 -1990 in München. Projektleitung in der Arzneimittelentwicklung 1990 -1994 in Berlin, Intravitalmikroskopie mit digitaler Bildverarbeitung in der Physiologie 1995 -2000 in Berlin, ESR-Spektroskopie 1995 -2000 in Berlin.

Durchstrahlungsverfahren im Dienste der öffentlichen Sicherheit seit 2000 in der BAM in Berlin.

E-mail: kurt.osterloh@bam.de.