

.SIAK-Journal – Zeitschrift für Polizeiwissenschaft und polizeiliche Praxis



Bociurko, Michaela-Maria (2007):
Sprengstoffanschläge mittels IEDs. Präventionsansätze und Detektionstechnologien

SIAC-Journal – Zeitschrift für
Polizeiwissenschaft und polizeiliche Praxis
(1), 29-41.

doi: 10.7396/2007_1_C

Um auf diesen Artikel als Quelle zu verweisen, verwenden Sie bitte folgende Angaben:

Bociurko, Michaela-Maria (2007). Sprengstoffanschläge mittels IEDs. Präventionsansätze und Detektionstechnologien, SIAC-Journal – Zeitschrift für Polizeiwissenschaft und polizeiliche Praxis (1), 29-41, Online: http://dx.doi.org/10.7396/2007_1_C.

© Bundesministerium für Inneres – Sicherheitsakademie / Verlag NWV, 2007

Hinweis: Die gedruckte Ausgabe des Artikels ist in der Print-Version des SIAC-Journals im Verlag NWV (<http://nwv.at>) erschienen.

Online publiziert: 4/2014

Präventionsansätze und Detektionstechnologien

SPRENGSTOFF- ANSCHLÄGE MITTELS IEDs

Die Terroranschläge in Europa der letzten Jahre (Madrid, London, ...) lassen vermuten, dass Sprengstoffanschläge auf kritische Infrastruktur (idR Transport und Verkehr) mittels sog. Improvised Explosive Devices (IEDs) auch in Zukunft eines der wahrscheinlichsten Szenarien darstellen, mit dem sich die Terrorismusbekämpfung auseinandersetzen hat. In diesem Kontext kommt der Prävention von selbstgefertigten Sprengsätzen und der Weiterentwicklung von Technologien zur Detektion von Sprengstoffen eine nicht unwesentliche Rolle zu. Allerdings stellen technische Hilfsmittel immer nur einen Teilaspekt dar, mindestens ebenso wichtig sind in diesem Kontext Erfahrung, Ausbildung und Motivation des Kontrollpersonals. Weiters nicht unerwähnt bleiben soll, dass Sicherheitssysteme und -checks nicht nur für ihre Kontrollfunktion per se eingesetzt werden, sondern auch einen wesentlichen Beitrag zu einer wirkungsvollen Abschreckungsstrategie leisten. Es stellt sich die Frage, wie die Beschaffung von dem zur Herstellung benötigtem Wissen und Material erschwert, und somit Aufwand und Risiko für die Terroristen erhöht werden kann. Der folgende Beitrag soll diese komplexe Problematik thematisieren und die Möglichkeiten und Grenzen der verschiedenen Ansätze aufzeigen.

Am 11. März 2004 detonierten in Madrid zehn Bomben in vier Zügen. Bei den Anschlägen in London am 07. Juli 2006 sprengten sich drei der insgesamt vier Selbstmordattentäter im Londoner U-Bahn-Netz in die Luft, der vierte in einem Doppeldeckerbus. Zwei Wochen nach diesen Anschlägen wurden in Londoner Zügen drei Sprengsätze gefunden, ein vierter in einem öffentlichen Bus. Am 31. Juli 2006 entdeckte man in zwei lokalen Zügen in Dortmund Kofferbomben. Im Monat darauf vereitelte die britische Polizei eine Serie von Anschlägen auf Transatlantikflüge.

SPRENGSTOFFANSCHLÄGE ALS TERRORISTISCHE TAKTIK

Betrachtet man die hier geschilderten Ereignisse, sind unschwer Parallelen erkennbar – sowohl hinsichtlich Anschlagziel als auch gewählter Taktik. Massentransportmittel wie Flugzeuge, Busse, Züge und U-Bahnen gelten schon seit längerem als potentiell terroristisches Anschlagziel. Ebenso wenig überrascht die Taktik. Sprengstoffanschläge haben bereits eine lange "Tradition" im taktischen Repertoire des modernen Terrorismus und werden heute weit häufiger eingesetzt als jede andere Methode (wie etwa bewaffneter



**MICHAELA-MARIA BOCIURKO,
MAG.,**

*Wissenschaftliche Mitarbeiterin
am Österreichischen Institut für
Europäische Sicherheitspolitik
(OEIES), seit 2003 technische
Redakteurin am Zentralen
Informatikdienst der
Universität Wien.*

Überfall, Entführung, Brandstiftung, ...). So waren im Zeitraum von 1980 bis 2005 weltweit jährlich durchschnittlich 45 bis 70% aller Terroranschläge Sprengstoffanschläge (Lal/Jackson 2006). Welches Mittel letztlich bei Anschlägen zum Einsatz gelangt, wird durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt. Eine Rolle bei der Auswahl spielen neben einsatz- und täterspezifischen Aspekten insbesondere Aufwand (Zeit, Kosten, ...), Risiko (Beschaffung, Fabrikation, Handhabe, ...) sowie beabsichtigte Wirkung. Die vorliegende Präferenz für Sprengstoffe erklärt sich dabei aus dem aus Sicht des Terroristen relativ günstigen Verhältnisses von Aufwand/Risiko und Effizienz/Wirkung (Massenanschläge mit hohen Opferzahlen, mediale Aufmerksamkeit, ...). Hinzu kommen die beinahe unbegrenzten Einsatzmöglichkeiten von Sprengstoffen sowie die hohe Variabilität der Komponenten.

IMPROVISED EXPLOSIVE DEVICES (IED)

Bei Sprengstoffanschlägen kommen häufig so genannte Unkonventionelle Spreng- und Brandvorrichtungen (USBV) oder Improvised Explosive Devices (IED) zum Einsatz. Als IED gilt ein nicht industriell, meist von Laien hergestellter Sprengsatz, der eine Explosion herbeiführen kann und dadurch Leib und Leben von Menschen und Sachwerten gefährdet. Für dessen Fertigung können gewerbliche Sprengstoffe, militärische Sprengstoffe und/oder Selbstlaborate verwendet werden.

IEDs variieren stark in Größe, Optik und Funktion und können aus den unterschiedlichsten Bestandteilen gefertigt werden.

In der Regel werden für deren Aufbau jedoch fünf Grundkomponenten benötigt:

Einschlussbehältnis, Auslösevorrichtung, Zünder, Energiequelle sowie Sprengstoff.

Als Einschlussbehältnis kommt eine Vielzahl von Gegenständen in Frage (zB Feuerlöscher, Propangasflaschen, Koffer, ...). Ähnliches gilt für die Auslösevorrichtung – jenen Mechanismus, der sicherstellt, dass die Vorrichtung zum gewünschten Zeitpunkt am vorgesehenen Ort detoniert. Man unterscheidet hier verschiedene Systeme.

Viele IEDs werden inzwischen mittels funkbasierter Kommunikationstechnik (Garagentüröffner, Handys, ...) ausgelöst.

Zur Initiierung des Sprengstoffes wird ein Sprengzünder eingesetzt. Es gibt unterschiedlichste Zündsysteme (elektrisch, chemisch, ...) – so können als Zünder zB Blitzlichtlampen, Gasanzünder, Zeitzündschnüre, aber auch sprengkräftige Zündmittel wie Sprengkapseln verwendet werden.¹ Äußerst breit ist auch die Palette an chemischen Stoffen (bzw Mischungen chemischer Stoffe), die sich als Sprengstoffe eignen. Terroristen können somit auf zahlreiche Möglichkeiten zurückgreifen, um IEDs zu realisieren. Es ist eben diese Vielfaltigkeit und Variabilität der Komponenten, die ganz allgemein die Prävention erschwert. Dabei erweisen sich die Terroristen oft als äußerst innovativ und flexibel, dh sie können sich an die jeweiligen Bedingungen adaptieren.

RELATIVE VERFÜGBARKEIT VON MATERIALIEN UND KNOW-HOW

Nun haben wir es bei Bombenanschlägen mit unterschiedlichen Tätern zu tun, denen nicht allen dieselben Optionen (Verbindungen, Finanzen, Ausrüstung, etc) zur Verfügung stehen. Es stellt sich somit die Frage, welche Faktoren für das Gelingen

und die Qualität selbstgefertigter Sprengsätze (bzw Sprengstoffe) verantwortlich sind. Zusammengefasst sind dies: Kenntnisse bzw Befähigungen des Konstrukteurs, Know-how, sowie zur Verfügung stehendes Material (und Werkzeug). Bezüglich der Kenntnisse des Konstrukteurs wissen Experten heute, dass es keiner besonderen technischen oder chemischen Ausbildung bzw außergewöhnlichen Befähigung bedarf, um IEDs selbst anzufertigen. Im Prinzip reicht es aus, wenn der Konstrukteur über ein gewisses naturwissenschaftliches Verständnis und technisches Geschick verfügt. So ist bekannt, dass viele "Bombenbastler" ihre Fertigkeiten erst bei der Umsetzung entsprechender Anleitungen erwarben. Das notwendige Know-how kann dabei über verschiedenste Kanäle bezogen werden.

Einige Terrorgruppen versorgen Mitglieder und Sympathisanten mit eigenem Dokumentationsmaterial (CD-Roms, Videos, ...).

Aber auch ohne entsprechende Verbindungen kann auf derlei Informationen zugegriffen werden. Insbesondere das Internet ermöglicht einen unkomplizierten Zugang zu entsprechenden Anleitungen. Es muss also demnach von einer relativen Verfügbarkeit von Wissen und Dokumentationsmaterial ausgegangen werden.

Eine ähnlich problematische Situation besteht hinsichtlich der zur Fertigung von IEDs notwendigen Materialien. So lassen sich einige Komponenten (Behälter, Auslöser, Energiequelle) aus (manipulierten) Alltagsgegenständen fertigen. Eine etwas größere, aber ebenfalls überwindbare Hürde stellen Sprengstoff und Zünder dar. Beschafft werden können diese Komponenten durch Diebstahl, Eigenproduktion oder über illegalen Handel. Dabei ist die jewei-

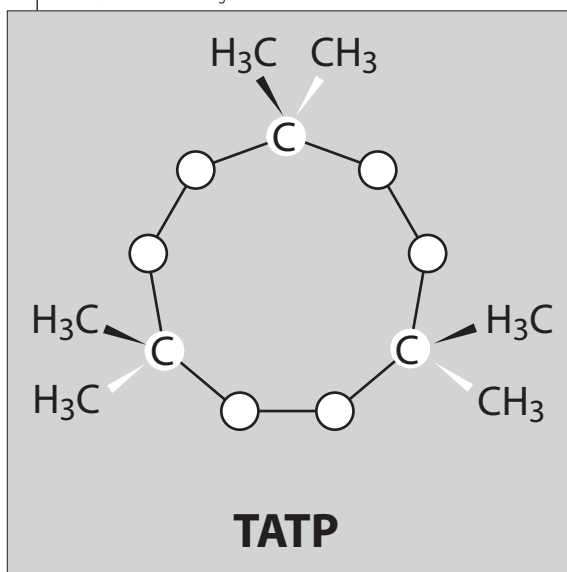
lige Verfügbarkeit stark regionsabhängig. So ist es idR in (Post-)Konfliktregionen (wie etwa gegenwärtig dem Irak) einfacher, an militärische Sprengstoffe zu gelangen (zB aus Landminen, nicht detonierten Geschützen). Auch die zivile Anwendung von kommerziellen Sprengstoffen (zB im Berg- und Straßenbau) eröffnet Terroristen Beschaffungswege. So wurde etwa der Sprengstoff für die Madrider Anschläge aus einer nordspanischen Bergbauminerale entwendet. Gefahr eines Diebstahls besteht nicht nur bei der Lagerung (zB auf Baustellen) sondern auch bei Herstellung oder Transport. Sind "traditionelle" Sprengstoffe schwer zu besorgen (zu risikoreich, zu teuer, ...), wird meist der Weg der Eigenfabrikation beschritten.

Dabei basieren zahlreiche Selbstlaborate auf Substanzen, die relativ risikolos und meist legal verfügbar sind.

Als sehr gefährliche Substanzen gelten hier etwa Ammonium Nitrat, Urea Nitrat und Triacetontriperoxid (TATP). Ammonium Nitrat findet sich in zahlreichen industriellen Produkten wie Medikamenten, Farben und Düngern. Auch Urea Nitrate werden in Düngern verwendet. Wird Ammonium Nitrat mit Treibstoff gemischt, ergibt dies einen äußerst gefährlichen Sprengstoff (ANFO – ammonium nitrate/fuel oil mixture). Ein anderer relativ leicht zu produzierender, doch hochexplosiver Sprengstoff ist TATP, der im Nahen Osten von Terroristen wie der Hamas bereits seit längerem benutzt wird und auch bei den Anschlägen in London am 7. Juli 2005 zum Einsatz kam.

Die für die Herstellung notwendigen Komponenten sind durchaus gängige Substanzen (Aceton, Wasserstoffperoxyd, etc), die unauffällig in Drogerien, Bau-

Grafik: GDCh-FG Angew. Elektrochemie



**Chemische Struktur des Explosivstoffs
Triacetontriperoxid (TATP)**

märkten und Apotheken besorgt werden können.

PRÄVENTIONSANSÄTZE UND PROBLEMATIKEN

Resümiert man die oben beschriebene Problematik, so stellt sich die Frage, welche Möglichkeiten zur Prävention in diesem Kontext bestehen. Ein nahe liegender Ansatz ist es, den Zugriff auf Materialien und Know-how zu erschweren und somit Aufwand und Risiko für Terroristen zu erhöhen. In diesen Bereich fallen etwa Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit bei Lagerung und Transport von Sprengstoffen oder die Beschränkung bzw Nachverfolgung bestimmter Chemikalien am Markt. So hat die EU auf die Anschläge in London im Juli 2005 noch im selben Monat reagiert und eine Mitteilung über Maßnahmen für mehr Sicherheit in Bezug auf Explosiv- und Sprengstoffe, Materialien für die Bombenherstellung und Schusswaffen angenommen. In diesem Rahmen wurden auch konkrete Vorschläge in sämtlichen damit zusammenhängenden Bereichen präsentiert, wie etwa den Kauf von

Düngemitteln der Genehmigungspflicht zu unterwerfen. Aufgezeigt wird in der Mitteilung auch, wie wichtig es ist, dass die Sicherheitsvorkehrungen über die gesamte Produktions- und Lieferkette hinweg, insbesondere aber im Hinblick auf die Lagerung und Beförderung, verbessert werden (Mitteilung der Kommission 19.07.2005).

Diese Vorstöße sind im Allgemeinen zu begrüßen, doch gilt es bei allen Maßnahmen stets im Auge zu behalten, inwieweit diese in der Praxis umsetzbar und praktikabel sind. Da etwa Dünger weltweit tonnenweise für die Landwirtschaft produziert wird, ist eine 100%ige Kontrolle beim Verkauf und Sicherheit bei der Lagerung kaum zu gewährleisten. Demgemäß sollten hier die daraus resultierenden zusätzlichen Kosten bzw das Plus an administrativem Aufwand abgewogen werden gegenüber dem realen Gewinn an Sicherheit. Bei entsprechenden Bestimmungen sind auch immer die Aspekte der hohen Variabilität und der relativen Verfügbarkeit der einzelnen Komponenten mitzudenken.

***Wird der Zugriff auf ein
Mittel verwehrt, so findet
sich gewöhnlich ein anderes,
auf das ausgewichen
werden kann.***

Besonders der Sprengstoff TATP führt sehr klar vor Augen, dass auch herkömmliche Chemikalien als Basis für Sprengstoffe herangezogen werden können. Die Beschränkung der Ausgabe von derartigen Substanzen zB auf Haushaltsmengen ist sicherlich nicht zielführend; zum einen, da abhängig vom Einsatz eventuell bereits geringere Mengen für einen Anschlag genügen würden², zum anderen, weil entsprechende chemische Verbindungen auch mit anderen Substanzen realisiert werden

könnten. So ist auch mit Weiterentwicklungen und dem Auftauchen neuer Sprengstoffe zu rechnen.

Ein anderer Punkt ist das zuvor thematisierte Problem der relativen Verfügbarkeit von Know-how über das Internet.

Laut Medienberichten werden jeden Monat 4.000 neue Bombenbau-Anleitungen ins Internet gestellt – allein auf deutschen Seiten (Panorama Nr 657).

In letzter Zeit wurde immer häufiger gefordert, dass man solche Webseiten entfernen und/oder nicht mehr auffindbar machen müsse, wie das ja in einigen Ländern bereits geschieht. Dies könne zB durch deren physisches Entfernen (Provider nimmt die Webseite vom Netz) oder auch durch entsprechende Filter geschehen. Allerdings ist die technische Struktur des Internets nicht unbedingt optimal für Regulierungen angelegt. So existieren etliche technische Möglichkeiten, um sich über Regulierungen (zB das Sperren von Inhalten) hinwegzusetzen (sowohl für User als auch für Anbieter/Server). Zudem zirkulieren vergleichbare Inhalte auch per E-Mail, in Foren, Newsgroups und Chatrooms, wo sich eine Regulierung noch weit schwieriger gestaltet.

***Andere Ansätze wären
Strafandrohungen beim
Herunterladen solcher
Anleitungen oder bewusste
Desinformation durch
Verbreitung entsprechend
modifizierter Informationen.***

Zum Teil erfüllen auch bereits existierende Anleitungen (unbewusst oder bewusst) diesen Zweck indem sie dem Hersteller einzelne kritische Schritte bei der Fertigung unterschlagen und dadurch massiv dessen Sicherheitsrisiko erhöhen. Wird etwa bei TATP die Schwefelsäure nicht gründlich entfernt, ist der Sprengstoff

äußerst instabil und gefährlich (Byall 2001).

Als sehr sinnvoller Ansatz erscheint es auch, die Aufmerksamkeit und Sensibilität der Bevölkerung hinsichtlich der Thematik zu erhöhen (so werden britische Landwirte sehr gründlich über die Problematiken des Dual-use-Gebrauchs ihrer Düngemittel informiert und zu entsprechender Sorgfalt aufgerufen). Auch hinsichtlich des Internets – das schon aufgrund seiner Ausmaße von Experten ohnehin nur partiell überprüft werden kann – wäre es nützlich, die Bevölkerung zwecks sachdienlicher Hinweise in den Regulierungsprozess miteinzubinden.

STELLENWERT DETEKTION

Dennoch muss realistisch davon ausgegangen werden, dass es – selbst bei Realisierung aller angedachter Maßnahmen – Terroristen auch hinkünftig möglich sein wird, an Sprengstoffe zu gelangen. Was uns bereits zum nächsten Schritt in unserer Überlegung führt – der Frage, wie verhindert werden kann, dass diese Sprengstoffe bzw Sprengsätze an ihren Zielort (zB Massentransportmittel) gelangen und dort den von den Terroristen beabsichtigten Zweck erfüllen. In diesem Zusammenhang spielen sicherheitstechnische Systeme zur Detektion von Sprengstoffen eine wichtige Rolle. Ihre Aufgabe ist dabei das Aufspüren von versteckten Sprengstoffen an Personen oder in Gepäck. Im Flugverkehr sind Detektionsgeräte schon seit vielen Jahren im Einsatz. Allerdings waren die hier standardmäßig für das Fluggepäck verwendeten Röntgengeräte und die für Passagierkontrollen benutzten Metalldetektoren in Türrahmen ursprünglich auf die Detektion von Objekten mit hoher Dichte (Metalle) hin ausgerichtet, und nur sehr beschränkt für das Aufspüren von Sprengstoffen geeignet. Inzwischen hat sich auf diesem Gebiet vieles getan. Zahl-

reiche neue Technologien zur Detektion von Sprengstoffen wurden entwickelt – einige davon sind bereits ausgereift und in Verwendung, andere vielversprechende Systeme befinden sich nach wie vor im Entwicklungsstadium.

Auch die vereitelten Anschläge in Großbritannien im Juli 2006, bei denen Bombenkomponenten, inklusive Zutaten für Flüssigsprengstoffe und Zünder, im Handgepäck ins Flugzeug geschmuggelt werden sollten, haben erneut vor Augen geführt, dass in diesem Bereich noch ein großer Handlungsbedarf besteht. Tatsache ist, dass wir es heute mit sehr vielen verschiedenen Sprengstoffen zu tun haben, die sich zum Teil auch stark in ihrer Zusammensetzung und in ihren Eigenschaften unterscheiden (zB Dichte, Kernladungszahl, Flüchtigkeit, Adsorption, organisch/anorganisch, stickstoffhaltig, etc). Geräte, die sich einzelne dieser Eigenschaften zunutze machen, um den jeweiligen Sprengstoff zu detektieren, können idR nur ein gewisses Spektrum an Substanzen identifizieren/analysieren. Hinzu kommt, dass sowohl Einsatzanforderungen als auch die jeweiligen Umgebungsbedingungen stark variieren. Es existiert also keine "Universallösung", wohl aber eine Vielzahl technologischer Ansätze, aus denen verschiedene Systeme entwickelt wurden, die je nach Erfordernis unterschiedlich gut für den jeweiligen Einsatz geeignet sind (wobei es möglich und üblich ist, mehrere Systeme miteinander zu kombinieren).

EINSATZBEREICHE UND ANFORDERUNGEN

Welche Einsatzbereiche bieten sich nun an für Sprengstoffdetektoren und welche Anforderungen ergeben sich dabei an die Geräte? Klassischerweise werden Detektionstechnologien auf Flughäfen eingesetzt – andere Anwendungsgebiete wären beispielsweise Zugangskontrollen zu Regie-

rungsgebäuden, militärische Anlagen oder Großevents wie Sportveranstaltungen. Begünstigt wird hier der Einsatz insbesondere durch die relativ geschlossene Struktur (dh verhältnismäßig wenige Zugangsmöglichkeiten). Aufwendiger gestaltet sich dies schon bei komplexeren Anlagen wie beispielsweise U-Bahn-Netzen. Ganz allgemein stellt der Einsatz im Bereich Transport und Verkehr spezifische Anforderungen an Detektionsgeräte. Ein sehr wichtiger Aspekt ist dabei der Zeitfaktor.

Um den laufenden Betrieb aufrecht zu erhalten, muss die Überprüfung von sehr vielen Personen und Gepäckstücken in möglichst kurzer Zeit realisiert werden.

Einige Technologien arbeiten im Verhältnis immer noch viel zu langsam. Bei verstärkten allgemeinen Kontrollen ist oft mit unglaublichen Zeitverlusten zu rechnen. Eine RAND-Studie kommt zudem zu dem Schluss, dass sich durch eine zu langsame Überprüfung ein zusätzliches Sicherheitsrisiko ergibt – so würden Menschenlangen vor Kontrollpunkten ebenfalls ein potentiellies Anschlagziel darstellen. Ein möglicher Lösungsansatz (neben der Entwicklung schnellerer Geräte) wäre hier eine Vorauslese, wie dies beispielsweise durch Profiling geschehen könnte. Die Kontrollen würden sich dadurch auf Personen bzw Fracht konzentrieren, die möglicherweise ein höheres Sicherheitsrisiko darstellen und der allgemeine Check-in ginge schneller vonstatten. Die US-Transportsicherheitsbehörde TSA experimentiert zurzeit mit so genannten Trusted Traveler Programs wie etwa dem Fly Clear Registered Passenger Program. Der Passagier zahlt hier freiwillig eine geringe Gebühr, stellt Fingerabdrücke und persönli-

che Daten zur Verfügung und gelangt dafür schneller an Bord der Maschine. (Riley/Willis 2006). Allerdings gibt es Zweifel, ob solche Programme nicht auch mögliche neue Sicherheitslecks öffnen. Regelmäßige stichprobenartige Kontrollen unter allen Passagieren sind deshalb unbedingt notwendig.

Ein anderer wichtiger Aspekt neben dem Zeitfaktor sind die mit dem Einsatz von Detektionsgeräten verbundenen Kosten.

Die Geräte sind im Allgemeinen teuer, nicht nur bei der Anschaffung, sondern auch bei Betrieb und Wartung (komplexe Systeme wie U-Bahnen würden demnach sehr hohe Kosten verursachen). Da es sich zudem eben auch um Personenkontrollen handelt, kommt hinzu, dass die Detektion weder allzu invasiv sein (dh nicht in die Privatsphäre der Personen eingreift) noch eine Gesundheitsbelastung darstellen darf. Umfangreiche Anforderungen an Detektoren ergeben sich auch in Bezug auf deren Zuverlässigkeit. Wünschenswert wäre eine hohe Sensitivität der Geräte auf Explosivstoffe mit gleichzeitig geringer Fehlalarm-Rate. Zudem müsste die Zuverlässigkeit der Ergebnisse auch unter verschiedensten Umgebungsbedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, etc) gegeben sein. Da kein System alle diese Ansprüche gleichermaßen erfüllt, muss je nach Anwendung das jeweils geeignetste ausgewählt werden. Dabei stellt das technologische Hilfsmittel meist nur einen Teilaspekt dar. Bei zahlreichen Systemen bedarf es auch einer korrekten Bedienung und Interpretation der Ergebnisse durch den Operator. Scheitert etwa diese Interpretation, wird eine Gefahr eventuell nicht erkannt. Deshalb sind Ausbildung und Erfahrung im Umgang mit Detektoren sowie regelmäßige

ge Schulungen und Trainingsprogramme unabdingbar.³

DETEKTIONSTECHNOLOGIEN

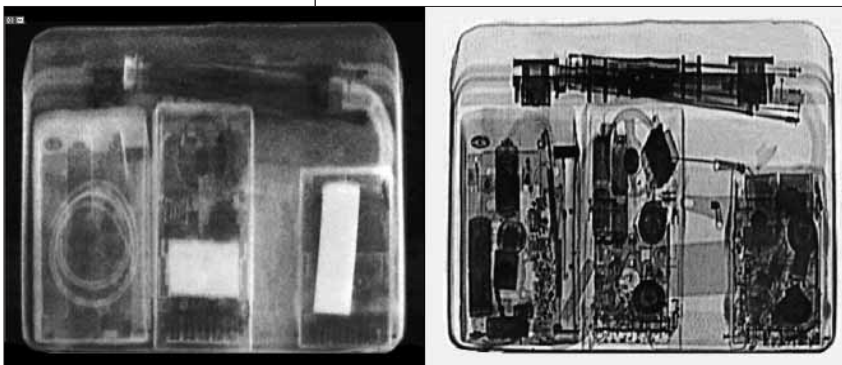
Welche Detektionstechnologien stehen nun in der Praxis zur Verfügung und wo liegen deren Stärken und Schwächen? Wie bereits vorausgeschickt, existieren hier sehr viele verschiedene Systeme in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Im Folgenden sollen die wichtigsten Ansätze skizziert und einige ausgewählte Systeme näher vorgestellt werden. Ziel ist es dabei nicht, einen kompletten Ist-Stand-Bericht aller verfügbarer Technologien zu geben, sondern vielmehr Einsichten in grundsätzliche Herausforderungen an diese Technologien zu vermitteln.

Im Allgemeinen unterscheidet man in der Sprengstoffdetektion je nach zugrunde liegendem Prinzip Bulk-, Vapour- bzw Tracetchnologien.⁴

Bulk-Detektionstechnologien werden idR für die direkte Detektion von makroskopischen (dh mit dem bloßen Auge wahrzunehmenden) Mengen von explosiven Stoffen eingesetzt. Vom Prinzip her wird hier eine Art Strahlung benutzt, um das Innere eines Objektes zu untersuchen. Dabei werden die innere Struktur des Objektes oder dessen Inhalt visualisiert und einige charakteristische Eigenschaften von Sprengstoffen detektiert. Wichtige Eigenschaften für die Bulk-Detektion sind etwa Dichte und Kernladungszahl. Explosivstoffe haben idR eine hohe Dichte und eine niedrige Kernladungszahl (Z). So basieren viele Sprengstoffe auf Verbindungen, die die chemischen Elemente Stickstoff (N), Sauerstoff (O), Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H) enthalten – Materialien, die allesamt niedrige Kernladungs-

zahlen (< 20) besitzen. Die mit Abstand häufigsten Bulk-Systeme sind Röntgentechnologien. Diese werden meist zur Kontrolle von Gepäck, Frachtgut oder Post verwendet. Nachteilig ist hier besonders die starke Abhängigkeit von der Erfahrung und Qualifikation des Operators, da die Ergebnisse interpretiert werden müssen. Bei Standard-Röntgensystemen wird das zu untersuchende Objekt mit Röntgenstrahlen durchleuchtet. Am Monitor betrachtet, erzeugen diese Röntgenstrahlen ein Schattenbild, das daraus resultiert, dass die Strahlen von Materialien mit unterschiedlicher Dichte absorbiert wurden. Wie bereits erwähnt, eignen sich diese Systeme zwar gut zum Aufspüren von Metallen, aber weniger für Materialien mit niedriger Kernladungszahl.

Foto: American Science and Engineering, Inc.



Links: Die Backscatter-Röntgentechnologie bringt eine Zündschnur und Plastiksprengstoffe zum Vorschein
Rechts: Im Schattenbild des Standard-Röntgengeräts sind diese Gegenstände nicht erkennbar

Die Dual-Energy-Technologie verwendet Röntgenstrahlung auf zwei verschiedenen Energieniveaus und ermöglicht dadurch die Kernladungszahlen bzw Dichte der Materialien im Inneren des untersuchten Objektes zu bestimmen. Diese Werte werden zB mittels Einfärben visualisiert. Dem Kontrollpersonal steht dann zur Erleichterung der Klassifizierung des Objektes

neben dem Schattenbild (welches ermöglicht, Struktur und Geometrie zu bestimmen) zusätzlich ein farbiges Bild mit weiteren Informationen über die Materialien (organisch, anorganisch oder metallisch) zur Verfügung (vgl Wtorek 2003). Computertomographie (CT) ermöglicht durch Bestrahlung von verschiedenen Winkeln aus zusätzlich die dreidimensionale Darstellung des zu untersuchenden Objektes.

Da Röntgenstrahlen ionisierend wirken, eignen sich keines der zuvor beschriebenen Systeme für Personenkontrollen.

Im Gegensatz zu Standard-Röntengeräten erzeugen Backscatter-Röntengeräte ein Bild jener Röntgenstrahlen, die vom Objekt zur Quelle rückgestreut werden. Da Materialien mit niedriger Kernladungszahl Röntgenstrahlen stärker rückstreuen, werden explosivstoffartige Materialien bei diesem System deutlicher sichtbar – es entsteht ein stärkerer Kontrast.

Ein Vorteil dieser Technologie ist die breite Detektionspalette. Selbst Plastiksprengstoff, der von einer Person am Körper getragen wird, könnte mit diesen Geräten detektiert werden (weil Plastik dichter ist als der stark wasserhältige menschliche Körper). Da bei diesem Verfahren die Strahlenbelastung insgesamt sehr niedrig ist, wäre auch dessen Einsatz bei Personenkontrollen denkbar. Vereinzelt wird dies bereits auf einigen Flughäfen getestet. Dennoch ist mit einer geringen Akzeptanz von Seiten der Bevölkerung zu rechnen – zum einen aufgrund der gesundheitlichen Bedenken (zB Vielflieger), zum anderen, weil diese Geräte eine Art "Nacktbild" der gescannten Person erzeugen. Eine weitere Problematik ist die noch zu lange Dauer der Kontrolle; schnellere Geräte sind je-

doch in Entwicklung.

Nun beschränken sich Bulk-Technologien nicht auf Röntgenstrahlung. Die Kern-Quadrupol-Resonanz (NQR) etwa macht sich zunutze, dass in fast allen Sprengstoffen Stickstoff (N) vorhanden ist. So erlaubt NQR, feste N-haltige Explosivstoffe über den N14-Kern zu identifizieren und zu unterscheiden. Durch Einstrahlung von gepulsten Radiowellen werden die Kernspins angeregt. Bei Rückkehr in ihren ursprünglichen Zustand folgen sie einer speziellen Frequenz. Das Rücksignal auf der NQR-Frequenz wird mit der Antenne aufgespürt, im Anschluss analysiert und dient zur Identifikation des Materials. Da viele Sprengstoffe sehr charakteristische NQR-Frequenzen haben, ist die Rate von Fehlalarmen aufgrund anderer stickstoffhaltiger Materialien gering. Auch Plastiksprengstoffe können mit dieser Methode aufgespürt werden. Der Sprengstoff Trinitrotoluol (TNT) stellt allerdings aufgrund seines geringen Signals ein Problem für die NQR-Detektion dar.

***Als äußerst viel
versprechend, aber technisch
noch weitgehend
unausgereift, gelten
Detektoren, die das bisher
kaum erschlossene
Terahertz-Spektrum nutzen.***

Hauptproblem war (bzw ist nach wie vor) die Herstellung von geeigneten und einigermaßen kostengünstigen Sendern und Empfängern. Zurzeit benötigt man zur Erzeugung der Terahertzstrahlung noch extrem komplexe und teure Lasersysteme (sog Femtosekundenlaser). Mit der hiermit erzeugten Strahlung wird das Untersuchungsobjekt durchleuchtet, ein Detektor fängt den Reststrahl auf und analysiert die darin enthaltenen Informationen. Dabei haben Terahertz-Wellen interessante Ei-

genschaften für Detektionsanwendungen: Zum einen sind sie nicht-ionisierend und somit nicht-gesundheitsbelastend, zum anderen durchdringen sie zahlreiche Materialien wie Kleidung, Schuhe, aber auch menschliches Gewebe. Zurzeit stehen einer Anwendung jedoch noch die viel zu hohen Herstellungskosten entgegen. Bedenken von Seiten der Bevölkerung könnten sich auch hinsichtlich der mittels dieser Methode produzierten "Nacktbilder" ergeben.

Zur Trace- bzw Vapourdetektion zählen elektrochemische Sensoren wie etwa Ionen-Mobilitäts-Spektrometer (IMS) oder Massenspektrometrie (MS), aber auch biosensorische Systeme wie Spürhunde und "elektronische Nasen". Das Grundprinzip der Trace- bzw Vapourdetektion ist die chemische Identifikation von mikroskopischen Rückständen von Sprengstoffen, entweder in Form von Ausdampfung oder in Partikelform (oder beides). Dabei bezieht sich Vapour auf die von der Oberfläche des Sprengstoffs abgegebenen Moleküle (Verdampfung), Trace auf mikroskopische Partikel festen Materials, die jenen Oberflächen anhaften, welche direkt oder indirekt mit Sprengstoffen in Kontakt kamen.

***Solche Spuren sind für das
bloße Auge nicht sichtbar und
können auch nicht einfach
abgewaschen werden.***

So können detektierbare Partikel von Sprengstoffen auch an Personen gefunden werden, die mit dem Sprengstoff in Berührung kamen bzw auf Gegenständen, mit denen diese Personen hantierten. Zur Probennahme existieren verschiedenste Lösungen. Gewöhnlich werden diese trocken oder flüssig abgewischt oder abgesaugt. Mobile Geräte ähneln kleinen "Staubsaugern", die direkt an das Objekt

oder an die Person herangeführt werden können und dort eine Probenmenge Luft (Verdampfung) ansaugen. Auch weit komplexere Systeme wurden für die Personenkontrolle entwickelt, wie etwa Portale, durch die die Passagiere geschleust werden. Kleinste Partikel werden dann zB mittels Windstoß von der Person und deren Kleidung gelöst, angesaugt und analysiert. Einen etwas anderen Ansatz verfolgen Geräte, die die Flugtickets der Passagiere automatisch auf Sprengstoffpartikel überprüfen. Welche Methode (Trace oder Vapour) im Einzelfall am geeignetsten ist, hängt von den physikalischen Eigenschaften des Gesuchten ab. Wichtigste Eigenschaft des Sprengstoffs für die Vapourdetektion ist dessen Flüchtigkeit – für die Detektion muss der Dampfdruck des Sprengstoffs genügend hoch sein. Bei den meisten Sprengstoffen ist dieser allerdings niedriger, sie geben somit nicht genug Verdampfung ab um zuverlässig mittels dieser Methode nachgewiesen zu werden. So lässt sich etwa PETN leichter über ein Partikeldetektionsverfahren aufspüren, Dynamit oder Nitroglycerin hingegen lassen sich besser anhand ihrer Ausdampfungen ermitteln. Eine andere Problematik bei der Vapourdetektion ist zudem, dass die Zusammensetzung der untersuchten Gasphase variiert, abhängig von Luftfeuchtigkeit und Temperatur. Auch die Umgebung kann die chemische Zusammensetzung beeinflussen und selbst das Behältnis, in dem sich der Sprengstoff befindet, beeinflusst die Detektion (Abstracts 2003).

Ein Ansatz, um zumindest kommerziell produzierte Sprengstoffe mit der Vapourmethode leichter detektierbar zu machen, ist die Beigabe sogenannter Taggants.

Taggants sind Zusatzstoffe, die bestimmten Sprengstoffen zur Markierung beigemischt werden. Da weit verbreitete, auf RDX und PETN basierende, Plastiksprengstoffe mittels Gasanalysetechniken nicht aufgespürt werden konnten, wurde 1991 im Rahmen der sog Montreal-Konvention ein Übereinkommen über die Markierung von Plastiksprengstoffen zum Zweck des Aufspürens getroffen. Die vier hier zugefügten Taggants (EGDN, DMNB, o- und p-MNT) haben allesamt einen wesentlich höheren Dampfdruck als die damit markierten Sprengstoffe und erleichtern somit die Detektion. Inzwischen wurde angedacht, diese Methode der Markierung auch auf andere gewerbliche und militärische Sprengstoffe auszuweiten. Sehr häufig werden für die Trace-Detektion Ionen-Mobilitäts-Spektrometer (IMS) eingesetzt. Bei dieser Methode wird das zu untersuchende Material ionisiert und die Ionen mithilfe eines elektrischen Feldes durch ein Gas bewegt – während dieser Bewegung werden die Ionen je nach Mobilität aufgetrennt. Gegenüber anderen analytischen Geräten sind IMS schnell, relativ günstig und können auch unter verschiedenen Umgebungsbedingungen eingesetzt werden – wobei die Bedienung eher einfach ist und nur ein minimales Training voraussetzt.

Allerdings fällt die Identifikation der Sprengstoffkomponenten im Vergleich zu anderen Geräten bei IMS nicht so eindeutig aus (Saver 2006).

Eine (nicht ausschließlich IMS-spezifische) Problematik in diesem Bereich sind Fehlalarme – so können einige Chemikalien, die ähnliche Eigenschaften wie Sprengstoffe aufweisen, Fehlalarme auslösen (solche Stoffe befinden sich zB auch

in Parfums oder Cremes). Eine andere Form von (Fehl)Alarm wird durch Chemikalien verursacht, die zwar auch in Sprengstoffen vorkommen, aber ebenso für legale Zwecke eingesetzt werden (so befindet sich Nitroglycerin auch in Medikamenten). Falsche Ergebnisse können aber auch durch Verunreinigungen der Probe oder falsche Handhabung herbeigeführt werden.

Der prinzipiellen Problematik bei Vapour-Methoden – dem zu niedrigen Dampfdruck von Sprengstoffen – versuchen sog Sniffer ("elektronische Nasen") von einem anderen Ansatz her zu begegnen. So ist die Verdampfung vieler Explosivstoffe bei durchschnittlichen Umgebungsbedingungen zwar sehr niedrig, deren Zusätze, Verunreinigungen und Verpackungsmaterial haben aber einen deutlich höheren Dampfdruck. Dieses Ensemble an Dämpfen, das von all diesen Komponenten abgegeben wird, schafft eine Art einzigartiges "Bouquet" – ähnlich einem Fingerabdruck. Genau dieses Geruchsbouquet wird gewöhnlich von Spürhunden erkannt. Sniffersysteme behelfen sich zu diesem Zweck mit verschiedenen chemischen Detektoren (zB Polymersensor, Quarzsensoren, ...). Allerdings sind diese Geräte noch zu groß, kaum transportabel, teuer (Abstracts 2003) und reichen nicht an reale Spürhund-Fähigkeiten heran. Überhaupt gelten Spürhunde nach wie vor als eine der zuverlässigsten Methoden zur Detektion von Sprengstoffen. Sie sind äußerst mobil und können für verschiedenste Zwecke eingesetzt werden. Allerdings ist ihre Ausbildung, Haltung und Pflege kosten- und zeitaufwendig und ihre Einsatzdauer stark begrenzt.

RESÜMEE & AUSBLICK

Bei der Betrachtung der verschiedenen Ansätze und Problematiken wird klar, dass keine der gegenwärtig verfügbaren Technologien zur Detektion von Sprengstoffen

in der Praxis alle an sie gestellten Anforderungen (zuverlässige Detektion bei allen Sprengstoffen auch unter verschiedenen Umgebungsbedingungen, wenige Fehlalarme, schnell, günstig, nicht invasiv und gesundheitsgefährdend, ...) optimal erfüllt. Auch befinden sich viele Technologien zurzeit noch in der Entwicklungsphase. Da die Forschung in diesem Bereich gefördert wird und die Nachfrage nach solchen Produkten eher steigt, ist wohl mit Weiterentwicklungen und Verbesserungen zu rechnen – was zukünftig auch das Einsatzspektrum dieser Geräte ausweiten könnte. Aber auch mit aktuell verfügbaren Technologien lässt sich durch einen systematisch aufeinander abgestimmten Einsatz mehrerer Methoden in einigen Einsatzbereichen (zB Flughäfen, zentrale Zug- und Busbahnhöfe, ...) bereits jetzt ein deutlicher Sicherheitsgewinn erzielen. Zeit- und Kostenfaktoren können dabei durch verschiedene selektive Maßnahmen reduziert werden (zB Stichproben, Profiling, etc). Dabei stellen technische Hilfsmittel immer nur einen Teilaspekt dar, mindestens ebenso wichtig sind in diesem Kontext Erfahrung, Ausbildung und Motivation des Kontrollpersonals. Nicht unerwähnt bleiben soll zuletzt noch, dass Sicherheitssysteme und -checks nicht nur für ihre Kontrollfunktion per se eingesetzt werden, sondern auch einen wesentlichen Beitrag zu einer wirkungsvollen Abschreckungsstrategie leisten. Die Terroranschläge in Europa der letzten Jahre (Madrid, London, ...) lassen vermuten, dass Sprengstoffanschläge auf kritische Infrastruktur (idR Transport und Verkehr) auch in Zukunft eines der wahrscheinlichsten Szenarien darstellen, mit dem sich die Terrorismusbekämpfung auseinandersetzen hat. Dabei kommen immer häufiger selbstgefertigte Sprengsätze, sog Improvised Explosive Devices (IEDs) zum Einsatz. Problematiken bei der Prävention ergeben sich

hier insbesondere aufgrund der Variabilität der Komponenten sowie der relativen Verfügbarkeit von Wissen und Materialien zur Herstellung. Es stellt sich die Frage, wie die Beschaffung erschwert und somit Aufwand und Risiko für die Terroristen erhöht werden können. Entsprechende Maßnahmen wurden im Rahmen des Artikels auf ihre Eignung und Umsetzbarkeit hin überprüft.

Da es wahrscheinlich ist, dass Terroristen auch in Zukunft Wege finden werden, IEDs zu realisieren, müssen zudem Überlegungen angestellt werden, wie Massentransportmittel (und andere kritische Infrastruktur) in Hinkunft besser vor Spreng-

stoffanschlägen geschützt werden können. Technologien zur Detektion von Sprengstoffen können hier einen nicht unwesentlichen Beitrag leisten. Allerdings zeigte sich auch, dass diese Systeme nicht für alle Einsatzgebiete gleichermaßen geeignet sind und dass zZt kein Gerät alle in diesem Zusammenhang notwendigen Anforderungen (zuverlässig, wenige Fehlalarme, schnell, günstig, nicht invasiv und gesundheitsgefährdend, ...) optimal erfüllt. Dennoch kann durch den systematisch aufeinander abgestimmten Einsatz mehrerer Methoden in einigen Einsatzbereichen ein deutlicher Sicherheitsgewinn erzielt werden.

¹ Bei Verwendung von sehr unempfindlichen Sprengstoffen ist zudem zwischen Sprengzündern und Hauptladung eventuell eine zusätzliche Verstärkungsladung ("Booster") erforderlich.

² So könnten möglicherweise bei bestimmter Platzierung schon 150g Sprengstoff ein Flugzeug zum Absturz bringen (ist davon abhängig, wo der Sprengstoff platziert wird und in welcher Flugphase sich das Flugzeug befindet) (Hirz 07.09.2006).

³ Es ist möglich, mittels spezieller Software die Aufmerksamkeit der Kontrolleure zu verbessern. Die Software Threat Image Projection zeigt beispielsweise sporadisch imaginäre Bilder von Taschen an, die irgendeinen gefährlichen Inhalt in sich bergen.

⁴ Einige Quellen nennen hier zudem Shape-Technologien als eigene Kategorie.

Quellenangaben:

Abstracts. *Advanced Research Workshop (2003). Vapor and Trace Detection of Explosives for Anti-Terrorism Purposes*, <http://www.tcen.ru/news/images/Tesis.All>.

doc.

Byall, E. B. (2001). *Explosives Report 1998-2001. Detection and Characterization Of Explosives and Explosive Residue, A Review*, Lyon, 16.-19.02.2001.

Hirz, R. (2006). *Bundesministerium für Inneres, Experteninterview am 07.09.2006*.

Lal, R./Jackson, B. A. (2006). *Change and Continuity in Terrorism Revisited: Terrorist Tactics, 1980-2005, The MIPT Terrorism Annual*, <http://www.tkb.org/documents/Downloads/2006-MIPT-Terrorism-Annual.pdf>.

Mitteilung der Kommission (19.07.2005). *Mehr Sicherheit in Bezug auf Explosiv- und Sprengstoffe, Materialien für die Bombenherstellung und Schusswaffen*, <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/05/969&format=PDF&aged=1&language=DE&guiLanguage=en>.
Norddeutscher Rundfunk, http://www.ndr.de/panorama/archiv/2006/0810/hea_throw.html.

Riley, K. J./Willis, H. H. (2006). *Speed Low-Risk Travelers Through Increased*

Security, <http://www.rand.org/commentary/090406LABJ.html>, 04.09.2006.

Saver (Hg) (2006). *IMS-based Trace Explosives Detectors for First Responders, Summary*, <http://saver.tamu.edu/getfile.php?f=333>.

Wtorek, J. (2003). *Detection of Bulk Explosives: Advanced Techniques against Terrorism, EUDEM2 Workshop Report, NATO Advanced Research Workshop, St.-Petersburg, Russia*.

Weiterführende Literatur und Links:

Bruschini, C. (2001). *Commercial Systems for the Direct Detection of Explosives (for Explosive Ordnance Disposal Tasks)*, *ExploStudy, Final Report*, Lausanne/Brüssel.

Chalk, P. (2006). *Tighten Up Mass-Transit Security*, www.rand.org/commentary/082206ND.html, 22.08.2006.

Division of Analytical Chemistry of the Swiss Chemical Society (Hg) (2006). *Methoden zum Sprengstoffnachweis*, www.sach.ch/nzz225_d.html, 11.08.2006.

Kaplan, E. H./Kress, M. (2006). *Operational effectiveness of suicide-bomber-de-*

- tector schemes: A best-case analysis, <http://www.pnas.org/cgi/re-print/102/29/10399>.
- Miller, J. B./Barall, G. A. (2005). Explosives Detection with Nuclear Quadrupole Resonance, <http://www.americanscientist.org/template/AssetDetail/assetid/39131>.
- Montreal-Konvention 1991. Übereinkommen über die Markierung von Plastiksprengstoffen zum Zweck des Aufspürens, <http://www.bmvit.gv.at/verkehr/luftfahrt/sicherheit/downloads/nasp130606.pdf>.
- Rostberg, J. I. (2005). Common Chemicals as Precursors of Improvised Explosive Devices: The Challenges of Defeating Domestic Terrorism. Monterey, California.
- Shaver, R./Kennedy, M. (2004). The Benefits of Positive Passenger Profiling on Baggage Screening Requirements, http://www.rand.org/pubs/DOCUMENTED_briefings/2004/RAND_DB411.pdf.
- Shea, D. A./Morgan, D. (2006). Detection of Explosives on Airline Passengers: Recommendation of the 9/11 Commission and Related Issues.
- Westcott, K. (2005). Transport systems as terror targets, BBC News, 07.07.2005.
- Yinon, J. (2006). Detection of Hidden Explosives: An Overview, www.isc-newsletter.com/newsletter/jul06/lin-2706/art1.pdf.