

# Sprengen mit Hightech

Bei der Planung größerer Abbruch- und Gewinnungssprengungen ist modernste Technik unverzichtbar. Das hat sich bei der 45. Internationalen Informationstagung für Sprengtechnik in Linz gezeigt.

Um im obertägigen Bergbau Sprengungen optimal durchführen zu können, also mit geringstem Sprengstoffverbrauch die größtmögliche Menge an Haufwerk zu erzielen, und Beeinträchtigungen der Umgebung (Lärm, Erschütterungen, Steinflug) so gering wie möglich zu halten, sind unter anderem eine genaue Vermessung der Bruchwand und richtungsgenaues Bohren erforderlich.

Dipl.-Geogr. Christian Rammelmeier von der *geokonzepth GmbH* ([www.geokonzepth.de](http://www.geokonzepth.de)) stellte ein Softwareprogramm zur Optimierung von Steinbruchsprengungen vor.

Der „Quarry Manager“ geht von den bei der Vermessung einer Bruchwand mit Laserscannern ermittelten Daten aus und errechnet ein dreidimensionales Bild, das mit Hilfe von GPS-Koordinaten georeferenziert werden kann. Mit darübergelegten Luftbildern kann die Landschaft optisch nachgebildet werden.

Durch die Möglichkeit, das 3D-Bild am Bildschirm in verschiedenen Positionen darzustellen, werden Vorsprünge und Einbuchtungen sichtbar. Abweichungen vom sprengtechnisch günstigsten Abstand der Bohrlachse zur Bruchwand („Vorgabe“) können durch verschiedene Einfärbungen hervorgehoben werden – Bereiche zu geringen Abstands des Bohrloches von der Wand („Schwächezonen“) beispielsweise in Rot. Beim Laden der Bohrlöcher muss durch reduzierte Sprengstoffmenge auf diese Bereiche Rücksicht genommen werden. Das Programm er-



rechnet die optimale Lage der Bohrlöcher und die Kubatur des zu werfenden Materials. Die errechnete Lage der zu setzenden Bohrlöcher wird anhand der GPS-Koordinaten in die Realität übertragen.

Mit Hilfe von Sonden kann die Richtungsgenauigkeit der Bohrlöcher nachgeprüft und in den Sprengplan zur Berücksichtigung zurückübertragen werden. Die Standorte von Erschütterungsmessgeräten sowie umliegende Gebäude können ebenfalls in die Darstellung eingebracht werden.

Zu Vermessungen aus der Luft werden Flugroboter (Drohnen) eingesetzt, die wesentlich kostengünstiger sind als bemannte Hubschrauberflüge. Die Flugkörper eignen sich auch zur Vermessung und Überwachung von Deponien. Durch tägliche Flüge kann festgestellt werden, wann, wo und welches Material deponiert wurde. Das Wachstum der Deponie kann durch das Sammeln der Aufzeichnungen mitverfolgt werden.

Ing. Franz Schuster (*SST-Schuster Spreng Technik GmbH*) referierte über die

Ingenieursleistung bei der Sprengung der 109 Jahre alten ÖBB-Brücke Alte Teichl im Bezirk Kirchdorf/OÖ. Die neue Stahlbrücke, für den nachfolgenden Einschub vorbereitet, war in der kürzesten Distanz 2,25 Meter von der zu sprengenden Brücke entfernt.

Eduard Reisch (*Reisch Sprengtechnik GmbH*) schilderte die von ihm durchgeführte Sprengung des 116 Meter hohen AfE-Turms in Frankfurt und die umfangreichen Vorarbeiten, inklusive Computer-Simulationen.

Das als monolithischer Stahlbeton-Skelettbau mit Wandstärken bis zu 50 cm konstruierte Gebäude der Abteilung für Erziehungswissenschaften der *J. W. Goethe-Universität* befand sich in einem verbauten Gebiet mit Straßen und U-Bahn-Linien und musste in sich zusammenfallen, um keine Schäden im Umfeld zu verursachen.

Erreicht wurde dies durch geringfügig zeitversetzte Sprengungen, die zunächst das äußere Skelett zum vertikalen Absturz und dann, in Form einer zweiteiligen „Faltung“, den turmartigen inneren Kern zum Einsturz brachten.

In 1.400 Bohrlöcher wurden insgesamt 950 kg Sprengstoff eingebracht. Die Sprengung am 2. Februar 2014, um 10.04 Uhr, verlief plangemäß. Bisher war in Europa noch kein so hohes Gebäude durch Sprengen abgetragen worden.

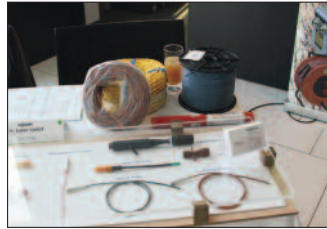
## Kennzeichnungspflicht.

Nach der EU-Richtlinie 2008/43/EG (idF RL 2012/4/EU) dürfen seit 5. April 2013 Hersteller und

Importeure von Explosivstoffen diese, zusätzlich zur alphanumerischen Kennzeichnung, nur mehr mit einer dieser entsprechenden, elektronisch lesbaren Kennzeichnung in den Handel bringen (§ 11 Abs. 1 Sprengmittelgesetz 2010 – SprG). Ab dem 5. April 2015 müssen Explosivstoffe über die gesamte Lieferkette, vom Produzenten oder Importeur über das Transportunternehmen und den Händler bis zum Endverbraucher erfasst werden können. Jeder in dieser Kette muss jederzeit über den Verbleib eines Explosivstoffes, mit dem er befasst war, Auskunft geben können (vgl. *Öffentliche Sicherheit, Nr. 1-2/13, S. 94-96*).

§ 11 Abs. 2 SprG in der ab 5. April 2015 geltenden Fassung (SprG-Nov 2012, BGBl I 2013/17) verpflichtet Personen, die gemäß den Bestimmungen des SprG mit Schieß- und Sprengmitteln handeln und diese umverpacken, eine eindeutige Kennzeichnung auf Schieß- und Sprengmitteln und der kleinsten Verpackungseinheit anzubringen.

Art. 15 Abs. 1 der am 30. März 2014 in Kraft getretenen EU-RL 2014/28/EU legt fest, dass die Wirtschaftsakteure ein einheitliches System zur eindeutigen Identifizierung und Rückverfolgung von Explosivstoffen einhalten. „Wirtschaftsakteure“ sind der Hersteller, Bevollmächtigte, Einführer und Händler sowie jede juristische oder natürliche Person, die die Lagerung, die Verwendung, die Verbringung, die Einfuhr und die Ausfuhr von Explosivstoffen bzw. den Handel damit betreibt (Art. 2 Z 13). Bis 19. April 2016 sind diese Bestimmungen von den Mitgliedstaaten umzusetzen und ab dem 20. April 2016 anzuwenden (Art. 52 Abs. 1). Die RL 2008/43/EG gilt bis dahin weiter (Art. 51 Abs. 3). Er-



**Sprengtechnik: Zündmaschine, Vermessung einer Bruchwand mit Laserscanner und GPS, Sprengzubehör.**

wägungsgrund 19 der RL 2014/28/EU bezeichnet die eindeutige Kennzeichnung von Explosivstoffen als wesentlich, damit auf allen Stufen der Lieferkette genaue und vollständige Unterlagen über Explosivstoffe geführt werden können. Dadurch sollte die Identifizierung und Rückverfolgung eines Explosivstoffes vom Herstellungsort und dem Inverkehrbringen bis zum Endnutzer und zu seiner Verwendung möglich sein, um Missbrauch und Diebstahl zu verhindern und die Vollzugsbehörden bei der Rückverfolgung der Herkunft von verloren gegangenen oder gestohlenen Explosivstoffen zu unterstützen.

Stefan Orth, Geschäftsführer der *Ontaris GmbH & Co KG*. ([www.ontaris.de](http://www.ontaris.de)), erläuterte, warum es sinnvoll ist, auch beim Endverbraucher auf elektronische Lagerbuchführung umzusteigen. Die Verbuchung der Sprengmittellieferung vereinfacht sich durch Einscannen.

Die in den Verbrauch abgehenden Sprengmittel können mit dem Ausweis des Sprengbefugten eingescannt werden. Bei allfälligen Rückgaben wird in umgekehrter Weise verfahren. Der Zeitvorteil gegenüber der Lagerbuchführung auf Papier ist evident.



**Kriegsrelikte.** Die ÖNORM B 1997-2:2012 betrifft geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke und Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 1997-2 und ist gemeinsam mit dieser anzuwenden. Regelungen für Baugrunduntersuchungen in Kampfmittelverdachtsflächen finden sich in Anhang B. Die ONR 24406-1 „Geotechnik – Untergrundbeurteilung hinsichtlich Kampfmittel“ regelt in ihrem Teil 1 Gefährdungsabschätzung, Maßnahmen und Vorgangsweise bei der Kampfmittelerkundung.

Die Anwendung des in diesen Normen vorgeschriebenen Ablaufschemas in der Praxis erläuterte Georg Neuwirth von der Luftbilddatenbank *Dr. Carls GmbH* ([www.luftbilddatenbank-gmbh.at](http://www.luftbilddatenbank-gmbh.at)). In einer Vorstudie werden Luftbilder, Informationen zu Luftangriffen und Aussagen über den Bodenkrieg ausgewertet. Erhärtet sich der Verdacht, dass sich auf einem Grundstück Kampfmittel befinden, wird dies mit weiteren Recherchen vertieft. Primär werden Akten der *US Airforce* über die Bombardierung des in Frage kommenden Gebietes herangezogen, welche Bomber eingesetzt und welche Bomben abgeworfen wurden. Diese Frage ist wichtig für die Entschärfung aufge-

fundener Blindgänger. Aus Luftbildaufnahmen, die regelmäßig nach Bombenangriffen gemacht wurden, lässt sich ersehen, an welchen Stellen bei Reihenabwürfen Bomben nicht gezündet haben. Nach US-Statistiken sind etwa 13 Prozent aller abgeworfenen Bomben nicht explodiert. Die Luftbildaufnahmen werden stereoskopisch ausgewertet und mit dem Geoinformationssystem abgeglichen. Wichtig ist dabei eine multitemporale Luftbilddauswertung, die auch spätere Angriffe einschließt. Für die Recherchen werden auch Fachliteratur und Gemeindechroniken herangezogen. Anhand dieser Unterlagen wird ein Ergebnisbericht erstellt und es werden Empfehlungen zur weiteren Vorgangsweise abgegeben. Die Befunde werden eingemessen und Gefahrenzonen in Form eines Zonenplans ausgewiesen. Sind auf einem Hektar Fläche weniger als 10 Bombenrichter oder haben dort lediglich am Boden Kampfhandlungen stattgefunden, wird die Zone gelb markiert, bei mehr als zehn Bombenrichtern rot. In dieser Zone ist mit großer Wahrscheinlichkeit mit Blindgängern zu rechnen. Zur Sicherheit wird noch ein Sicherheitspuffer von 50 Metern Radius um eine vermutende Fundstelle gelegt.

In der gelben Zone sind die Aufschlussmethoden für die Baugrunderkundung gemäß ÖNORM B 1997-2, Anhang B.2, zulässig. Nicht zulässige Aufschlussmethoden für diese Erkundung sowie zulässige Baumaßnahmen sind mit dem Sachverständigen für Kampfmittelbergung festzulegen.

In der roten Zone sind ergänzende Maßnahmen erforderlich, die gemeinsam mit dem Sachverständigen für Kampfmittelbergung festzulegen sind. In einer gutachterlichen Stellungnahme

wird letztlich von einem Sachverständigen für Kampfmittelbergung die zu erwartende Art und Herkunft der Kampfmittel beschrieben und es werden Empfehlungen für die zur Überprüfung und Herstellung der Kampfmittelfreiheit erforderlichen Maßnahmen abgegeben.

Am Beispiel eines Bauvorhabens im 4. Bezirk in Wien schilderte Dieter Vierbach von der *UXBconsult GmbH* ([www.uxbconsult.at](http://www.uxbconsult.at)) die Praxis beim Aufspüren eines Bombenblindgängers. Bereits nach dem Ergebnis einer Vorstudie wurde mit Sondierungsbohrungen begonnen. Geomagnetische Messungen deuteten auf einen bombenähnlichen Gegenstand in 3,1 Metern Tiefe hin. Bei gezielter Grabung wurde eine 80 Zentimeter lange Fliegerbombe mit einer Sprengstoffladung von 24 Kilogramm gefunden und am 29. September 2014 vom Entminungsdienst geborgen.

„Bauherr und Bauunternehmer sind verpflichtet, Gefahren durch Kriegsrelikte Rechnung zu tragen“, erläuterte Vierbach. Der Bauherr haftet dem Auftragnehmer gegenüber, dass von seinem Baugrund keine Gefahr für den Auftragnehmer ausgeht (Baugrundrisiko). Der Bauunternehmer wiederum haftet seinen Mitarbeitern gegenüber nach dem ASchG. Er hat alle Gefahren, denen seine Mitarbeiter ausgesetzt sein könnten, zu erkennen, zu beurteilen und Maßnahmen zur Verhinderung von Unfällen zu ergreifen.

Daraus ergeben sich Verpflichtungen, einen Baugrund auf Kampfmittelfreiheit zu untersuchen. „Eigentlich sollte es nicht mehr vorkommen, dass bei Baggerarbeiten unvermutet auf Blindgänger gestoßen wird“, meinte Vierbach. Die Kosten bis zum „Wahrnehmen“ eines Kriegsreliktes sind vom



**Dieter Vierbach: „Bauherr und Bauunternehmer sind verpflichtet, Gefahren durch Kriegsrelikte Rechnung zu tragen.“**

Grundeigentümer zu tragen, ebenso die Kosten zur Wiederherstellung des Geländes nach den Bergungsarbeiten. Ein Orten vermutlichen Kriegsmaterials mit technischen Mitteln ist laut Vierbach noch kein „Wahrnehmen“, sondern eine Vorstufe dazu. Erst ab dem Zeitpunkt des Wahrnehmens von Kriegsmaterial liegen die Voraussetzungen für das Einschreiten staatlicher Organe nach § 42 Abs. 4 – 6 WaffG zu Sicherung, Transport, Verwahrung und allfälliger Vernichtung vor.

**Forschung.** „Detonationen erzeugen eine Machwelle, Explosionen nicht“ – mit dieser Unterscheidung schloss Prof. Mag. Dr. Alfred Kappl ([www.energeticmaterials.at](http://www.energeticmaterials.at)) an die 120 Jahre zurückliegenden Forschungen von Ernst Mach (1838 – 1916) an. Mach hatte bei Untersuchungen zur günstigsten Geometrie von Infanteriegeschossen das Phänomen der überschallschnellen Stoßwellen erforscht, die den „Machkegel“ bilden.

Kappl machte anhand extremer Zeitlupenaufnahmen sichtbar, wie eine Detonation von Sprengstoff abläuft, mit dem Ziel, zu einem besseren Verständnis der Vor-



**Georg Neuwirth: „Luftbildaufnahmen nach Bombengriffen zeigen, an welchen Stellen Bomben nicht gezündet haben.“**

gänge zu gelangen und Schutzmöglichkeiten zu entwickeln. Mit Falschfarbendarstellungen wurden die Dichteunterschiede in der Luft sichtbar gemacht.

Die bei Detonationen entstehende, überschallschnelle Stoßwelle breitet sich kugelförmig rund um den Ursprungsort aus, verursacht aber keine Schäden – der Luftdruckunterschied macht lediglich etwa 0,1 Bar aus. Die Stoßwelle geht über Objekte hinweg. Schäden werden durch die nachfolgende Druckwelle verursacht, und diese gilt es, abzufangen, ebenso auch weggeschleuderte Gegenstände (Bombensplitter). Je mehr Beschleunigung diesen zuteil wird, desto mehr kinetische Energie steckt in ihnen. Demnach gilt es, die Beschleunigung gleich von Anfang an zu minimieren.

Als Explosionsschutz schlug Kappl die Errichtung von Wasserwänden vor, die aus stapelbaren Wasserbehältern bis zu einer Höhe von drei Metern errichtet werden können. Aus den Filmaufnahmen war zu ersehen, dass die Druckwelle von solchen Wänden absorbiert wird; sie bieten auch einen Splitterschutz. Dem Wasser können Frostschutzmittel beigemischt werden,

oder es kann geliert werden. In Sprengmittel- oder Munitionslagern können mit dem Waterwall-System an Boden und Decke befestigte Wasserwände von 33,5 Zentimeter Stärke errichtet werden, die die Auswirkungen eines Zündschlages bzw. ein Übergreifen auf den übrigen Lagerinhalt bedeutend herabsetzen. Gefährdungsbereiche um Sprengmittellager könnten bei Einsatz dieser Technik erheblich herabgesetzt werden.

Zur Abdeckung bei der Sprengung von Kriegsrelikten wurden Flexitanks entwickelt. Diese großen Plastikbehälter können mit bis zu 35.000 Litern Wasser befüllt werden und decken die Sprengstelle optimal ab, wenn ein Kriegsrelikt an Ort und Stelle gesprengt werden muss. „Sandsäcke und Reisig oder Strohballen als Dämmung sind nicht mehr zeitgemäß“, betonte Kappl und verglich die Sprengung einer 250-kg-Bombe am 28. August 2012 in München mit der Sprengung einer 75-kg-Bombe am 12. Juni 2014 in Leipzig. Im zweiten Fall erfolgte eine Abdeckung mit Wasser, sodass es kaum zu Schäden kam; Sprengstücke waren auf einem engen Radius verteilt. Es entstanden auch keine Sekundärschäden durch brennendes Dämmmaterial.

Helmut Zwanz von der *MAXAM Österreich GmbH* wies darauf hin, dass die nicht-elektrische Zündung unter anderem den Vorteil bietet, gegenüber elektrischer Energie unempfindlich zu sein. Ein Nachteil ist, dass nicht, wie bei der elektrischen Zündung, der Zündstromkreis durchgemessen werden bzw. eine Durchgangsprüfung erfolgen kann. Es muss auf eine Verlegung der Zündschläuche geachtet werden, die eine visuelle Überprüfung ermöglicht.

Kurt Hickisch