

SPRENG

INFO

ABBRUCH

Sprengabbruch des Luther-
Wohnhochhauses in Regensburg

GESETZE UND VERORDNUNGEN

Wege zur richtigen Beurteilung von
Gefährdungen

BERGBAU

Emulsionssprengstoffe für den
Kali- und Steinsalzbergbau

SSE

Alles aus einer Hand

Produktion, Sprengmittelvertrieb und Dienstleistungen

Ausführung sämtlicher Bohr- und Sprengarbeiten für:

- Steinbruch
- Tagebau
- Ingenieurbau
- Tunnelbau
- Straßenbau
- Bodenstabilisierung
- Pipeline-Sprängungen
- Grabensprängungen
- Felssicherung

Einsatz modernster Messtechnik für:

- Erschütterungsmessung
- Bruchwandvermessung
- Bohrloch-Verlaufsmessung
- Dokumentation der Sprengungen



Sprengmittelvertrieb - Dienstleistungen

SSE DEUTSCHLAND GMBH
 Mülheimer Straße 5
 53840 Troisdorf
 Deutschland
 T +49 (0) 2241 4829 1235
 F +49 (0) 2241 4829 3235
 info@sse-deutschland.de

Produktion

EURODYN SPRENGMITTEL GMBH
 Dr.-Hermann-Fleck-Allee 8
 57299 Burbach-Würgendorf
 Deutschland
 T +49 (0) 2736 448 0
 F +49 (0) 2736 448 3002
 info@sse-deutschland.de

www.sse-deutschland.de

DER VORSITZENDE HAT DAS WORT ...

Liebe Fachkolleginnen und Fachkollegen,
 liebe Leserinnen und Leser,

bisher hat es der Sommer mit den meisten Regionen in Deutschland recht gut gemeint und ist seinem Namen gerecht geworden.

Sieben Monate dieses mehr als außergewöhnlichen Jahres liegen bereits hinter uns und rückblickend werden uns diese wohl noch lange in Erinnerung bleiben. Die Corona-Pandemie und die damit verbundenen notwendigen Maßnahmen und Einschränkungen haben das Leben für uns alle, sowohl im privaten als auch im beruflichen Bereich, maßgeblich geprägt und werden uns sicherlich auch in den kommenden Monaten bei unseren Entscheidungen beeinflussen und dies ganz sicher nicht nur bei der Wahl und Gestaltung des diesjährigen Sommerurlaubs. Ich drücke Ihnen die Daumen, dass Sie eine gute Möglichkeit finden, Ihre wohlverdienten Sommerferien in einer reizvollen Gegend und mit dem passenden Wetter genießen können. Auch der Deutsche Sprengverband musste auf die mit der Corona-Pandemie verbundenen Auswirkungen reagieren und die 42. Informationstagung Sprengtechnik, die im Zeitraum vom 17.-18. April 2020 geplant war, absagen.

Verfolgt man die Entwicklung der Corona-Krise in Deutschland und in einigen Ländern in Europa kann man einen Trend erkennen, der bestätigt, dass die drastischen Maßnahmen der letzten Monate eine Entwicklung ermöglicht haben, welche uns Anlass zum Optimismus geben sollten. Auch wenn das Infektionsrisiko nach wie vor existiert und in keinem Fall unterschätzt werden darf, denke ich, dass wir auf dem richtigen Weg sind, diese bisher nie dagewesene Situation meistern zu können.

Der Vorstand unseres Verbandes traf sich am 03. Juli 2020 zu seiner ersten virtuellen Vorstandssitzung. Im Ergebnis haben alle Beteiligten zum Ausdruck gebracht, dass auch in dieser Form ein reger und konstruktiver Austausch von Meinungen, das Lösen von Aufgabenstellungen und somit eine Kontinuität in der Verbandsarbeit möglich ist. Es wurde aber auch deutlich, dass aus unserer Sicht ein persönliches Treffen und die damit verbundenen sozialen Kontakte, Möglichkeiten bieten, die weit über ein virtuelles Treffen hinausgehen. Diesen Umstand sollte man gelegentlich stärker in den Focus rücken, wenn man die aktuelle Diskussion zum Thema: „Anspruch auf Homeoffice für alle“ verfolgt.

Ein wichtiger Tagesordnungspunkt unserer virtuellen Vorstandssitzung war die 42. Informationstagung Sprengtechnik. Ausgehend von unseren im April mit dem Schulverwaltungsamt des Kreises Siegen-Wittgenstein geführten Gesprächen, hatten wir eine Verlegung der Tagung auf den Zeitraum vom 16.-17. Oktober 2020 vereinbart. Da der Schulbetrieb auch im Berufskolleg Technik des Kreises Siegen-Wittgenstein nur eingeschränkt stattfinden konnte und daher die aktuelle Situation für die schulische Nutzung des Berufskolleg ein



hohes Maß an Flexibilität erfordert, hat uns das Schulverwaltungsamt mitgeteilt, dass **leider keine Nutzung der schulischen Räumlichkeiten des Berufskollegs Technik für unsere Informationstagung zum Ausweichtermin möglich ist**. Wir haben daher schweren Herzens im Vorstand entschieden, die diesjährige **Informationstagung Sprengtechnik endgültig abzusagen**. Wir bedauern dies sehr und hoffen auf Ihr Verständnis.

Lassen Sie uns daher gemeinsam nach vorn schauen und bleiben Sie zuversichtlich!

Der Vorstand des Deutschen Sprengverbandes lässt sich ebenfalls von dieser Maxime leiten und freut sich, Sie schon jetzt zu unserer 24. Regionaltagung Sprengtechnik, welche am 16. Januar 2021 in der Region Bautzen stattfinden wird, einzuladen.

Zum Abschluss noch eine Anmerkung in eigener Sache. Sicherlich wundern Sie sich, dass Sie die zweite Ausgabe unserer Zeitschrift nicht als gedruckte Ausgabe in Ihren Händen halten können. Mit der Corona-bedingten Absage unserer diesjährigen 42. Informationstagung Sprengtechnik haben wir uns entschlossen, das im Umfang etwas kleiner ausfallende Heft 2 unserer Zeitschrift SPRENGINFO in rein digitaler Form erscheinen zu lassen. Die Ausgabe steht Ihnen als pdf- und web-basierte Version zur Verfügung. Somit kann die aktuelle Ausgabe auch auf allen mobilen Endgeräten gelesen werden und ist somit vielleicht auch ein Teil Ihrer Urlaubslektüre. Den Link hierzu finden Sie auf der Homepage unseres Verbandes.

Ich wünsche allen Mitgliedern unseres Verbandes und Leserinnen und Lesern dieser Zeitschrift erholsame und hoffentlich auch weiterhin sonnige Urlaubs- und Sommertage.

Herzliche Grüße
 Jörg Rennert

UMSCHAU

Veranstaltungen.....	5
Update der Tunnelmanagementsoftware iSURE®.....	6

ABBRUCH

Sprengabbruch des Luther-Wohnhochhauses in Regensburg – Daniel Maul und Johannes Hubrich.....	7
Der Fall der Philippsburger Kühltürme – Richard Lankes.....	9

GESETZE UND VERORDNUNGEN

Wege zur richtigen Beurteilung von Gefährdungen – Unfalluntersuchung eines schwarzpulverähnlichen Reinigungspulvers – Dr. Silke Schwarz und Lutz Kurth.....	15
--	----

BERGBAU

Emulsionssprengstoffe für den Kali- und Steinsalzbergbau – Dr. Rüdiger Triebel und Dr. Frederik Flach.....	23
--	----

VERBANDSNACHRICHTEN

Dr. Holger Krebs mit dem Barbara-Relief geehrt.....	35
Herzlichen Glückwunsch lieber Friedhelm Landgraf!.....	35
Die Jubilare des Jahres 2020.....	36
Aus- und Weiterbildungsangebote Dresdner Sprengschule GmbH.....	38
Aus- und Weiterbildungsangebote Sprengverein in Bayern e.V.....	41
Aus- und Weiterbildungsangebote Sprengtechnik Siegen des Kreises Siegen-Wittgenstein.....	41

Impressum

SPRENGINFO 42(2020)2
Die Fachzeitschrift des Deutschen Sprengverbandes
ISSN 0941 – 4584

Herausgeber
Deutscher Sprengverband e.V.
Geschäftsstelle
Weinligstr. 30, 57074 Siegen
Tel.: +49 271 2503243
Fax: +49 271 2382890
E-Mail: geschaeftsstelle@sprengverband.de
Internet: www.sprengverband.de

Vorsitzender
Jörg Rennert (JR)
Tel.: +49 351 4305930
E-Mail: joerg.rennert@sprengverband.de

Stellvertreter
Manfred Dax (MD)
Tel.: +49 9081 29087-11
E-Mail: manfred.dax@sprengverband.de
Rolf Landmann (RL)
Tel.: +49 6841 9348723
E-Mail: rolf.landmann@sprengverband.de

Redaktion
Jörg Groschopp (JG)
(Leiter Redaktionsausschuss)
megaDOK Informationsservice
Breitscheidstr. 51, 39114 Magdeburg
Tel.: +49 391 8107250
E-Mail: info@megadok.de

Manfred Dax (MD)
E-Mail: manfred.dax@sprengverband.de
Walter Werner (WW)
E-Mail: walter.werner@sprengverband.de
Dr. Holger Krebs (HK)
E-Mail: holger.krebs@sprengverband.de
Uwe Zimmer (UZ)
E-Mail: uwe.zimmer@sprengverband.de

Gestaltung

Ö GRAFIK agentur für marketing und design
E-Mail: info@oe-grafik.de

Titelfoto
Sprengabbruch des Luther-Wohnhochhauses in Regensburg,
Ausführendes Unternehmen:
Thüringer Sprenggesellschaft mbH, Foto: Stadt Regensburg
Mehr Informationen im Beitrag auf Seite 7.

Vertrieb und Anzeigen
megaDOK Informationsservice
Breitscheidstr. 51, 39114 Magdeburg
Tel.: +49 391 8107250
E-Mail: info@megadok.de

Druck
MPS Schönebeck, ein Unternehmen der WestRock GmbH
E-Mail: satz.werbung@druckereischlueter.de

Urheberrecht
Alle veröffentlichten Beiträge und Abbildungen unterliegen dem Urheberrechtsschutz. Für den Inhalt der Beiträge und die Einhaltung der Bildrechte sind die Autoren verantwortlich. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Herausgebers. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Veröffentlichungen
Alle mit Namen oder Initialen gezeichneten Veröffentlichungen geben ausschließlich die Meinungen der Verfasser wieder. Für Veröffentlichungen trägt der Herausgeber nur die allgemeine presserechtliche Verantwortung im Sinne des Pressegesetzes. Die Redaktion behält sich die Auswahl und Kürzung von Briefen zur Veröffentlichung vor.

Erscheinungsweise und Bezug
Die Zeitschrift erscheint dreimal pro Jahr.
Jahresabonnement (3 Hefte):
• Inland: 50,00 Euro (inkl. Versandkosten)
• Ausland: 50,00 Euro (zuzügl. Versandkosten)
• Einzelheft: 20,00 Euro (inkl. Versandkosten)

Das Abonnement gilt mindestens 1 Jahr und kann danach mit einer Frist von 6 Wochen zum Ende des Bezugszeitraumes gekündigt werden. Mitglieder des Deutschen Sprengverbandes erhalten die Zeitschrift im Rahmen ihrer Mitgliedschaft.

Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO)
Jubilare des Deutschen Sprengverbandes werden in der Zeitschrift veröffentlicht. Wenn Sie mit einer Veröffentlichung zu Ihrem Jubiläum nicht einverstanden sind, möchten wir Sie bitten, einer Veröffentlichung Ihrer Daten zu widersprechen. Der Widerspruch ist einmalig und schriftlich an die Geschäftsstelle des Deutschen Sprengverbandes zu richten.

Hinweis zur Bildverwendung von Veranstaltungen: Mit der Registrierung zur Teilnahme an Veranstaltungen des Deutschen Sprengverbandes willigen Sie ein, dass ggf. ein Foto und/oder filmische Abbildung Ihrer Person für die Veröffentlichung in den Verbandsmedien genutzt werden kann.

Redaktionsschluss für das Heft 3/2020 ist der 06.10.2020

INSERENTENVERZEICHNIS

SSE Gruppe, **Premium-Partner** – S. 2 (Umschlag)
Epiroc Deutschland GmbH, Essen – S. 11
Detektei & Sicherheitsdienst Werner Mayerl,
Bad Wörishofen – S. 22
Sandvik Mining and Construction Central Europe GmbH,
Essen – S. 14
ASMW-Consult, Ramberg – S. 34
MSW-CHEMIE GmbH, Langelsheim – S. 31
Austin Powder Germany GmbH, Finnentrop,
Premium-Partner – S. 34
sprewa Sprengmittel GmbH, Nördlingen – S. 22
Bergma GmbH, Gadebusch – S. 42
Fr. Sobbe GmbH, Dortmund, **Premium-Partner** – S. 34
ifp Ingenieurbüro für Prozeßautomation GmbH, Weyarn – S. 22
Dresdner Sprengschule GmbH, Dresden – S. 43 (Umschlag)
MAXAM Deutschland GmbH, Dobernschau-Gaußig,
Premium-Partner – S. 44 (Umschlag)

VERANSTALTUNGEN

24. REGIONALTAGUNG SPRENGTECHNIK

16.01.2021, **Region Bautzen** -Informationen: www.sprengverband.de

47TH ANNUAL CONFERENCE ON EXPLOSIVES & BLASTING TECHNIQUE

07.–10.02.2021, **Orlando, Florida, USA** – Informationen: www.isee.org

SAFEX INTERNATIONAL CONGRESS

21. – 26.03.2021, **Salzburg, Österreich** – Informationen: www.safex-international.org

WORKSHOP-VERANSTALTUNG ZUR 42. INFORMATIONSTAGUNG SPRENGTECHNIK

08.04.2021, **Siegen** – Informationen: www.sprengverband.de

42. INFORMATIONSTAGUNG SPRENGTECHNIK

09.–10.04.2021, **Siegen** – Informationen: www.sprengverband.de

STEINEXPO 2021

11. Internationale Demonstrationsmesse für die Roh- und Baustoffindustrie
14.–17.04.2021, **Homburg/Nieder-Ofleiden** – Informationen: www.steinexpo.de

WORLD TUNNEL CONGRESS 2021

16.–19.05.2021, **Kopenhagen, Dänemark** – Informationen: www.wtc2021.dk

MINEXPO INTERNATIONAL 2020 – VERSCHOBEN AUF SEPTEMBER 2021

Las Vegas, USA – Informationen: www.minexpo.com

FRAGEBLAST – 13TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROCK FRAGMENTATION BY BLASTING

17.–22.10.2021, **Hangzhou, China** – Informationen: www.fragblast13.org.cn/

45TH INTERNATIONAL PYROTECHNICS SOCIETY SEMINAR – VERSCHOBEN AUF 2022

Colorado, USA – Informationen: www.intpyrosoc.org

UPDATE DER TUNNEL- MANAGEMENTSOFTWARE iSURE®

Die iSURE® Software (Intelligent Sandvik Underground Rock Excavation Software) ist ein Computerprogramm für die Steuerung von Bohr- und Sprengprozessen im Tunnel-, Tief- und Bergbau. Sie liefert alle erforderlichen Daten für einen optimierten Bohr- und Sprengprozess.

Die Version iSURE® 8.0 verfügt unter anderem über ein Tool für eine vorlagenbasierte Bohrplanerstellung. Dabei werden die Sprengbarkeit des Gesteins sowie Tunnelprofil, Qualitätsziel und zu verwendende Sprengstoffe einbezogen. Erfolgreicher Tunnelbau setzt sich aus vier Schlüsselpunkten zusammen: Qualität, Kosten, Zeitplan und Sicherheit. Die Software trägt wesentlich dazu bei, dass Bohr- und Sprengarbeiten noch präziser durchgeführt und so die besten Ergebnisse erzielt werden.

Optimiertes Bohren und Sprengen

Die Optimierung von Bohr- und Sprengprozessen heißt, die unterschiedliche Sprengbarkeit von Gestein und andere variierende Umgebungsbedingungen zu berücksichtigen. Eine



Foto: Sandvik

kontrollierte Sprengung ergibt einen guten Ausbruch, begrenzte Bruchzonen und höhere Festigkeit um den Tunnel. Länge und Detonation eines Zyklus können auf das zulässige Vibrationsniveau und die geologischen Verhältnisse abgestimmt werden. iSURE® 8.0 hilft dabei, dies zu erreichen. Die Software bietet zur Erzielung der bestmöglichen Ergebnisse eine Reihe von Planbearbeitungs- und Feedbackfunktionen. Durch das parameterbasierte Design lassen sich Sprengmuster problemlos bearbeiten.

Datengesteuerte Produktivität

Mit iSURE® 8.0 kann die Nutzung des Bohrgeräts und die Effizienz der Bohrprozesse auf der Grundlage einzelner Abschlüsse untersucht, gemessen und maximiert werden.

Das Programm unterstützt ferner die Analyse von Daten, die entlang der Tunnellinie erfasst wurden, woraus sich die Trends unterschiedlicher Leistungskennzahlen (KPIs) erkennen lassen. Darüber hinaus ergibt eine Analyse der MWD-Werte (MWD = Measure While Drilling / Messung während des Bohrprozesses) ein Histogramm der erzielten Eindringgeschwindigkeit je Bohrleistung, Spülleistung oder Anzahl von Störungen beim Bohren – sowohl allgemein als auch für jeden Bohrarm.

Die funktionsreiche Software nutzt die Datenerfassung des Bohrgeräts, um den Arbeitszyklus und den Bohr- und Sprengprozess zu verbessern. Sie verfügt zudem über ein optionales Tool für geologische Analysen (iSURE® GEO), ein 3D-Scansystem (iSURE® 3DSCAN) und eine Schnittstelle für Sprengerschütterungsmesssysteme von Drittanbietern.

Der optionale Bordscanner zeichnet das Tunnelprofil an der Ortsbrust auf. Die iSURE 8.0 Software generiert Oberflächenmodelle auf der Basis von

Punktwolken in einer 3D-Sicht mit Unter- / Überprofil-Visualisierung und einer 2D-Sicht für das Feedback an die Bohr- und Sprengplanungsoptimierung. Dargestellt wird auch die Produktion in Zahlen (tatsächlich, theoretisch, Unter- / Überprofil m³).

Weitere Eigenschaften der iSURE® Version 8.0

Benutzerfeedback und weltweit gesammelte Erfahrungen aus der Praxis haben zu weiteren Verbesserungen der iSURE®-Software geführt. Die neue Version 8.0 bietet:

- Hilfswerkzeug zur Auswahl von fertigen Bohrschablonen für die Bohrplanerstellung
- Cloud-System für den Datenaustausch
- Neue Benutzeroberfläche
- Neues Lizenzsystem
- Zielvorgabe für die Qualität des Ausbruchprofils
- Berechnung von Schätzwerten auf der Basis des Bohrgeschwindigkeitsindex für die Dauer eines Zyklus (Abschlags)

Das neue integrierte Cloud-System erleichtert den Austausch von Projektdaten zwischen den Cloud-Mitgliedern. Die Cloud-Daten sind Eigentum des Bohrgerätebesitzers. Er kontrolliert die Daten, definiert Rollen und entscheidet über Zugriffsrechte für Mitglieder.

Quelle: Auszug Pressemitteilung Sandvik Mining and Construction Central Europe GmbH, 16.09.2019

SPRENGABBRUCH DES LUTHER-WOHNHOCH- HAUSES IN REGENSBURG ANSPRUCHSVOLLER SPRENGABBRUCH IM DIREKTEN UMFELD DES HAUPTBAHNHOFES REGENSBURG

VON DANIEL MAUL UND JOHANNES HUBRICH

DEMOLITION OF THE LUTHER HIGH-RISE IN REGENSBURG DEMANDING DEMOLITION IN THE IMMEDIATE VICINITY OF REGENSBURG CENTRAL STATION

Vorstellung eines ökologisch bevorzugten Sprengkonzepts als anspruchsvolle Projektumsetzung in einer Innenstadtlage. Die Wahl für den Sprengabbruch wurde seitens des Kunden und der Stadt ökologisch bevorzugt, um insbesondere die Umwelt in der dicht besiedelten Innenstadtlage und das sensible Ökosystem im umliegenden Schlosspark zu schützen. Insgesamt werden Sprengabbruchkonzepte als sanftere Technologieanwendung in Innenstadtzonen angesehen.

Presentation of an ecologically preferred blasting concept as a sophisticated property in an city center location. The choice for the demolition was ecologically preferred on the part of the client and the city, in order to protect especially the environment in the densely populated inner-city location and the sensitive ecosystem in the surrounding castle park. All in all, explosive demolition concepts are viewed as a gentler technology application in inner city zones.

Am 23. Februar 2020 war es für das Team der Thüringer Sprenggesellschaft wieder soweit. Nach der erfolgreichen Umsetzung des ersten Weißen Riesen 2019 in Duisburg stand mit dem Lutherhaus in Regensburg das nächste anspruchsvolle Objekt in innerstädtischer Lage an.

Das 1967 erbaute Studentenwohnheim, auch nach seinem Erbauer „Wirsing-Turm“ genannt, hatte in seiner Funktion aufgrund des baulichen Zustandes ausgedient.

Die Wahl fiel auf den Sprengabbruch, um besonders das Umfeld in der dicht besiedelten innerstädtischen Lage und das sensible Ökosystem im umgebenen Schlosspark zu schützen. Die Lärm- und Staubbeanspruchung erstreckten sich beim Sprengen nur über einen Augenblick, während es beim Abbruch mit einem Longfront-Bagger ein langwieriges Verfahren gewesen wäre. Somit wurde der Sprengabbruch in Summe als schonenderes Verfahren angesehen. Durch den Bauherrn, die

Stadt Regensburg, wurde im Einvernehmen der Sprengabbruch unter besonderem ökologischem Schutz des Schlossparks unterstützt.

Durch die hervorragende Vorarbeit seitens des beauftragenden Unternehmens Abbruch M. Reithelshöfer GmbH aus Roth konnten die Bohr-, Lade- und Sicherungsarbeiten effizient und sicher innerhalb des Zeitplans durchgeführt werden.

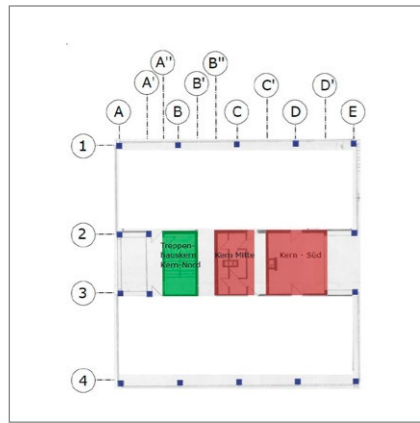


Abb. 1: Grundriss

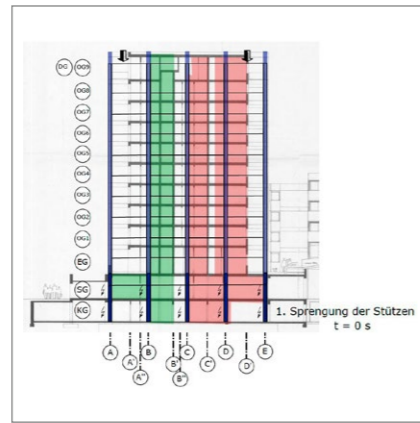


Abb. 2: Vertikalkollaps – Skelett

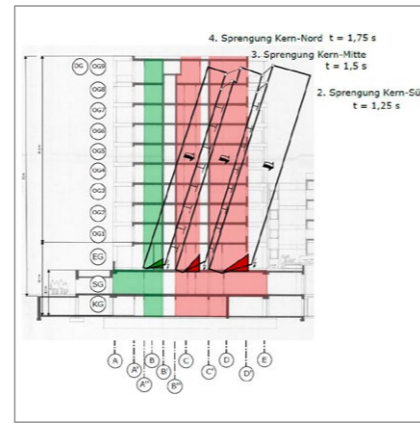


Abb. 3: Fallrichtungssprengung – Kern

Im vorangegangenen Sprengkonzept der Fa. REGRATA Abbruch und Recycling GmbH & Co. KG wurde eine Kombination aus Kollaps- und Fallrichtungssprengung des Zentralkernes nach Süden in die Baugrube der ehemaligen Tiefgarage projiziert. Das östlich angrenzende Kepplerhaus wurde als Schutzbau für die sensible Nachbarbebauung erhalten und anschließend mechanisch abgebrochen. Für den Erfolg des Sprengabbruches war der zuverlässige Kollaps von höchster Bedeutung, da nur für den freistehenden Kern ausreichend Raum in der Baugrube vorhanden war.

Nachfolgend sind zur Übersicht Auszüge aus dem Sprengkonzept dargestellt.

Bei dem Sprengabbruch wurden zuerst die äußeren Stützen in den unteren Geschossen gesprengt. Dadurch versagte die Deckeneinspannung am Kern auf Biegung und die Decken

klappten ein. Anschließend rissen die Decken bündig am Kern ab und stapelten sich in der Baugrube.

Nach dem Vertikalkollaps erfolgte die Sprengung des Gebäudekerns. Der Gebäudekern wurde hierbei in drei Einzelkerne unterteilt. Dafür wurden Sägeschnitte zwischen den Kernen vorgesehen. Die Zündung erfolgte noch während des Deckeneinsturzes, damit diese die Umgebung vor dem Sprengstreifflug des Kernes schützen konnten.

Neben der etablierten Staubbinding durch Feuerwehrspritzen und mobilen Wassernebelgeräten wurden erfolgreich Beregnungssäulen in Form von gesprengten Wasserbecken eingesetzt. Die Wasserbindungsmaßnahmen wurden wie der Kern elektronisch zum optimalen Zeitpunkt gezündet.

Durch ein umfangreiches Sicher-

heits- und Evakuierungskonzept wurde das Areal um das Hochhaus am 23. Februar ab 8 Uhr ohne Verzögerungen geräumt. Während in anderen Teilen der Republik am Karnevalssonntag die Pappnasen gezückt wurden, trugen wir in Regensburg den Bauhelm. Pünktlich um 11 Uhr fiel das Lutherhaus wie projiziert innerhalb weniger Sekunden zu Boden. Die Thüringer Sprenggesellschaft bedankt sich ganz herzlich bei allen Beteiligten für die Unterstützung in der Umsetzung des Projektes.

DANIEL MAUL
Thüringer Sprenggesellschaft mbH
www.thueringer-sprengtechnik.de

JOHANNES HUBRICH
REGRATA Abbruch und Recycling GmbH & Co. KG
www.regrata.de



Abb. 4: Sprengung des Luther-Wohnhochhauses, Foto: Stadt Regensburg

DER FALL DER PHILIPPSBURGER KÜHLTÜRME

VON RICHARD LANKES

THE FALL OF THE COOLING TOWERS OF THE NUCLEAR POWER STATION OF PHILIPPSBURG

Die unverwechselbare Herausforderung im AKW Philippsburg ergab sich schon zu Projektbeginn mit der Ausführungsplanung und der Konzeptspezifikation „Sprengen nach Atomrecht“. Beschrieben werden die Herangehensweise mittels umfangreicher Gefährdungsbeurteilung, Arbeitsanweisungen bis zu Sicherheitsdatenblättern zum Sprengeneinsatz in einem Atomkraftwerk. Der gesamte Prozessablauf zum Sprengabbruch musste durch ein externes Expertenteam und verschiedene Prüfinstanzen dokumentiert und geprüft werden. In Vorbereitung zur Sprengung werden unterstützend Simulationen mittels Finite-Elemente-Modelle aufgezeigt. Ein besonderes Augenmerk zu den Sicherheitsbestimmungen bestand darin, dass nach Atomrecht immer zwei Sprengberechtigte notwendig waren.

The distinctive challenge at the nuclear power station at Philippsburg was caused already at the beginning of the planning and draft specifications for the blast by the conditions of nuclear laws. The approach by an extensive risk analysis, instructions up to safety regulations of the planned use of explosives in a nuclear area are described. The complete performance of the blast operation had to be examined by an external expert team at different stages and documentations and certifications. The preparations of the blast were supported by an analysis by means of finite elements models. A special eye mark of the safety rules consisted of the necessity of doubling - the permanent presence of two responsible blasters was mandatory.

Eine Sprengung mit noch nie dagewesenen und völlig neuen Herausforderungen für ein Sprengunternehmen! Der Betreiber Energie Baden-Württemberg (EnBW) hat sich entschlossen, nach der Stilllegung des Kernkraftwerkes Philippsburg die Anlage weiterhin zur Energieverteilung zu nutzen. Dazu soll auf dem Gelände ein Konverter errichtet werden. Im Zuge der Baumaßnahme müssen die Kühltürme ZT 21 und URA rückgebaut werden. Im Rahmen der Planung entschied sich EnBW mit dem Ingenieurbüro ZPP, dass auch eine Sprengung in Frage käme, da dies ein enormer Zeitgewinn ist. Die Abbruchfirma Max Wild GmbH und das Sprengunternehmen Reisch Sprengtechnik GmbH haben sich dieser Herausforderung gemeinsam angenommen. Ein erster Schritt dazu war die Machbarkeitsstudie von Dr.-Ing. Rainer Melzer, der die grundlegende Sprengung in seiner Studie beschrieb.

Nach Beginn des Rückbaus des neuen Konvertergeländes, dem ersten Ortstermin und der ersten Marathonbesprechung wurde klar: **Sprengen unter Atomrecht ist mehr als eine Herausforderung.**

Die Ausführungsplanung sowie das Konzept zur Sprengung wurden mit jeder Besprechung, jedem Ortstermin und jeder Telefonkonferenz / Videokonferenz umfangreicher und detaillierter.

Gründe hierzu liegen im Atomrecht, hier wird mit der Rückwirkungsfreiheit und mit dem Vier-Augenprinzip gearbeitet (so, wie im Sprengabbruch).

Dies hatte zur Folge, dass für die Sprengung sämtliches Personal doppelt vorhanden sein musste. Auch musste das Personal speziell geschult werden (z. B. SCC-Schulung, AvO-Arbeitsverantwortlicher vor Ort...), um auf dem Gelände des Kernkraftwerkes Philippsburg Arbeiten durchführen zu dürfen. Es wurde eine ähnliche Arbeitsstruktur wie im Kernkraftwerk angenommen.

Während der Planungsphase zur Sprengung stufte das Innenministerium Baden-Württemberg sämtliche Unterlagen sowie zeitliche Abläufe als VS-vertraulich ein, was einen bürokratischen Mehraufwand von über 20% bedeutete.

Die Gefährdungsbeurteilung für eine Sprengung auf einem Gelände eines Kernkraftwerkes, auf dem eigentlich die

Verwendung von Sprengstoff verboten ist, gestaltete sich als Papiermonster. Beginnend mit der Überprüfung / Sicherheitsüberprüfung sämtlicher Personen, die auf dem Gelände arbeiten, mit jeglichen Berechtigungen im Bereich Sprengen über Ersthelfer, Baumaschinenführer bis zum Industrie- und Höhenarbeiter wurden hinterlegt. Es mussten sämtliche Datenblätter, Sicherheitsdatenblätter, Bedienungsanleitungen, Beschreibungen, Zulassungen sowie Gefahrstoffe und jegliche Änderung gelistet und gemeldet werden. Das heißt in der Praxis unter anderem: Sicherheitsdatenblätter vom Lithium-Akku der Bohrmaschine, Sicherheitsdatenblätter der Markiersprays und Bedienungsanleitung des Bohrgerätes. Sämtliche geplanten Arbeiten / Arbeitsschritte mussten in Arbeits- und Betriebsanweisungen beschrieben werden. Von der Anleitung, wie man Geotextil mit einem baufachlich zugelassenen Befestigungsmittel an einem Kühlturm befestigt, bis zur Kennzeichnung von Bohrlöchern, die mit Laser eingemessen und mit einer Schablone farblich gekennzeichnet wurden.



Abb. 1: Gekennzeichneter und gebohrter rechter schräger Fallschlitz oben, Foto: Lankes

Ebenso die Bohrarbeiten wurden nach einem Schema abgearbeitet:

Alle geplanten Arbeitsschritte über Beginn, Sachstand, Abschluss wurden über die Firma Max Wild GmbH zur Baustellenleitung gemeldet und es wurde der nächste Arbeitsschritt beantragt. Dieser durfte erst nach Freigabe und Überprüfung der externen Sicherheitskoordinatoren begonnen werden. Dies bedeutete eine ständige Überwachung sämtlicher Tätigkeiten, um diese zeitlich koordiniert und optimiert abarbeiten zu können.

Die Leistungsbeschreibung des Bauvorhabens gab vor, dass sämtliche Arbeiten, die zum Sprengabbruch notwendig sind, durch externe Prüfer dokumentiert werden mussten. Für die Firma Reisch Sprengtechnik GmbH wurde Herr Michael Schneider beauftragt, diese Überprüfung wahrzunehmen. Seitens EnBW wurden die öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen Herr Martin Hopfe sowie Herr Gerd Vogel beauftragt. Atomrechtlich wurde das ganze vom TÜV Süd durch den öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen Herrn Manfred Krämer und den Sprengsachverständigen Herrn Walter Werner beaufsichtigt.

Die beiden Kühltürme ZT 21 und URA mit ihrer Höhe von 152 m, einem Durchmesser von 123,5 m und einem Gewicht von ca. 32.000 Tonnen sind weithin als mächtige Bauwerke zu erkennen. Die Sprengung der Kühltürme war insoweit herausfordernd, da das nächste Gebäude, ca. 25 m entfernt vom Kühlturm ZT 21, nicht beschädigt werden durfte. Auch die Erschütterungen, die durch die fallende Masse des

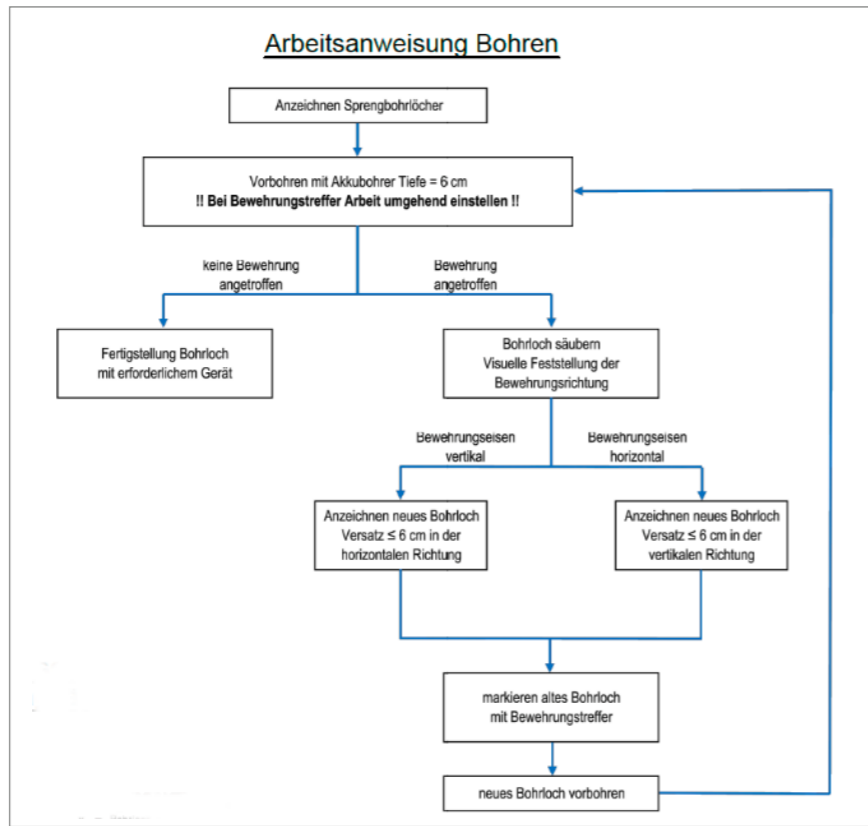


Abb. 2: Graphische Darstellung Arbeitsanweisung Bohrarbeiten, Grafik: Ingenieurbüro ZPP

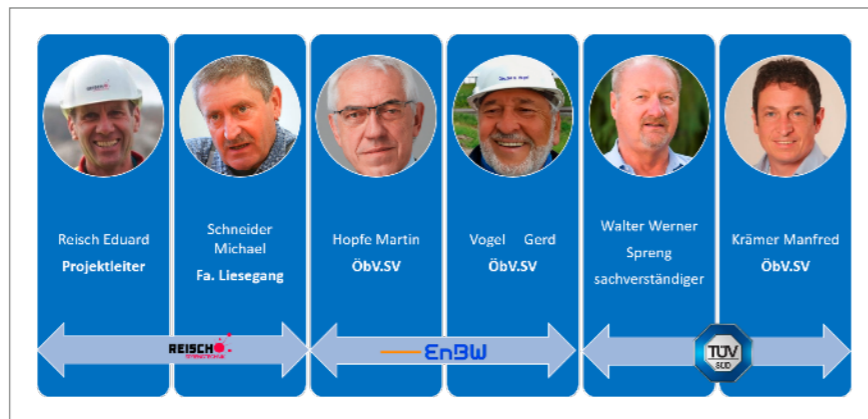


Abb. 3: Prüfung und Überwachung, Grafik: Lankes

Kühlturmes in den Boden eingeleitet werden, mussten Berücksichtigung finden. Diese spezielle Aufgabe übernahm das Ingenieurbüro Wölfel, das mit Simulationen durch finite Elementmodelle nachgewiesen hat, dass keine Schäden im Umfeld oder am Atomkraftwerk auftreten werden.

Ein besonderes Augenmerk bekam der Umgang mit Sprengstoff und Zünder, die in einem speziell konstruiertem Bereitstellungsraum bereitgehalten wurden. Auch der Transport auf der Baustelle wurde unter erhöhten Sicher-

heitsvorkehrungen, hier immer zwei Sprengberechtigte, durchgeführt. Sämtliche Arbeiten wurden nach den Arbeitsanweisungen vorbereitet und in den Lade- und Logger-Karten dokumentiert. Durch den sehr geringen Zeitraum, der zur Verfügung stand, um nach den Schwächungsarbeiten die Kühltürme zu laden, wurden alle Sprengladungen vorkonfektioniert, beschriftet und einzeln verpackt. Das Programmieren des elektronischen Zündsystems E*Star der Firma Austin Powder wurde zur Dokumentation gefilmt.



Abb. 4: Kontrolle vorkonfektionierter Sprengmittel, Foto: Lankes

Das Sprengprinzip, hier eine sogenannte Kipp-Kollapssprengung, wurde durch die Sprengungen der V-förmigen Stützenpaare ca. 55% des Umfangs sowie den linken und rechten Fallschlitz und die drei Vertikalschlitz in Fallrichtung eingeleitet.

Insgesamt wurden 2.200 einzelne Sprengladungen für die beiden Kühltürme vorkonfektioniert mit Beschriftung, Programmierung und Nachweisführung. Diese 2.200 Sprengladungen mussten nun in 106 Sprengzonen verbaut werden. Dies erforderte eine aufwendige Koordination und Nachweisführung, denn es musste sichergestellt werden, wenn das System einen Zünder nicht identifiziert, dass genau bestimmt werden kann, in welcher Sprengzone, welcher Bohrlochreihe und in welchem Bohrlöcher sich dieser Zünder befindet.

Startklar für die Zukunft.

United. Inspired.

Epiroc ist ein führender Anbieter von Lösungen für den Berg- und Tunnelbau, für Infrastrukturprojekte sowie bei der Ressourcengewinnung. Aufbauend auf der langjährigen Erfahrung von Atlas Copco, ist Epiroc Ihr bewährter und neuer Partner. Heute und in Zukunft.

epiroc.de

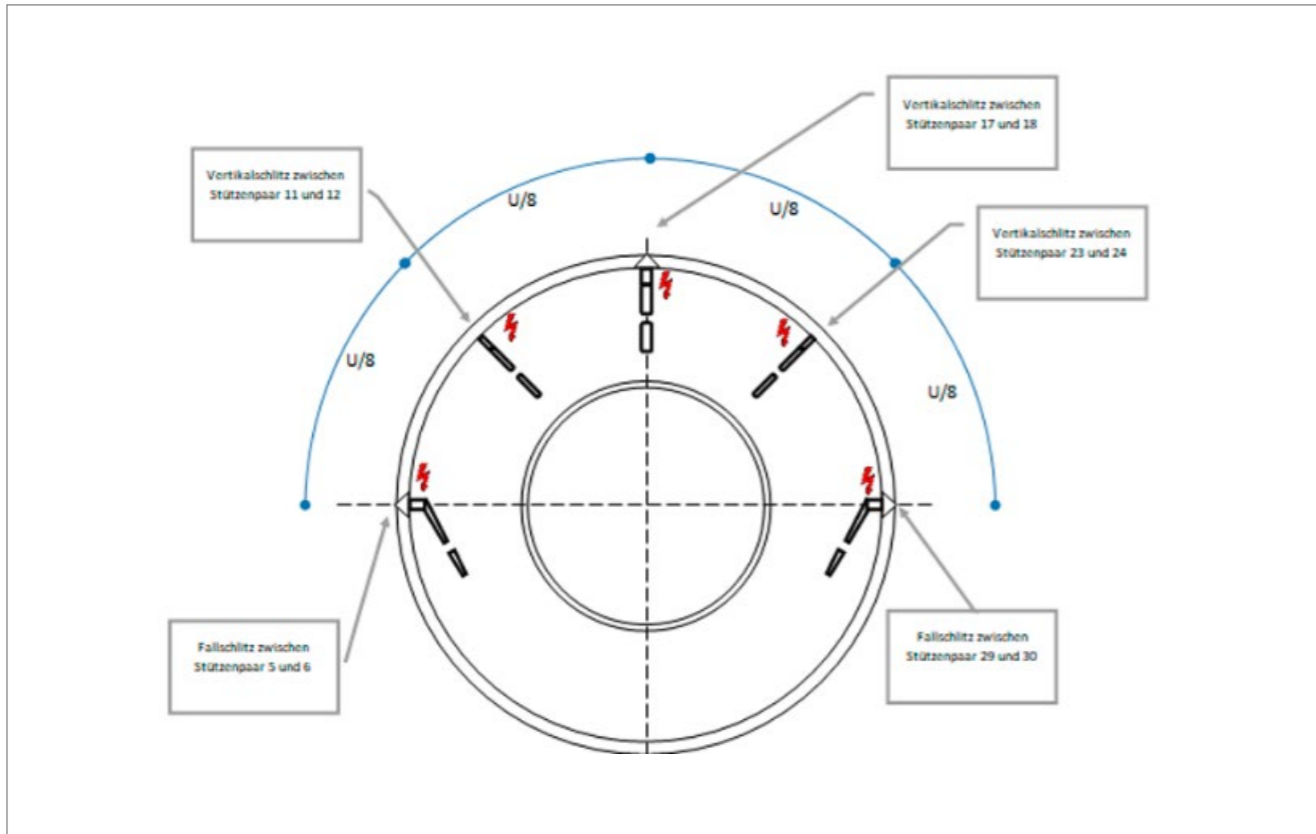


Abb. 5: Sprengprinzip Kipp-Kollapssprengung, Grafik: Lankes

Die Absperrung der Rheinschanzinsel sowie des Geländes des Kernkraftwerkes zur Einhaltung des Gefahrenbereiches wurde durch die Polizei Baden-Württemberg, Mitarbeiter des Kernkraftwerkes, ein externes Sicherheitsunternehmen und die Firma Max Wild GmbH sichergestellt, was durch die Einhaltung der Verschlussache / Verschwiegenheit natürlich erschwert wurde.

Die Vorbereitungen zur Sprengung erforderten ein extremes Maß an Koordination und Steuerung von verschiedenen Punkten, beginnend mit der Atomreaktorsicherheit über Wasser-schutzpolizei, Rheinschiffahrt, Absperrung, Wasser zur Bindung von Staub nach der Sprengung, Videodokumentation, Erschütterungsdokumentation, Besucher sowie begleitende Überprüfung der vorbereiteten Maßnahmen zur Sprengung.

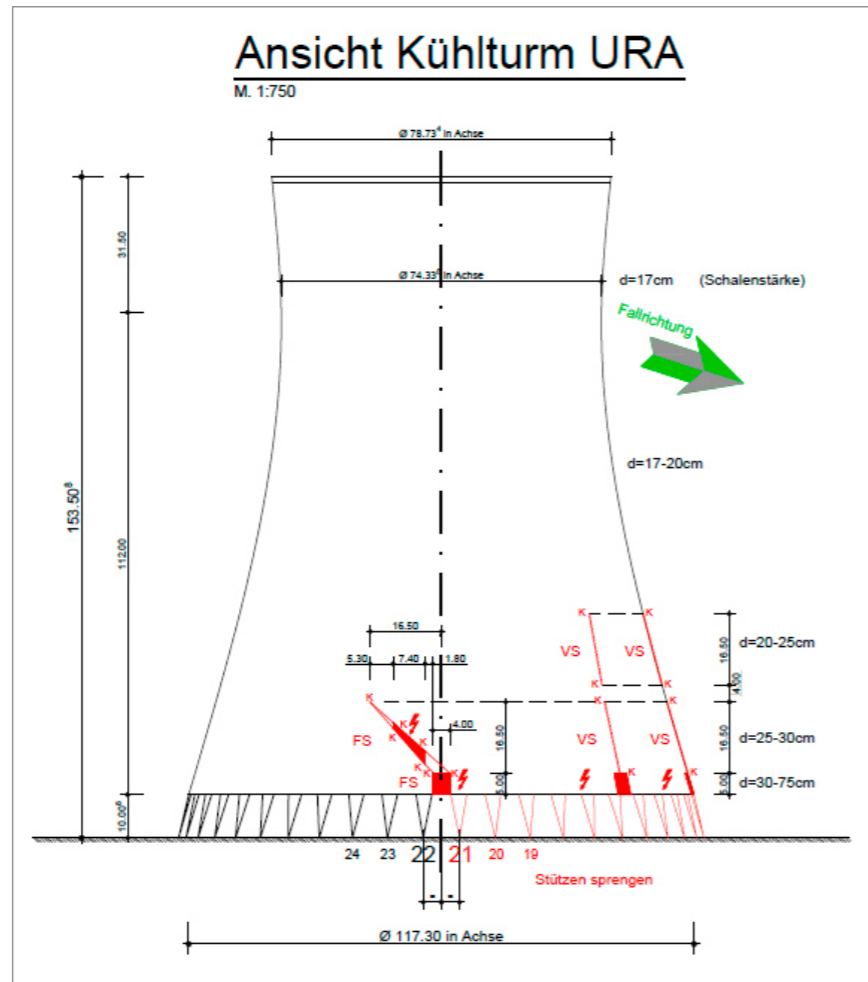


Abb. 6: Seitenansicht Kühlturm URA, Grafik: Ingenieurbüro ZPP

Am 14. Mai 2020 um 6:05 Uhr war es dann soweit: Der Sprengberechtigte und Projektleiter, Herr Eduard Reisch, konnte nun auf die Auslöseknöpfe des elektronischen Zündsystems E*Star drücken und die Sprengung der Kühltürme ZT 21 und URA mit insgesamt 2.201 elektronischen Zündern, 492,4 kg Sprengstoff Austrogel P und 23.240 m verlegtem Kupferdraht auslösen.

Nach dem üblichen Count-down „Achtung, ich zähle, Zündung erfolgt in 3-2-1, Zündung“ erfolgte die über Monate hinweg geplante Sprengung der Kühltürme in einem zeitlichen Abstand von 15 Sekunden. Das Fallverhalten im Kippkollaps ist zu 100% eingetreten. Die Sprengung erfolgte unter Einhaltung sämtlicher Grenzwerte, die sogar bei weitem unterschritten wurden. Es entstanden keinerlei Schäden an benachbarten Bauwerken.

Als äußerst positiv ist im Nachhinein die Kommunikation zwischen allen Beteiligten, die in diesem Projekt gearbeitet haben, zu erwähnen.

RICHARD LANKES
stellvertretender Projektleiter
Reisch Sprengtechnik GmbH
www.reisch-sprengtechnik.de



Abb. 7: Verbindung der elektronischen Zünder, Foto: Lankes



Abb. 8: Zündstelle, Foto: Lankes



Abb. 9: Kühltürme URA links und ZT 21 rechts, Foto: EnBW



Abb. 10: ZT 21 nach Sprengung, rechts angrenzend das Besucherzentrum, Foto: Max Wild GmbH

WEGE ZUR RICHTIGEN BEURTEILUNG VON GEFÄHRDUNGEN

VON DR. SILKE SCHWARZ
UND LUTZ KURTH

UNFALLUNTERSUCHUNG EINES SCHWARZ- PULVERÄHNLICHEN REINIGUNGSPULVERS

WAYS TO CORRECTLY ASSESS HAZARDS
ACCIDENT INVESTIGATION OF A BLACK
POWDER-LIKE CLEANING POWDER

Bei der Explosion in einer Herstellungsstätte für ein Pulver zur Reinigung industrieller Feuerungsanlagen ist eine Person tödlich verunglückt. Die BAM wurde gebeten, beschlagnahmte Muster des Reinigungspulvers zu bewerten. Dafür wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt. Diese sollten klären, ob die stoffliche Einstufung des Reinigungspulvers in die Klasse 5.1 für die sichergestellten Pulverproben zutreffend ist. Es konnte nachgewiesen werden, dass die untersuchten Pulverproben explosionsgefährliche Eigenschaften aufweisen und der Klasse 1 zuzuordnen sind.

Die weiterführende Gefährdungsbeurteilung erfolgte anhand neu eingeführter sicherheitstechnischer Kenn-
daten, Kriterien und der daraus abgeleiteten Gefahrgruppe.

One person was fatally injured in an explosion at a manufacturing plant for a powder used to clean industrial combustion plants. BAM was asked to evaluate confiscated samples of the cleaning powder. Various investigations were carried out for this purpose. These were intended to clarify whether the hazard classification of the cleaning powder in class 5.1 (oxidizing solid) is appropriate for the powder samples. It could be proven that the powder has explosive properties and are to be assigned to Class 1.

The subsequent hazard assessment was carried out on the basis of safety-related key data and criteria followed by the assignment to a hazard group.

SANDVIK PANTERA BEWÄHRTES VERBESSERN

Der Fokus innerhalb der Steinbruchbranche richtet sich zunehmend auf Automatisierung. Als führender Anbieter von Lösungen für Automatisierung im Bergbau stellt Sandvik weltweit die Technologien bereit, welche Ihr Unternehmen heute und in Zukunft dazu benötigt. Sandviks Bohrgeräte der i-Serie beispielsweise sind optional für automatisiertes Bohren ausstattbar. Mit automatisiertem Gestängewechsel, 3D-Bohrlochnavigation und AutoMine® Surface Drilling verhelfen sie Ihnen zu hoher Bohrproduktivität und Anlagenauslastung bei großer Sprenggenauigkeit, maximaler Effizienz und gleichzeitig erhöhter Sicherheit. Sprechen Sie uns an!



1 GRUNDLAGE

Der BAM wurden sichergestellte Muster von zwei Chargen eines schwarzpulverähnlichen Gemisches für die thermische Reinigung industrieller Feuerungsanlagen zur Prüfung und Bewertung vorgelegt. Der Anlass für die Untersuchungen war eine explosionsartige Umsetzung des Pulvers in einer Herstellungsstätte, bei der ein Mensch ums Leben kam.

Das Sicherheitsdatenblatt für das Reinigungspulver weist dieses als Stoff nach Gefahrgut- / Gefahrstoffrecht der Klasse 5.1 (entzündend / oxidierend wirkender Feststoff) aus.

Die BAM wurde beauftragt, eine Bewertung der nach dem Unfall sichergestellten Proben in Hinblick auf die Zuordnung zur Klasse 5.1 vorzunehmen.

Sollten die Proben Eigenschaften eines explosionsgefährlichen Stoffes aufweisen und somit der Klasse 1 (Explosivstoffe) zugeordnet werden, so ist das Gemisch als explosionsgefährlicher Stoff im Sinne des § 1 Abs. 1 Nr. 1 des Sprengstoffgesetzes (SprengG) einzustufen und somit den entsprechenden sprengstoffrechtlichen Anforderungen unterworfen.

Für einen solchen Fall war in einem zweiten Schritt eine Bewertung der von den explosionsgefährlichen Eigenschaften ausgehenden Gefährdungen vorgesehen. Die Bewertung der Gefährdungen erfolgte über sicherheitstechnische Kenndaten, die mithilfe verschiedener Prüfmethode ermittelt wurden, sowie neu eingeführter

Kriterien. Daraus wurden in einem letzten Schritt die Gefahrgruppe bzw. Untergruppe abgeleitet.

Die Gefahrgruppen entsprechen in ihrer Systematik weitestgehend der Klassifizierung im Gefahrgut- / Gefahrstoffrecht. Sie werden in der Gefährdung absteigend in die Gefahrgruppen 1.1, 1.2, 1.3 und 1.4 [1] unterschieden. Die Gefahrgruppe 1.1 wird weiter in die Untergruppen 1.1-1, 1.1-2 und 1.1-3 [1] unterteilt. Hierdurch wird der Empfindlichkeit der Stoffe gegenüber mechanischen, thermischen und elektrostatischen Einwirkungen Rechnung getragen. Aus den Gefahrgruppen sind sicherheitstechnische Maßnahmen bei der Herstellung und Verwendung explosionsgefährlicher Stoffe abzuleiten.

2 UNTERSUCHUNGSMETHODEN

2.1 Explosionsgefährlichkeit

Die explosionsartige Umsetzung des Reinigungspulvers gab Anlass zu der Annahme, dass es sich bei dem Pulver um einen Stoff der Klasse 1 – explosionsgefährlicher Stoff – handelt. Zur Klärung wurde das Pulver einer quantitativen chemischen Analyse und den Prüfverfahren nach A.14 [2] unterzogen.

Die Prüfverfahren auf Explosionsgefahr nach A.14 sind analog zu den UN-Prüfungen (UN-Prüfhandbuch [3] Test Serien 2(b) und 3(a)(ii)), die der Zuordnung zur Klasse 1 nach Gefahrgut- / Gefahrstoffrecht bzw. der Bestimmung der mechanischen Empfindlichkeit dienen.

2.2 Zuordnung zu einer Gefahrgruppe

Um die Wirkung und Energiefreisetzung des Pulvers einschätzen zu können, wurden zusätzlich kalorimetrische Messungen und Freifeldprüfungen mit Proben unterschiedlicher Masse und unter verschiedenen Einschlussbedingungen durchgeführt.

Es wurden die folgenden Messungen vorgenommen:

- Messung der Abbrandrate / Massestrom und der Wärmestrahlung
- Druckmessung bei Reaktion unter Einschluss
- Messung der Zersetzungstemperatur und -energie mittels DSC¹;

Mit diesen Messmethoden wurden neue sicherheitstechnische Kenndaten und Kriterien zur Reaktionskinetik und zur Empfindlichkeit eingeführt.

¹ DSC – Differential Scanning Calorimetry; Heizrate 10 K/min; Temperaturbereich 50–500 °C; N₂-Spülung; geschl. Pfännchen; Einwaage 1 mg

3 ERGEBNISSE

3.1 Prüfergebnisse zur Explosionsgefährlichkeit

Im Rahmen der Prüfungen nach A.14 an den Proben sind die Ergebnisse für die mechanische Empfindlichkeit – Schlag und thermische Empfindlichkeit (Koenen / Stahlhülsen-Test) – positiv im Sinne einer Explosionsgefährlichkeit ausgefallen.

Die chemische Analyse der Proben wies eine Stoffkombination (Kaliumnitrat, Schwefel, Holzkohle) nach, die im Wesentlichen der eines üblichen Schwarzpulvers entspricht. Der ermittelte Anteil an Schwefel liegt bei beiden Proben an der vom Hersteller angegebenen oberen Toleranzgrenze von 15%.

3.2 Prüfergebnisse zur Zuordnung zu einer Gefahrgruppe

3.2.1 Loses Pulver – Abbrandrate/ Massestrom

Auf dem Testgelände TTS der BAM wurde das Pulver ohne Verdämmung in verschiedenen Massen umgesetzt. Aus der Dauer der Reaktion in Abhängigkeit von der Nettoexplosivstoffmasse (NEM) kann der Massestrom berechnet werden.

$$\dot{m} = m/t \text{ [kg/s]} \quad (1)$$

Die Abhängigkeit des Massestroms von der Masse ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die Untersuchungen wurden in Massen von 3,5 kg, 5 kg, 15 kg und 30 kg vorgenommen. Die Reaktion wurde visuell und mit einer Thermovisionskamera dokumentiert. Die Thermovisionsaufnahmen dienten der Erfassung der Wärmestrahlung. Eine Abhängigkeit des Massestroms von der NEM ist deutlich erkennbar, wenn auch im gemessenen Bereich nicht sonderlich stark ausgeprägt.

In Abbildung 1 ist ferner die Anstiegsgeschwindigkeit der Wärmestrahlung unmittelbar nach der Anzündung bis zum Erreichen des Anstiegsmaximums abgebildet. Aus dieser

Prüfmethode	Ergebnis	Grenzwert
Koenen-Test	Düsendurchmesser 6 mm	≥ 2 mm
Schlagempfindlichkeit	> 7,5 J; < 40 J	≤ 40 J
Reibempfindlichkeit	> 360 N	≤ 360 N

Tabelle 1: Übersicht über die Ergebnisse der Prüfungen nach A.14

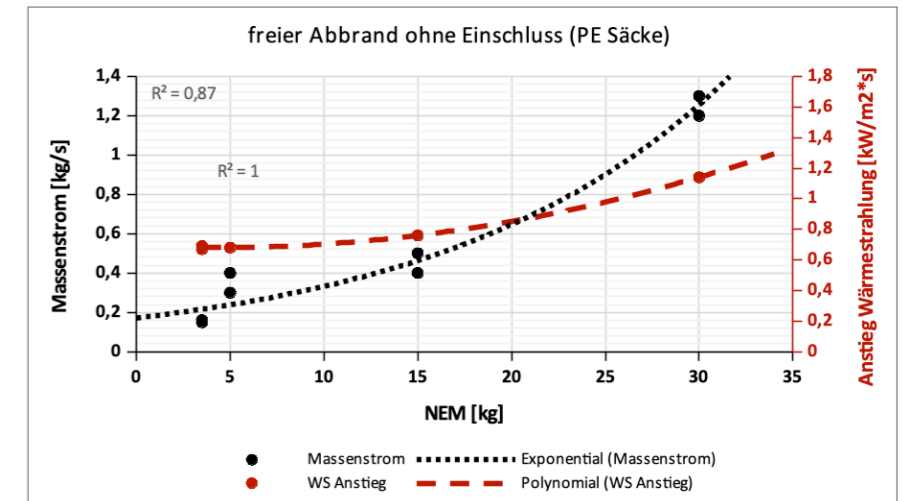


Abb. 1: Massestrom und Anstieg der Wärmestrahlung in Abhängigkeit von der Stoffmasse (NEM)

Kurve kann man ableiten, dass mit steigender Masse die Reaktionsgeschwindigkeit steigt. Der Einfluss der Eigenverdämmung auf die Reaktionsgeschwindigkeit ist somit eindeutig nachweisbar. Führt schon die Eigenverdämmung zur Beschleunigung der Reaktion, so kann man davon ausgehen, dass jeder Einschluss die Reaktion beschleunigt.

Bei einem Versuch mit ca. 30 kg losem Pulver wurde eine Wärmestrahlungsdosis von $D = 20,9 \text{ (kW/m}^2\text{)*s}$ sowie eine integrierte Wärmestrahlungsdosis $D^* D^* = 22,6 \text{ (kW/m}^2\text{)*s}$ bestimmt.

3.2.3 Leichter Einschluss (Pappbehälter) – Wärmestrahlung

Zur Bewertung des Einflusses eines leichten Einschlusses auf die Reaktion wurden zwei Pappbehälter mit jeweils 2,4 kg des Stoffes gefüllt. Die Pappbehälter hatten einen kreisrunden Querschnitt und das gleiche Volumen, allerdings unterschiedliche Längen-Durchmesser-Verhältnisse. Einer der Behälter hatte eine Rohr-Form, $L/D = 37,5$, der andere Behälter hatte eine Topf-Form, $L/D = 3,6$. Die Pappbehälter wurden jeweils auf den Boden gestellt. Der Anzünder befand sich jeweils unten im Behälter (Boden). Unmittelbar nach dem Anzünden wurden die Deckel der Pappbehälter fortgeschleudert.

3.2.2 Loses Pulver – Wärmestrahlung/ Wärmestrahlungsdosis

Die Wärmestrahlungsdosis bei der Reaktion des Reinigungspulvers wurde nach Formel 2 [4] und 3 berechnet.

$$D = q^y \cdot t \quad (2)$$

mit der mittleren Wärmestrahlung q über die Reaktionszeit t

$$D(t)^* = \int_0^t q \, dt \quad (3)$$

durch Integration der Wärmestrahlungskurve q über die Reaktionszeit t

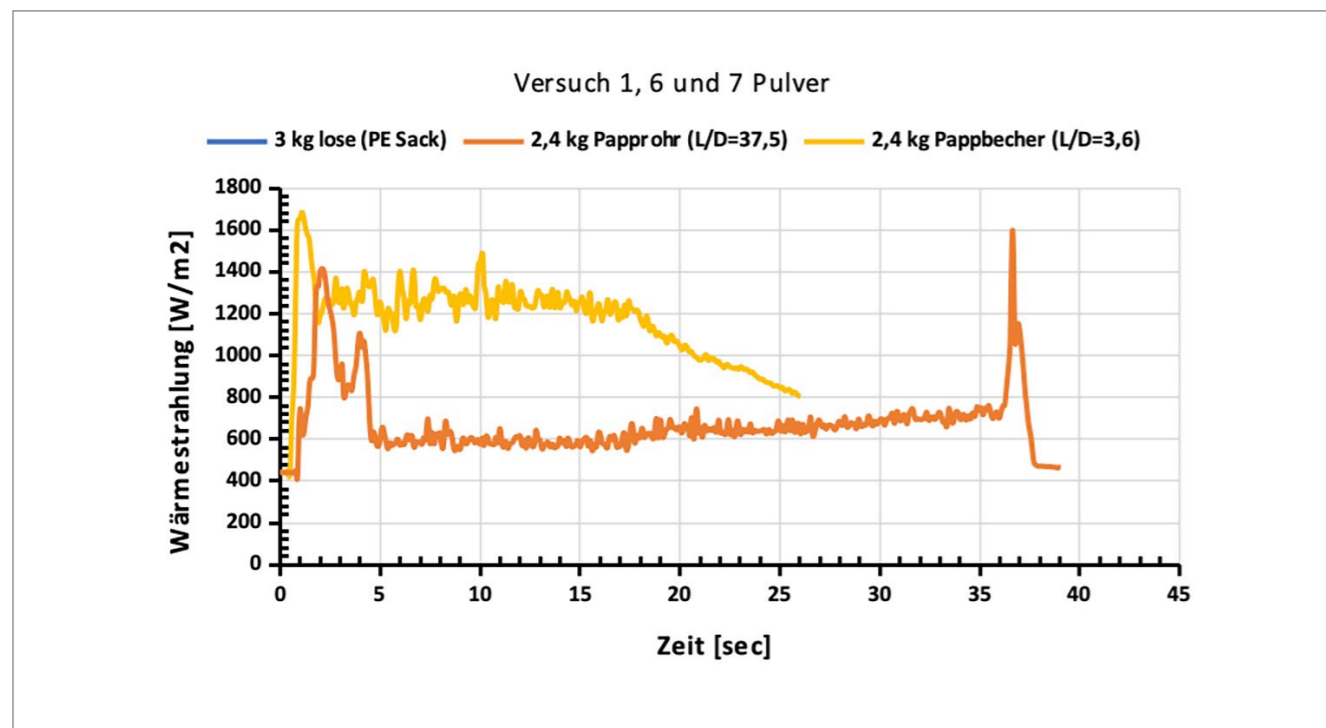


Abb. 2: Verlauf der Wärmestrahlung bei leichter Verdämmung

Beim Papptopf fällt die Wärmestrahlung nach dem Anfangspeak ab, bleibt dann aber über einen längeren Zeitraum (ca. 3 s–17 s nach Reaktionsbeginn) relativ konstant. Die Ursache dafür ist die durch den Topf vorgegebene konstante Reaktionsfläche.

Die Reaktion im Papp-Rohr zeigt einen anderen Verlauf der Wärmestrahlung. Durch das Fortschleudern

des Bodens (Explosion) zu Beginn der Reaktion ist die gemessene Wärmestrahlung kurzzeitig höher, fällt dann wieder ab. Im Zeitraum von ca. 5 s bis 18 s nach Reaktionsbeginn ist die Wärmestrahlung relativ konstant. Ab ca. 18 s nach Reaktionsbeginn steigt die Wärmestrahlung kontinuierlich an. Dies deutet auf eine sich beschleunigende Reaktion hin. Nach ca. 37 s

explodiert das Papp-Rohr. Die Explosion wird durch den steilen Anstieg der Wärmestrahlungskurve dokumentiert. In Abbildung 2 ist der Abbrand in den beiden Pappbehältern anhand des Verlaufes der gemessenen Wärmestrahlung (Messentfernung 92 m) dargestellt. Zum Vergleich ist in Abbildung 2 auch ein Wärmestrahlungsverlauf von losem Pulver (3,5 kg) enthalten.

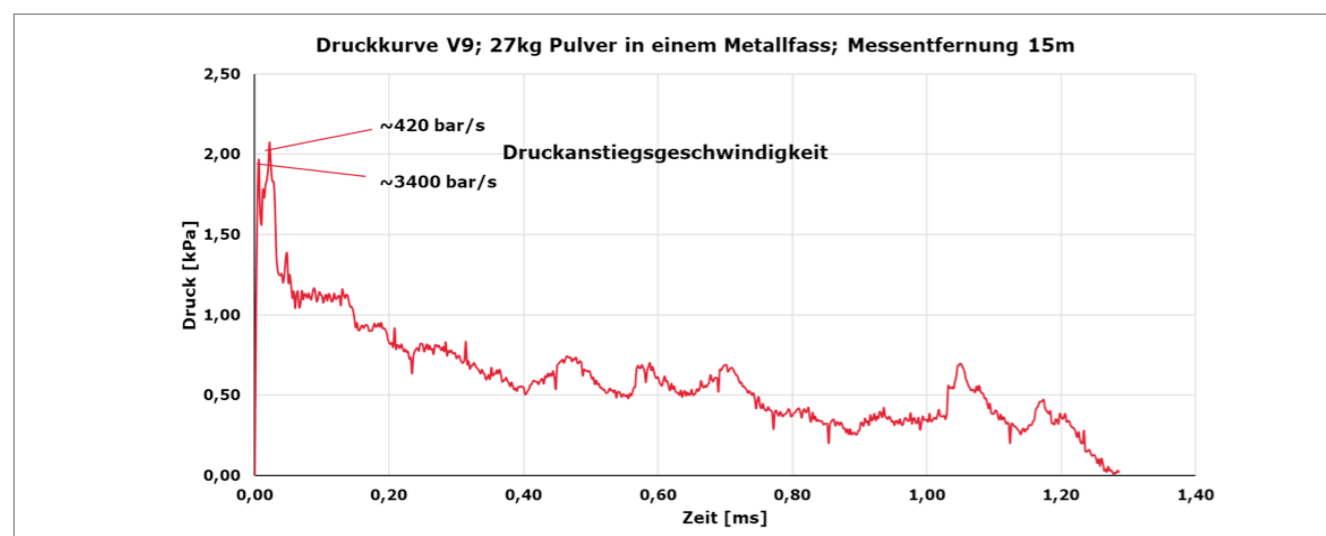


Abb. 3: Druckverlauf² bei dem Versuch – Pulver im Stahlfass

² PCB 113M226; Abtastrate 500.000 Werte / s

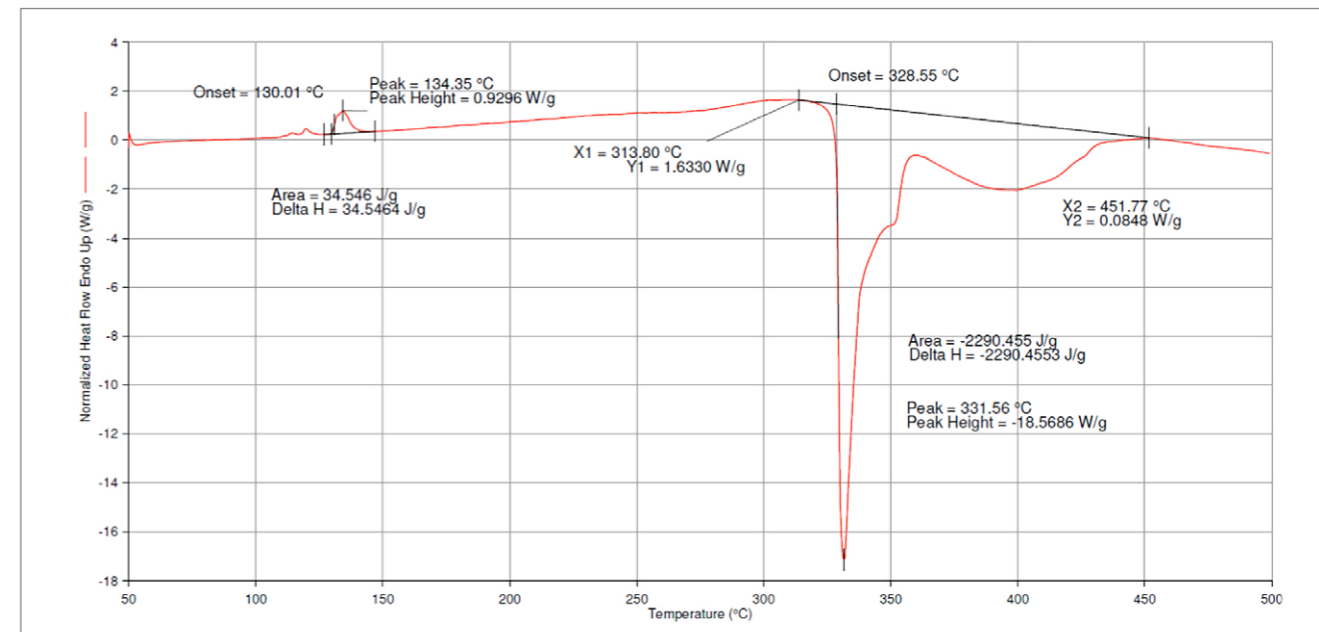


Abb. 4: DSC-Thermogramm des Reinigungspulvers

Erster Peak bei 130 °C: endotherme Reaktion – Phasenübergang / Schmelzen Schwefel und Phasenübergang Kaliumnitrat
 Zweiter Peak bei 328,5 °C: exotherme Reaktion – Oxidation von Kohlenstoff durch flüssiges Kaliumnitrat (endothermer Schmelzpeak von Kaliumnitrat durch exothermen Peak überlagert)

3.2.4 Starker Einschluss

Für den starken Einschluss wurde ein Blechfass gewählt, welches mit ca. 27 kg Pulver vollständig gefüllt wurde. Blechfässer dieser Art werden nicht selten zum Aufbewahren und zum Transport von Pulvern verwendet.

Die Wärmestrahlungsdosis (Berechnung nach Formeln 2 und 3) wurde für diesen Versuch zu $D = 60 \text{ (kW/m}^2\text{)*s}$ bzw. $D^* = 63 \text{ (kW/m}^2\text{)*s}$ ermittelt, welche somit dreimal höher ist als beim losen Pulver vergleichbarer Masse. Der Effekt der Verdämmung (auch ohne Deckel) ist eindeutig erkennbar. Aus der Druckmessung bei dem Versuch im Stahlfass konnten drei Reaktionsphasen abgeleitet werden.

Die Abbildung 3 gibt die Druckkurve aus dem Versuch 9 wieder. Der Druck wurde parallel zur Wärmestrahlung gemessen.

Nach der Anzündung begann die Reaktion im geschlossenen Stahlfass als schnelle Deflagration, welche mit einem sehr schnellen Druckanstieg verbunden war. Der entstandene Druck löste die Fixierung des Deckels, er wurde fortgeschleudert. Diese erste Phase wird durch den ersten Peak in der Druckkurve charakterisiert. Danach fällt der Druck wieder leicht ab. Mit der Öffnung des Stahlfasses wurde

ein Teil des Pulvers herausgeschleudert und reagierte in der Luftatmosphäre über dem Fass als schnelle Deflagration. Diese zweite Reaktionsphase erzeugt den zweiten Peak in der Druckkurve. In der dritten Phase reagierte das Pulver in Form einer Deflagration weiter, bis das Pulver aufgebraucht war. Die Druckanstiegsgeschwindigkeit in der ersten Phase betrug ca. 3.400 bar/s, die in der zweiten Phase ca. 420 bar/s.

3.2.5 DSC-Messungen

Mit den DSC-Messungen können angenommene Wärmemengen (endotherme Prozesse) und abgegebene Wärmemengen (exotherme Prozesse) während des Aufheizens einer Probe gemessen werden. Für diese Messungen kann mit geringen Probenmengen von 1 mg bis 3 mg gearbeitet werden. In Abbildung 4 ist beispielhaft ein Thermogramm des Reinigungspulvers dargestellt. Bei explosionsgefährlichen oder anderen energiereichen Stoffen ist insbesondere die exotherme thermische Zersetzung von Interesse. Aus den DSC-Messungen können sowohl die thermische Zersetzungstemperatur als auch die Zersetzungsenthalpie ermittelt werden.

Für das Reinigungspulver wurde eine thermische Zersetzungsenthalpie von 2.300 J/g (Mittelwert über alle gemessenen Proben) ermittelt. Die Zersetzungstemperatur lag, gemittelt über alle Proben, bei 330 °C. Das Pulver kann somit als thermisch stabil angesehen werden.

Nach UN-Prüfhandbuch (Screening-Methode Anhang 6) gilt eine Substanz mit einer Zersetzungsenthalpie > 500 J/g als potenziell explosionsgefährlich.

Eigene Messungen zeigten, dass Treibladungs- und Schwarzpulver Zersetzungsenthalpien von 2.500 J/g bis 3.500 J/g aufweisen. Bei einheitlichen Explosivstoffen, wie TNT, RDX, HMX, liegen die Zersetzungsenthalpien bei > 4.500 J/g.

4 BEWERTUNG DES PULVERS

Die angelieferten Proben des Reinigungspulvers sind im Ergebnis der Untersuchungen als explosionsgefährlicher Stoff im Sinne des § 1 Abs. 1 Nr. 1 des Sprengstoffgesetzes (SprengG) einzustufen und der Klasse 1 zuzuordnen.

Für die Zuordnung des Pulvers zu einer Gefährgruppe wurden sicherheitstechnische Kriterien für die Bewertung der Reaktionsformen bzw. der daraus zu erwartenden physikalischen Wirkungen definiert.

Bei schnellen Reaktionen steigt der Anteil der physikalischen Arbeit an der Reaktionsenergie (Gefährgruppe 1.1). D.h. Druck- bzw. Stoßwellen sind bestimmend für die Bewertung der Wirkung.

Die zugrunde gelegten sicherheitstechnischen Kriterien für die Bewertung der Reaktionsformen und den daraus zu erwartenden Gefährgruppen sind in der Tabelle 2 zusammengefasst.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit wird maßgeblich durch die Empfindlichkeit der Stoffe gegenüber betriebsbedingten Beeinflussungen bestimmt. Im Wesentlichen sind dabei thermische, mechanische und elektrostatische Einflüsse zu betrachten, die sich in

der Unterteilung der Gefährgruppe 1.1 in die Untergruppen 1.1-1 bis 1.1-3 widerspiegeln.

Die in Tabelle 3 aufgeführten sicherheitstechnischen Kriterien für die Untergruppen resultieren zum einen aus Prüfvorschriften (A. 14 [1], UN-Prüfhandbuch [2]), aber auch aus langjähriger Prüferfahrung.

Die ermittelten Messwerte wurden in einem letzten Schritt mit den sicherheitstechnischen Kriterien zur Bewertung der Reaktionsformen und der Empfindlichkeiten in Relation gesetzt. Daraus wurden mögliche Gefährgruppen abgeleitet. Die Auswertung aller Parameter für die Zuordnung zu einer Gefährgruppe sind in der Tabelle 4 zusammengefasst.

Aus der Auswertung in Tabelle 4 ergibt sich, dass – ohne genaue Kenntnis der Herstellungs- bzw. Verwendungsbedingungen – für die Zuordnung zunächst diejenige Gefährgruppe heranzuziehen ist, die die größte Gefährdung (Wirkung) repräsentiert.

Die Auswertung des Koenen-Tests (Düsenöffnung-Grenzwert) sowie der Wärmestrahlungs- und Druckkurven führt zu einer Zuordnung zur Gefährgruppe 1.1.

Entsprechend der ermittelten Empfindlichkeiten wird das Reinigungspulver der Untergruppe 1.1-3 zugeordnet.

Aus der Kenntnis der Gefährdung lassen sich konkrete Schutzmaßnahmen entwickeln, die spezifisch auf die Herstellungsbedingungen abgestimmt sind oder aus sicherheitstechnischen Regelwerken abgeleitet werden können. Bei Ergreifung geeigneter Maßnahmen wäre dieser Unfall ggf. vermeidbar, auf jeden Fall jedoch nicht so folgenreich verlaufen.

Die BAM wird diese Arbeiten mit dem Ziel einer fundierten Systematik der Gefährgruppen-Zuordnung weiterführen.

DR. SILKE SCHWARZ,
LUTZ KURTH
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
Fachbereich 2.6
„Prüfung und Bewertung von Explosivstoffen / Pyrotechnik“
Unter den Eichen 87
12205 Berlin
www.bam.de

Definitionen	Reaktionsgeschwindigkeit [m/s]	Massenfluss [kg/s]	Zersetzungsenergie J/g	Gefährgruppe (GG)
Abbrand	≤ 0,1	≤ 1	500–2.000	1.4
Deflagration, langsam	0,1–10	1–10	2.000–3.500	1.4–1.3
Deflagration, schnell	> 10–1.000	> 10–1.000	> 3.500	1.3–1.1
Detonation	> 1.000	> 1.000		1.1

Tabelle 2: Zuordnung zu Reaktionsformen und mögliche Gefährgruppen

³ Wenn man einen Einschluss ausschließen kann und die jeweiligen Mengen klein hält (keine Eigenverdämmung), so kann auch die Gefährgruppe 1.3 zugrunde gelegt werden.

Gefährgruppe	Gefährgruppe 1.1-1	Gefährgruppe 1.1-2	Gefährgruppe 1.1-3
empfindlich gegenüber			
Reibung	≤ 80 N	≤ 120 N	121 N – 360 N
Schlag	≤ 2 J	≤ 7,5 N	≤ 40 J
ESD	≤ 1 mJ	> 1 mJ bis ≤ 450 mJ	> 450 mJ
Thermische Zersetzung (DSC)	< 75 °C	75 °C – 100 °C	100 °C – 120 °C

Tabelle 3: Sicherheitstechnische Kriterien zur Differenzierung der Gefährgruppe 1.1 nach Empfindlichkeiten

Kriterium	Reaktionstyp	Messwerte	Mögliche Gefährgruppe (Prüfbedingungen)	Allgemeine Beobachtungen
Massenstrom	Deflagration, langsam	< 10 kg/s	1.4	
Zersetzungsenergie	Deflagration	2.300 J/g	1.4 / 1.3	Zersetzungsenergie liegt knapp unter der von Treibladungspulvern (2.500–3.500 J/g)
Exotherme Zersetzungstemperatur		330 °C	(1.4)	thermisch stabil
Wärmestrahlung (gemessen in 92 m)	Deflagration	Max. 1,7 kW/m ² / 32 (kW/m ²)*s	1.3	
Bewertung der Wärmestrahlungskurven	Deflagration, schnell		1.1	empfindlich gegen Einschluss; selbst beschleunigende Reaktion
Düsenöffnung-Grenzwert	Deflagration	6 mm	1.1	empfindlich gegenüber Erhitzen unter Einschluss
Abhängigkeit des Massenstroms von der NEM	Deflagration, schnell		1.1–1.3	eine Abhängigkeit des Massenstroms von der NEM ist nachweisbar
Schlagempfindlichkeit		> 7,5 J; ≤ 40 J	1.1–1.3	
Reibempfindlichkeit		> 360 N		

Tabelle 4: Gefährgruppenzuordnung für das Reinigungspulver

LITERATUR

[1] DGUV Regel 113-017 (2017): Tätigkeiten mit Explosivstoffen, Deutsche gesetzliche Unfallversicherung

[2] Verordnung (EG) Nr. 440/2008: Prüfverfahren nach Anhang Teil A.14 (Prüfung auf Explosionsgefahr)

[3] Empfehlungen für die Beförderung Gefährlicher Güter: Handbuch über Prüfungen und Kriterien, deutsche Übersetzung 2017

[4] DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2005). Pyrotechnische Gegenstände; Sonstige pyrotechnische Gegenstände DIN EN 16263-3 (2015): Kategorien und Typen, Beuth Verlag GmbH Berlin.

VON DR. RÜDIGER TRIEBEL
UND DR. FREDERIK FLACH

Die sprewa GmbH produziert und vertreibt seit über 20 Jahren Sprengstoffe für den Einsatz in der Stein- und Salzgewinnung. Als mittelständisches Unternehmen mit rund 25 engagierten Mitarbeitern sind für uns Flexibilität und Zuverlässigkeit Voraussetzung für den Erfolg bei unseren Kunden. Neben unseren Eigenprodukten vertreiben wir die komplette Palette von gelatinösen und Emulsionssprengstoffen, Sprengschnüren, Zündern und Sprengzubehör. In unserem Werk im Nördlinger Ries haben wir uns auf pulverförmige und ANFO-Sprengstoffe spezialisiert:

Walonit W

- pulverförmiger, wasserfester Ammoniumnitrat-Sprengstoff mit TNT-Zusatz
- mittlere Detonationsgeschwindigkeit und hohes Schwadenvolumen sorgen insbesondere im Kalk für optimale Stückigkeit des Haufwerks
- preisgünstige Alternative zu gelatinösen Sprengstoffen

Wandex P

- patronierter ANFO-Sprengstoff
- schiebende Wirkung durch sehr hohes Schwadenvolumen
- insbesondere bei klüftigem Stein genaue Kontrolle der Lademenge

Wandex I

- loser ANFO-Sprengstoff mit sehr hohem Schwadenvolumen
- lieferbar in 25 kg Kartons oder Papiersäcken sowie in Big Bag

Zu weiteren Informationen über unserer Produkte können Sie uns gerne anrufen oder Prospektunterlagen anfordern. Unsere Produkte erhalten Sie auch über den Sprengstoffhandel.

zuverlässig
schnell

sprewa Sprengmittel GmbH

Tel. 09081/29087-0 · Fax 09081/29087-19
Joh.-Weinberger-Str. 1 · 86720 Nördlingen

EMULSIONSSPRENGSTOFFE FÜR DEN KALI- UND STEINSALZBERGBAU

EMULSION EXPLOSIVES FOR POTASH AND ROCK SALT MINING

Im untertägigen Bergbau stellt die Gewinnung mit Bohr- und Sprengarbeit weltweit nach wie vor einen Kernprozess dar, während andere Lösetechniken untergeordnete Rollen spielen. Im Kali- und Steinsalzbergbau in Deutschland ist die Sprengtechnik besonders weit verbreitet, weil die besonderen geologischen, sicherheitstechnischen und wirtschaftlichen Bedingungen dies erfordern. Ausnahmen bilden seit einigen Jahren Einsätze, bei denen die Vermeidung von Sprengerschütterungen oder die Vortriebsgeschwindigkeit im Fokus steht und keine Gasgefahren zu erwarten sind. Im internationalen Kalibergbau überwiegt die Anwendung der schneidenden Lösetechnik in flachen, mächtigen und ungestörten Flözen, sofern die übrigen Lagerstättenbedingungen dies erlauben.

Aufgrund der in der Regel trockenen Bedingungen unter Tage eignen sich lose, auf Ammoniumnitrat basierende Sprengstoffe besonders für den Einsatz im Kali- und Steinsalzbergbau. MSW-Chemie GmbH als bedeutendster Hersteller in Deutschland erkannte dies sehr früh und versorgt seit vielen Jahrzehnten den Bergbau zuverlässig mit hochqualitativen Sprengstoffen. Die Stickoxidemissionen wurden stetig verringert, insbesondere durch intensive Zusammenarbeit mit den Lieferanten der Rohstoffe. Allerdings sind die erzielten Werte für die K+S-Betriebe teilweise nicht hinreichend, um die sehr hohen Anforderungen aus den zukünftig anzuwendenden, stark abgesenkten Arbeitsplatzgrenzwerten für Stickoxide zu erfüllen. K+S hat bereits seit 2002 versuchsweise Emulsionssprengstoffe eingesetzt, die an der Verwendungsstelle hergestellt und geladen werden, um Erfahrungen zu sammeln und die Vorteile der noch geringeren Stickoxidemissionen zu nutzen. Seit 2016 wurden diese Aktivitäten deutlich verstärkt, um insbesondere die Logistik und die Verwendung an die besonderen Bedingungen der K+S Bergwerke anzupassen.

Für die Anwendung der 2016 in der TRGS 900 festgelegten Arbeitsplatzgrenzwerte für Stickoxide gilt im Bergbau eine Übergangsfrist von fünf Jahren, welche die Dauer der Umsetzung der umfangreichen technischen Maßnahmen berücksichtigen soll. In 2019 hatte die K+S Gruppe nach mehreren Einsätzen und deren Auswertung entschieden, Emulsionssprengstoffe in allen Bergwerken der Gruppe in Deutschland einzuführen. Dazu wurde eine Projektgruppe gebildet, welche die Umstellung u. a. mit Unterstützung externer Partner vorbereitet.

Aus diesem Anlass stellt dieser Beitrag die wesentlichen Grundlagen von Emulsionssprengstoffen und deren Anwendung in den K+S Bergwerken vor. Im November 2019 berichtete die Branche Bergbau im Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) fristgemäß über den Fortschritt der Maßnahmen und die erreichten Ziele. Aufgrund von Verzögerungen bei der Entwicklung und Inbetriebnahme von neuen Maschinen und Fahrzeugen sowie wegen des hohen Zeitbedarfes für die vollständige Einführung von emissionsarmen Sprengstoffen wurde klar signalisiert, dass die aktuelle Übergangsfrist nicht ausreichen wird, daher wird die Branche eine Verlängerung beantragen.

Drill and blast is still a core process in underground mining operations around the world. In particular in underground potash and rock salt mining in Germany, blasting it is widely applied because of safety concerns deriving from special geologic conditions and economic reasons.

Due to the dry conditions underground, granular bulk explosives based on ammonium nitrate are very suitable in potash and rock salt mining. This was identified very early by MSW-Chemie GmbH, the most important manufacturer in Germany, which has been supplying the mining industry with high-quality Ammonium Nitrate Fuel Oil (ANFO) explosives for many decades. By according research and development, especially the nitrogen oxide emissions of these explosives have been continuously reduced. However, the values achieved are not sufficient to meet the very high requirements resulting from the new occupational exposure limits for nitrogen oxides applicable in the mining industry from November 2021.

K+S has been using bulk emulsion explosives in trials since 2002 in order to gain experience and to take advantage of the considerably lower nitrogen oxide emissions in the blast fumes. These activities have been significantly strengthened since 2016, in particular to adapt the logistics and the on-site mixing technology to the special conditions and requirements of the K+S mines. In 2019, the K+S Group decided to introduce emulsion explosives in all mines in Germany.

On this occasion, this article presents the current fundamentals of bulk emulsion explosives technology. The benefits regarding much lower toxic fumes are highlighted, and the major challenges of the transition towards the application of bulk emulsion explosives in the K+S mines are described.

Bewachung von Sprengobjekten

**Detektei & Sicherheitsdienst
Werner Mayerl**
Fidel-Kreuzer-Str.5
86825 Bad Wörishofen
Tel.: 08247-997 955
Fax: 08247-997 954



office@detektei-mayerl.de
www.security-augsburg.de

Wir verfügen, unserem Wissen nach als einziges Sicherheitsunternehmen in Deutschland, über eine umfassende sprengstoffrechtliche Erlaubnis, u. a. mit der Befähigung für das Sprengen von Gebäuden.

Somit ist es uns möglich, die Bewachung für Ihr bereits geladenes Sprengobjekt zu übernehmen, ohne dass Sie über Nacht Ihren Sprengberechtigten vor Ort lassen müssen.

**Haben wir Ihr Interesse geweckt?
Rufen Sie uns an und wir helfen Ihnen gerne eine
passende Lösung zu finden.**

Staatlich anerkannte Lehrgänge nach dem Sprengstoffgesetz 2020

- | | |
|---|--|
| - Grundlehrgang allgemeine Sprengarbeiten (07.09.-12.09.2020) | - Grundlehrgang Höhlensprengen (November 2020) |
| - Wiederholungslehrgang (01.10.2020) | - Grundlehrgang Schneefeldsprengen (01.02.-05.02.2021) |
| - Workshop Sprengschnittverfahren (02.10.2020) | - SL Schneefeldsprengen aus Hubschraubern (09./10.02.2021) |

Aktuelle Termine und weitere Lehrgänge auf www.ifp-gmbh.net

Kontakt: ifp Ingenieurbüro für Prozeßautomation GmbH · Am Schmiedberg 21 · 83629 Weyarn
Tel.: 08020-7231 · Fax: 08020-7232 · E-Mail: info@ifp-gmbh.net

1 THEORETISCHE GRUNDLAGEN

1.1 ANC-Sprengstoffe

Zusammengesetzte Sprengstoffe auf Basis von Ammoniumnitrat (AN) als Sauerstoffträger und eines oder mehrerer Kohlenstoffträger (C) werden allgemein als ANC-Sprengstoffe bezeichnet. In der Regel werden ANC-Sprengstoffe aus der Mischung von porösen Ammoniumnitrat-Granulaten, sogenannten Prills, mit hochwertigen, teilweise biologisch abbaubaren Ölen hergestellt. Diese Gemische werden nach der englischen Bezeichnung „Ammonium Nitrate Fuel Oil“ abgekürzt als ANFO-Sprengstoffe benannt.

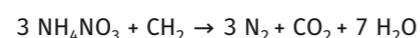
Seit den 1960er Jahren wird ANFO in Deutschland für die sprengtechnische Gewinnung im Kali- und Steinsalzbergbau eingesetzt. ANFO zeichnet sich vor allem durch seine Eigenschaft als handhabungssicherer Gesteinsprengstoff mit hohem Schwadenvolumen aus. Der Einsatz ist insbesondere durch die verhältnismäßig günstige und in großem Maßstab realisierbare Herstellung begründet. Auf Basis von geprilltem Ammoniumnitrat liegt ein granularer Sprengstoff mit ausgezeichneter Rieselfähigkeit vor, der sich in großen Mengen pneumatisch transportieren und über Schachtfalleitungen sicher und effizient in Teufenbereiche von mehr als 700 m fördern lässt. Abbildung 1 zeigt exemplarisch eine Probe des Sprengstoffs ANDEX LD, das Granulat weist eine mittlere Korngröße von 1,5 mm auf und ist durch seine rote Farbgebung gekennzeichnet. Der untertägige Transport kann sehr



Abb. 1: Exemplarische Darstellung einer Probe ANDEX LD

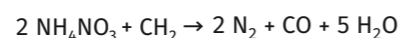
effektiv gestaltet werden, der Sprengstoff lässt sich mit einfacher und sicherer Technik pneumatisch laden. Die Verwendung im Kali- und Steinsalzbergbau stellt keine besonderen Anforderungen an die Wasserfestigkeit des Sprengstoffs, sodass ANFO die wirtschaftlichste Variante für die sprengtechnische Gewinnung darstellt.

Allerdings ist die Umsetzung mit der Entstehung toxischer Sprengschwaden verbunden. Insbesondere Stickoxide (NO und NO₂) sowie Kohlenstoffmonoxid (CO) stellen kritische Schwadenbestandteile dar, die es zum Schutz von Mensch und Umwelt auf das erreichbare Minimum zu reduzieren gilt. Ebenso führen die toxischen Schwaden zu teilweise erheblichen Einschränkungen im Betriebsablauf unter Tage, da die erforderlichen Auswetterzeiten maßgeblich durch die Schwadenzusammensetzung des Sprengstoffs bestimmt werden. Chemisch gesehen, ist die Entstehung der toxischen Reaktionsprodukte auf die unvollständige Umsetzung der Reaktionspartner zurückzuführen. Eine stöchiometrisch ausgewogene Reaktion weist eine ausgeglichene Sauerstoffbilanz auf und liefert die größte Energiefreisetzung:



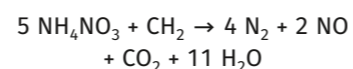
Gleichung 1

Nach Gleichung 1 entstehen bei der idealen Umsetzung keine toxischen Schwadenbestandteile, die Reaktionspartner setzen sich vollständig zu Stickstoff, Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf um. Sofern die Sauerstoffbilanz nicht ausgeglichen ist, findet eine unvollständige Umsetzung mit geringerer Energiefreisetzung statt. Bei Überschuss der Brennstoffphase liegt eine negative Sauerstoffbilanz vor und es entsteht u. a. Kohlenstoffmonoxid (vgl. Gleichung 2):



Gleichung 2

Liegt dagegen ein Überschuss des Sauerstoffträgers vor, wird dieser nicht vollständig reduziert, sodass entsprechend der Reaktion in Gleichung 3 Stickoxide freigesetzt werden:



Gleichung 3

Die Umsetzung der Reaktionspartner wird maßgeblich durch die Mengenzahl bestimmt. Rechnerisch ist die Sauerstoffbilanz einer Mischung aus Ammoniumnitrat und Öl bei einem Massenanteil von 5,7 % Öl ausgeglichen [1]. In der Praxis wird in der Regel ein leichter Überschuss des Brennstoffs in die Mischung gegeben, sodass eine leicht negative Sauerstoffbilanz vorliegt [2]. Die Güte der Umsetzung von ANFO-Sprengstoffen wird nicht ausschließlich durch die Mengenzahl bestimmt, sondern vielmehr durch die Mikrostruktur der Prills und der Ölverteilung darin. Der Reaktionsmechanismus erfordert eine möglichst große Kontaktfläche zwischen den Reaktionspartnern, damit Brennstoff und Sauerstoffträger intensiv miteinander vermischt sind. Physikalisch wird dies innerhalb der Ammoniumnitrat-Prills durch das Porennetzwerk und die Dimension der Festkörperstruktur bestimmt. Durch kontinuierliche Weiterentwicklungsmaßnahmen ist es MSW-Chemie in den letzten Jahrzehnten gelungen, die Freisetzung toxischer Schwadenbestandteile des Produktes ANDEX sukzessive zu verringern [3]. Es hat sich aber auch gezeigt, dass mit dem aktuellen Produkt ANDEX LD nahezu alle technischen Möglichkeiten ausgereizt sind und nur durch den Einsatz von Emulsionssprengstoffen eine im Vergleich noch stärkere Reduktion der toxischen Sprengschwaden erreicht werden kann [3]. Die signifikante Reduktion ist maßgeblich auf die intensive Durchmischung der Reaktionspartner innerhalb der Emulsion zurückzuführen. Dieser feindisperse Zustand kann nur in Fluiden, nicht jedoch innerhalb von Festkörpern erreicht werden.

1.2 Aufbau, Struktur und Zusammensetzung der Emulsionsmatrix

Emulsionen sind disperse Systeme aus mindestens zwei nicht miteinander mischbaren Flüssigkeiten, dabei liegt die disperse Phase in Form von fein verteilten Tröpfchen innerhalb einer kontinuierlichen Phase vor. Die Beschreibung der Struktur geht auf die Begriffe Wasser und Öl zurück. Der Begriff Wasser kennzeichnet dabei hydrophile Fluide. Flüssigkeiten mit primär lipophilen Wechselwirkungen werden als Öl bezeichnet. Je nachdem welches Medium die disperse Phase darstellt, werden einfache Emulsionstypen aus zwei Flüssigkeiten als Öl-in-Wasser- (O/W) oder Wasser-in-Öl-Emulsion (W/O) beschrieben [4]. Beispiele für die unterschiedlichen Emulsionstypen aus dem Alltag sind z. B. Milch oder Sahne (O/W) bzw. Margarine oder Mayonnaise (W/O).

Für die Herstellung einer Emulsion aus den beiden Phasen ist der Eintrag mechanischer Energie zum Dispergieren der inneren Phase erforderlich. Durch die intensive Durchmischung erhält man eine sogenannte Kurzzeit-Emulsion, ohne den Zusatz von Emulgatoren führt eine schnelle Tropfenkoaleszenz umgehend zum Brechen der Emulsion und es kommt zum Aufrahmen der spezifisch leichteren Phase.

Setzt man zur Herstellung der Emulsion einen geeigneten Emulgator ein, so kann die Stabilität der Emulsion erheblich verlängert werden. Thermodynamisch strebt jedes System den Zustand der niedrigsten Energie an, sodass die Emulsion bestrebt ist, die freie Grenzflächenenergie durch Koaleszenz der dispersen Phase zu minimieren. Dieser Prozess kann durch grenzflächenaktive Moleküle (Emulgatoren) verlangsamt werden. Emulgatoren sind in der kontinuierlichen Phase löslich und führen zu einer maßgeblichen Reduktion der Oberflächenspannung. Es handelt sich um amphiphile Molekularstrukturen, die sowohl hydrophile als auch lipophile Bausteine erhalten und sich dadurch unter geeigneten Voraussetzungen an der Phasengrenzfläche anordnen können, sodass die Emulsion gegenüber der Koaleszenz stabilisiert wird [4]. Neben dem Volumenverhältnis

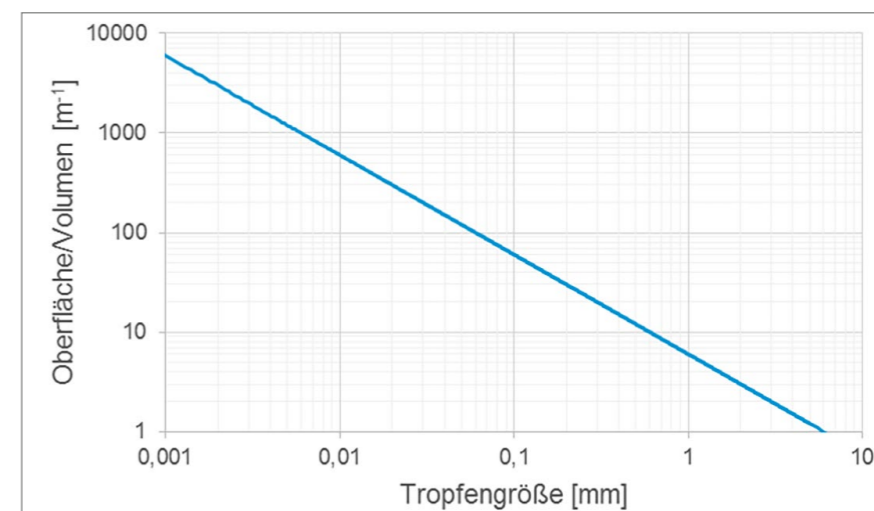


Abb. 2: Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis kugelförmiger Tropfen in Abhängigkeit der Tropfengröße

der beiden Phasen und der Herstellungsweise entscheidet vor allem der Emulgator über die Stabilität und den Typ der resultierenden Emulsion. Generell stellt das Fluid, in dem der Emulgator besser löslich ist, die kontinuierliche Phase der Emulsion dar (Bancroft-Regel) [4]. Ebenso ist die strukturelle Konfiguration des Emulgators eine wesentliche Randbedingung, diese kann auch durch den pH-Wert, die Ionenstärke und molekulare Wechselwirkungen bestimmt werden. Ein wesentliches Merkmal von Emulsionen ist der feindisperse Zustand der inneren Phase. Durch eine geeignete chemische Zusammensetzung und Herstellungsweise können Tropfengrößen unterhalb von 10 µm erreicht werden. Die erreichbare Tropfengröße wird bei konstantem Volumenverhältnis der beiden Phasen sowohl durch den Emulgator als auch durch die Beanspruchungsintensität beim Dispergieren bestimmt.

$$x_r \propto \frac{\sigma}{\tau} \propto \frac{\sigma}{\gamma \cdot \eta}$$

Gleichung 4

Entsprechend der in Gleichung 4 dargestellten Proportionalität ist die erreichbare Tropfengröße x_r eine Funktion der Oberflächenspannung σ und der wirkenden Schubspannung τ bei der mechanischen Dispergierung. Letztere wird im Wesentlichen durch die Scherrate des Mischers $\dot{\gamma}$ und die Viskosität η des Fluids bestimmt. Es

zeigt sich, dass für die Herstellung einer möglichst feindispersen Emulsion sowohl die Wahl eines geeigneten Emulgators zur Verringerung der Oberflächenspannung als auch der Einsatz eines Dispergiersystems mit hoher Scherrate von großer Bedeutung sind.

Abbildung 2 veranschaulicht, dass mit abnehmender Tropfengröße der dispersen Phase das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen eines Tropfens erheblich vergrößert wird. Daraus resultiert eine deutliche Zunahme der Phasengrenzfläche, diesen Effekt nutzt man u. a. beim Emulsionssprengstoff aus. Die Emulsionsmatrix ist eine W/O-Emulsion, wobei der Brennstoff in Form von Mineralöl die kontinuierliche Phase und eine übersättigte Lösung oxidierender Salze die disperse Phase darstellt. Die Kontaktfläche der Reaktionspartner ist im Vergleich zu konventionellen ANFO-Sprengstoffen durch die feindisperse Struktur mit Tropfengrößen in der Größenordnung von 10 µm wesentlich vergrößert und die reaktive Umsetzung der Sauerstoffträger wird durch den gelösten Zustand der Salze zusätzlich gefördert [5]. Diese strukturelle Eigenschaft begünstigt die stöchiometrisch ausgewogene Reaktion des zusammengesetzten Sprengstoffs, sodass die Energieausnutzung der Umsetzung steigt und weniger toxische Reaktionsprodukte entstehen [1].

Nachteilig für den Energiegehalt des Explosivstoffs ist die Verwendung von Wasser als Lösungsmittel für die Sauerstoffträger. Zur Reduktion der Menge dieser inerten Komponente

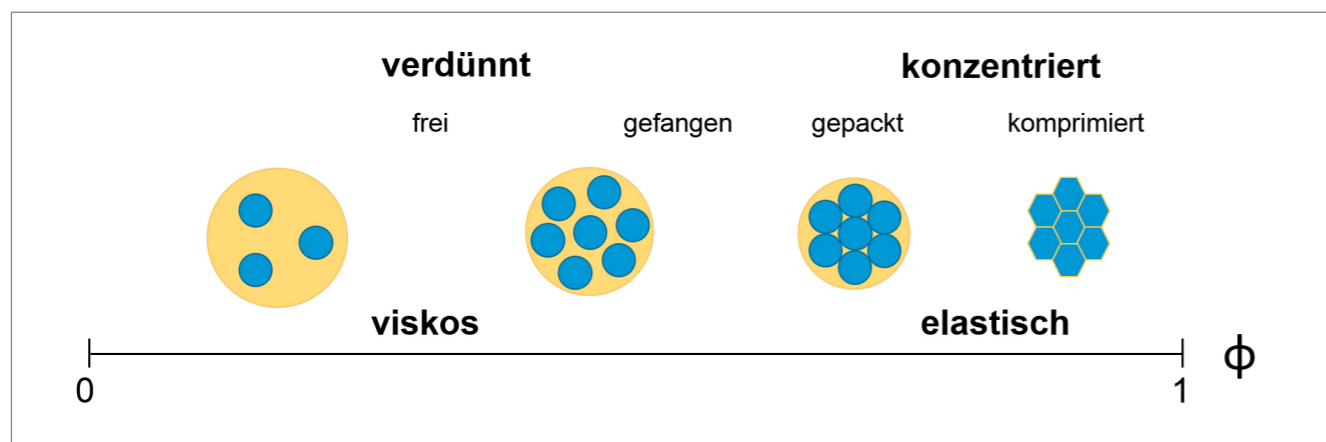


Abb. 3: Schematische Darstellung der Tropfenanordnung und der Grenzflächenmorphologie einer monodispersen Emulsion in Abhängigkeit des Volumenanteils der dispersen Phase nach [7]

nutzt man die starke Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit sauerstoffliefernder Salze aus, die mit zunehmender Temperatur deutlich steigt. Je nach Zusammensetzung wird die Wasserphase bei der Herstellung auf 70 bis 100 °C erwärmt. In der Regel wird Ammoniumnitrat als primärer Sauerstoffträger eingesetzt, zur Verringerung der Kristallisationstemperatur der Nitratlösung und zur Anpassung der Sauerstoffbilanz können darüber hinaus weitere Salze, wie Natriumnitrat, Calciumnitrat oder Natriumperchlorat, hinzugegeben werden [5, 6]. Der typische Wassergehalt in der fertigen Emulsion liegt bei etwa 10 bis 20 %. Ebenso kommt der Brennstoffphase eine wesentliche Bedeutung zu, diese setzt sich bei pumpfähigen Emulsionen in der Regel aus Mineralöl und Emulgator zusammen. Für den Ausgleich der Sauerstoffbilanz sind, je nach Rezeptur, 4 bis 8 % Brennstoff erforderlich. Für die Emulgierung wird die Brennstoffphase ebenfalls erwärmt. Darüber hinaus können zur Einstellung der Konsistenz der Emulsionsmatrix neben Mineralöl auch Wachse aufgeschmolzen werden. Bedingt durch die Volumenanteile der Wasser- und Ölphase in der W/O-Emulsion resultiert eine hochgefüllte Emulsion, die in Abhängigkeit der Tropfengrößenverteilung und der inhaltlichen Zusammensetzung eine polyederförmige Struktur annehmen kann.

Abbildung 3 stellt eine schematische Darstellung der Tropfenstrukturen und der Grenzflächenzustände für eine monodisperse und gegenüber Aggregation stabilisierten Emulsion als Funktion des Volumenanteils der disper-

sen Phase dar. Im verdünnten Bereich weisen die Tröpfchen eine kugelförmige Struktur auf. Bis zu einem Volumenanteil von 0,3 ist die gegenseitige Beeinflussung der Tröpfchen untergeordnet, die physikalischen Eigenschaften der Emulsion werden durch den Charakter der kontinuierlichen Phase bestimmt [4]. Mit zunehmendem Volumenanteil steigt die Viskosität aufgrund der gegenseitigen Wechselwirkungen zwischen den Tröpfchen an. Die Überschreitung des Volumenanteils von 0,5 führt zur Anordnung der Tröpfchen in Form einer kubischen Kugelpackung, sodass diese in Kontakt treten. Die Einschränkung der Mobilität ist mit einem signifikanten Anstieg der Emulsionsviskosität verbunden und kann mit einem „gefangenen“ Zustand verglichen werden [7].

Bei einer weiteren Erhöhung des Volumenanteils stellt sich das konzentrierte Regime ein. Die maximale Raumerfüllung monodisperser Tröpfchen wird in der dichtesten Kugelpackung bei einem Volumenanteil von 0,74 erreicht. Eine weitere Anhebung des Volumenanteils der dispersen Phase kann nur durch einen polydispersen Zustand oder die zwangsläufige Kompression und Deformation der Tropfen kompensiert werden, sodass eine polyederförmige Struktur entsteht [7]. Emulsionszubereitungen für lose, also unverpackte Anwendungen können Volumenanteile an übersättigter Nitratlösung von bis zu 0,92 enthalten [6]. Die Tropfen sind in diesem Zustand von einem dünnen, lamellaren Film aus Stabilisator und Brennstoff umgeben. In diesem Bereich weist die konzentrierte Emulsion viskoelastische Fließ-

eigenschaften auf. Der hohe elastische Anteil resultiert maßgeblich aus der Arbeit gegen die Grenzflächenspannung, wenn die Oberfläche der bereits komprimierten Tropfen durch Scherung vergrößert werden soll [7]. Im Allgemeinen kann die Rheologie von Emulsionen durch die Veränderung der Zusammensetzung und der Herstellungsweise beeinflusst werden.

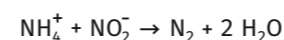
Eine Veränderung der Tropfengrößenverteilung ist immer mit Einflüssen auf die Struktur der Packung verbunden. Weitere Einflussparameter auf das rheologische Verhalten der Emulsionsmatrix sind darüber hinaus die Viskosität der kontinuierlichen Phase und mögliche attraktive Wechselwirkungen zwischen den Tropfen. Die stark pastöse Konsistenz der Emulsionsmatrix wird durch Abbildung 4 veranschaulicht, im ruhenden Zustand weist diese eine deutliche Fließgrenze auf. Darüber hinaus verleiht die Lichtstreuung an den Tröpfchen der Emulsionsmatrix ein trübes Erscheinungsbild. Für die Anwendung im Kali- und Steinsalzbergbau sollte ggf. die Einfärbung der Matrix zur Verbesserung der optischen Erkennung unter Tage in Erwägung gezogen werden.

Aufgrund des hohen Volumenanteils der Wasserphase und der großen Menge an gelösten Salzen werden besondere Anforderungen an den Emulgator gestellt. Die Qualität des Emulgators bestimmt insbesondere die Stabilität, die Lagerfähigkeit und die Tropfengröße der Emulsionsmatrix. Zum Einsatz kommen hier spezielle Moleküle und definierte Mischungen dieser. Neben der emulgierenden

Wirkung verhindern die Moleküle auch das Auskristallisieren der übersättigten Salzlösung bei Temperaturen unterhalb des eigentlichen Kristallisationspunktes. Mit zunehmender Alterung verschlechtert sich die Qualität der Emulsionsmatrix durch Kristallwachstum. Stabilisatormoleküle können auch Einfluss auf die Form von Kristallen nehmen und so den Alterungsprozess durch die Begrenzung des Wachstums unterdrücken [8].

1.3 Sensibilisierung der Emulsionsmatrix

Im Ausgangszustand ist die Emulsionsmatrix nicht detonationsfähig, die explosiven Eigenschaften werden erst durch die Erzeugung einer feindispersen Gasblasenstruktur in der Ladesäule hervorgerufen. Während des Ladevorgangs wird die Bildung von fein verteilten Gasblasen durch den definierten Zusatz chemischer Reaktive eingeleitet, sodass die Dichte der Emulsionsmatrix gezielt verringert wird. Dieser Prozess wird als Sensibilisierung bezeichnet, er basiert auf einer chemischen Reaktion von Natriumnitrit mit Ammoniumnitrat zu Stickstoff und Wasser (vgl. Gleichung 5).



Gleichung 5

Die Strukturgebung bestimmt maßgeblich die detonativen Eigenschaften des Emulsionssprengstoffs [9, 10]. Der Detonationsvorgang wird durch die eingeschlossenen Gasblasen verstärkt, diese fungieren bei der Initiierung als sogenannte „hot spots“ und tragen zur Detonationsfortpflanzung bei. Die Stoßwelle der Initialladung führt zur adiabaten Kompression der Gasblasen, sodass die damit verbundene Wärmeentwicklung maßgeblich zur Aktivierung der chemischen Umsetzung des Sprengstoffs beiträgt. Darüber hinaus werden die komprimierten Gasblasen stärker als die umgebende Matrix in Detonationsrichtung beschleunigt, sodass sich diese schneller als die Stoßwellenfront bewegen. Im Niederdruckbereich vor der Stoßfront tritt die schlagartige Ex-

pansion der Gasblasen ein, dadurch wird ein hohes Maß an Energie freigesetzt. Durch das Vorhandensein vieler Blasen mit synchronem Verhalten entwickelt sich ein ausgeprägtes Druckprofil, das die Fortpflanzung der Reaktion unterstützt [11].

Der beschriebene Prozess zur chemischen Sensibilisierung von lose verwendeten Emulsionssprengstoffen wird an der Verwendungsstelle mit sogenannten Mischladegeräten durchgeführt. Das Reaktiv wird in der Regel als Gleitfilm im Ladeschlauch eingesetzt, sodass die Wandreibung der Emulsionsmatrix und somit der Druckverlust verringert wird. Über einen statischen Mischer am Schlauchende werden beide Komponenten unmittelbar vor dem Austreten in das Bohrloch vermisch, sodass die Sensibilisierung direkt beim Ladevorgang erfolgt. Die Geschwindigkeit der chemischen Gasbildung wird stark von der Temperatur beeinflusst, sodass insbesondere bei niedrigeren Temperaturen der Einsatz von Katalysatoren erforderlich ist. Zur Beschleunigung der in Gleichung 5 beschriebenen Reaktion wird der pH-Wert der Emulsionsmatrix durch die Zugabe einer Säure reduziert. Dies kann z. B. auch mit einem zweiten Reaktiv im Mischladegerät erfolgen. Darüber hinaus beinhalten viele Reaktive z. B. Harnstoff oder Thiocyanat als weiteren Katalysator. Während die unvollständige Umsetzung des Natriumnitrits bei der Sensibilisierung zur unerwünschten Bildung von Stickoxiden führen kann, sorgt der Katalysator für eine verbesserte Umsetzung des Reaktivs. Es wurde nachgewiesen, dass in Kombination mit Zitronensäure als pH-Regulator praktisch keine Stickoxide bei der chemischen Gasbildung entstehen [12].

Durch die variable Dosierung der Additive für die Gasblasenbildung lässt sich die Dichte des Sprengstoffs im Bohrloch gezielt einstellen. Die hochviskose Konsistenz der Matrix konserviert die Gasbläschen in der Ladesäule, sodass diese über einen ausreichend langen Zeitraum detonationsfähig bleibt. In der Regel können durch die Einstellung Ladedichten im Bereich von 1.200 bis 800 kg/m³ erreicht werden. Diese Flexibilisierung beim Ladevorgang des Emulsionssprengstoffs ermöglicht eine zusätzliche Anpassung des Energiegehalts an

die jeweils durchzuführende Sprengarbeit bzw. an die Sektionen, in denen unterschiedliche Energiedosierungen erforderlich sind.

Eine weitere technologische Besonderheit beim Einsatz der Mischladetechnologie stellt die Möglichkeit des sogenannten „string loadings“ dar. Hierbei wird der Ladevorgang mit einer automatischen Schlauchrückzugseinrichtung durchgeführt, sodass durch die Abstimmung der Rückzugsgeschwindigkeit mit der Fördermenge an Emulsionsmatrix ein definierter Füllgrad in das Bohrloch geladen werden kann [13]. Dieses Verfahren ist insbesondere zum Erreichen niedriger Ladedichten und für partiell gefüllte Bohrlöcher im Konturbereich geeignet, sodass auf zusätzliche Sprengmittel, wie z. B. Sprengschnur, oder andere aufwändig herzustellende gestreckte Ladungen verzichtet werden kann.

Weitere Vorteile in der Anwendung ergeben sich aus der strukturabhängigen Detonationsfähigkeit. Hier ist insbesondere die vereinfachte Transportlogistik der nicht sensibilisierten Emulsionsmatrix zu nennen. Ebenso stellt Emulsionssprengstoff einen handhabungssicheren Sprengstoff mit vergleichsweise niedriger mechanischer und thermischer Empfindlichkeit dar, sodass eventuell im Haufwerk zurückgebliebene Sprengstoffreste beim Wegladen kein größeres Gefahrenpotenzial als der momentan eingesetzte Sprengstoff ANDEX LD darstellen.

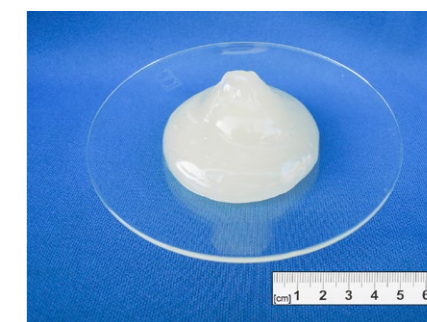


Abb. 4: Exemplarische Darstellung einer Probe Emulsionsmatrix

2 EVALUATION DES POTENZIALS ZUR REDUKTION TOXISCHER SPRENGSCHWADEN DURCH DEN EINSATZ VON EMULSIONSSPRENGSTOFFEN

In der theoretischen Betrachtung wurde bereits angemerkt, dass bei der detonativen Umsetzung von Emulsionssprengstoffen gegenüber granularen ANC-Sprengstoffen deutlich geringere toxische Sprengschwaden zu erwarten sind. Unterschiedliche Studien über definierte Schwadenmessungen und den Einsatz in Grubenbetrieben bestätigen diese These. Kluge berichtet über die signifikante Reduktion toxischer Sprengschwaden durch den Einsatz patronierter Emulsionssprengstoffe gegenüber gelatinösem Sprengstoff im untertägigen Kohlebergbau [14]. Ebenso konnte Zawadzka-Małota bei Messungen unterschiedlicher Sprengstoffe in einer Schwadenkammer zeigen, dass patronierte Emulsionssprengstoffe im Vergleich zu gelatinösen Sprengstoffen die niedrigsten spezifischen Schwadenvolumina an NO_x freisetzen [15].

Harris et al. führten eine vergleichende Studie zur Messung der toxischen Schwadenbestandteile unterschiedlicher Sprengstoffe unter definierten Randbedingungen in einer Schwadenkammer durch. Die Gegenüberstellung der Messwerte aus den Schwaden einer lose verwendeten

Emulsion und ANFO zeigt deutlich geringere spezifische Schwadenvolumina der toxischen Bestandteile in den Schwaden der Emulsion. Die Reduktion von CO lag bei 33 % und für NO_x wurde eine Reduktion von 71 % gemessen [16].

Sapko et al. haben die spezifischen NO_x Schwadenvolumina von ANFO und lose verwendetem Emulsionssprengstoff bei unterschiedlichen Einschlussbedingungen gemessen.

Unabhängig vom Einschluss wurde deutlich, dass die spezifischen Schwadenvolumina des Emulsionssprengstoffes deutlich niedriger liegen, im Mittel wurde für NO_x eine Reduktion von ca. 83 % und für CO ca. 25 % gegenüber ANFO nachgewiesen [2].

Darüber hinaus haben Nyberg et al. gezeigt, dass auf Zusatzstoffe, wie beispielsweise Aluminium oder gepulvertes Ammoniumnitrat, zur Minimierung der toxischen Schwaden von Emulsionssprengstoffen verzichtet werden sollte [17].

Eine bereits 2002 durchgeführte Studie zum Einsatz von Emulsionssprengstoff im Grubenbetrieb des Kaliwerkes Neuhoof-Ellers hat das Potenzial in der Reduktion toxischer

Sprengschwaden im Einsatz unter Tage erkennen lassen [18]. Gegenüber dem damaligen Standard ANDEX 2000 wurde mit unterschiedlichen Emulsionen im Mittel eine signifikante Reduktion erreicht. Für NO und NO_2 wurden Reduktionen von bis zu 60 % bzw. 80 % erreicht und die Anteile an CO wurden um bis zu 70 % reduziert. Unter anderem wurde die Versuchsreihe später aufgrund nicht ausgereifter technologischer Merkmale der Mischladetechnologie und der Dichtereduktion eingestellt [18].

Es ist anzumerken, dass die Messwerte der unterschiedlichen Studien immer an die vorgegebenen Versuchsbedingungen gebunden sind und stark von der Qualität der eingesetzten Sprengstoffe abhängen. Dennoch bestätigen alle Studien das signifikante Potenzial der Reduktion toxischer Sprengschwaden durch den Einsatz von Emulsionssprengstoff. Auf Basis dieser Grundlage wurden weiterführende Messungen mit dem neuesten Stand der Technik durchgeführt.

Dabei kam durchweg die Mischladetechnologie zum Einsatz, deren grundsätzliches Prinzip beispielhaft in Abbildung 5 dargestellt ist.

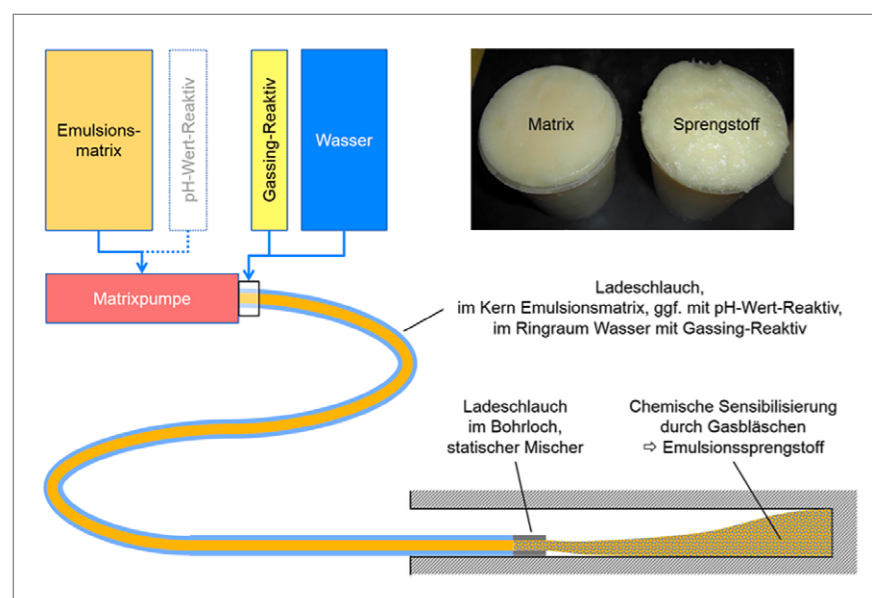


Abb. 5: Schematische Darstellung des Prinzips der Mischladetechnologie für Emulsionssprengstoffe in Anlehnung an [19]

3 EINSÄTZE MIT EMULSIONSSPRENGSTOFF IN DEN K+S GRUBENBETRIEBEN

3.1 Bestimmung der spezifischen Schwadenvolumina von Sprengstoffen unter Tage

In 2017 wurde der Versuchsaufbau im Grubenbetrieb Neuhoof-Ellers so gewählt, dass in derselben Abbaustrecke an aufeinanderfolgenden Tagen jeweils ganze Abschlüsse gesprengt und die entstehenden Emissionen gemessen wurden. Dabei kam hochwertige stationäre Messtechnik zum Einsatz, zur Kontrolle wurden auch mobile Messgeräte eingesetzt.

Zunächst wurden einige Messungen mit ANDEX LD durchgeführt, danach mit Emulsionssprengstoffen und abschließend erneut mit ANDEX LD. Dieses Vorgehen gewährleistet, dass mögliche Fehlereinflüsse im komplexen Gewinnungsbetrieb unter Tage rechtzeitig erkannt, vermieden oder zumindest deutlich reduziert werden können.

Der Vortrieb hatte eine Breite von ca. 14 m bei einer Abbauhöhe von ca. 2,5 m und einer Abschlaglänge von etwa 6,8 m. Das Sprengschema, also die Anordnung der Sprengbohrlöcher und die Zündreihenfolge, wurde unverändert vom Schema für ANDEX LD übernommen, da nicht die sprengtechnische Optimierung, sondern der Nachweis der Reduzierung der Stickoxidemissionen im Vordergrund stand. Der Emulsionssprengstoff wurde unter Verwendung einer Schlauchrückzugsvorrichtung geladen, um die Enddichte in etwa auf die Ladedichte von ANDEX LD einstellen zu können. Die Sprengergebnisse waren durchweg einwandfrei, die Stückigkeit des Haufwerks zeigte, dass die Zertrümmungswirkung, resultierend in der Fragmentierung, höher war als mit ANDEX LD.

Die Sprengschwaden wurden kontrolliert und vollständig über die Messstelle in einem Querort geführt, die Messtechnik selbst war in der benachbarten Abbaustrecke aufgebaut. In Abbildung 6 ist das Schema der Schwadenmessungen in der Draufsicht dargestellt, in Abbildung 7 ist die Probenahme für die Gasmessungen im Querort zu sehen.

Die gemessenen spezifischen Schwadenvolumina von ANDEX LD und dem eingesetzten Emulsionssprengstoff sind in Tabelle 1 aufgeführt.

In diesem Einsatz konnte eindrucksvoll gezeigt werden, dass die erforderlichen deutlichen Reduktionen der toxischen Schwadenbestandteile mit Emulsionssprengstoffen gegenüber ANDEX LD erreichbar sind. Die Reduktion der Auswetterzeiten an der Messstelle unter Annahme der zukünftig anzuwendenden Arbeitsplatzgrenzwerte betrug etwa 50 %.

3.2 Ermittlung der Emissions- und Expositionsreduzierung durch Einsatz von Emulsionssprengstoffen in einem Gewinnungsrevier

In 2018 wurde ein weiterer Einsatz mit Emulsionssprengstoffen im Grubenbetrieb Hattorf-Wintershall des Werkes Werra durchgeführt. Hier war im Zusammenhang mit anderen technischen Maßnahmen aus dem K+S-Projekt Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) die Frage zu beantworten, ob die zuvor im Einzelstreckenvortrieb nachgewiesenen

Reduzierungen der Emissionen auch im Regelbetrieb eines ganzen Reviers mit drei Gewinnungsschichten täglich realisierbar und nutzbar sind. Weiterhin war zu ermitteln, in welchem Maße die Exposition der Beschäftigten gegenüber Stickoxiden und anderen Gefahrstoffen durch den Einsatz von Emulsionssprengstoffen reduziert werden kann.

In Abbildung 8 ist ein Ausschnitt des Risswerkes dargestellt, das Versuchsrevier liefert mit ca. 6.000 t Rohsalz täglich etwa 10 % der Produktion des Grubenbetriebes Hattorf-Wintershall. Es wurden umfangreiche Vorbereitungen getroffen, da die gesamte Sprengarbeit für fast vier Wochen vollständig von ANFO- auf Emulsionssprengstoffe umgestellt wurde. Vorab wurden in zwei bergbehördlich anerkannten eintägigen Lehrgängen insgesamt 15 freiwillige Sprengberechtigte qualifiziert, um die Ladearbeiten zum Herstellen von Emulsionssprengstoffen durchführen zu können. Mit zeitweise zwei Mischladegeräten wurden in Summe mehr als 60 t Emulsionssprengstoff verwendet. Die Sprengschemata wurden wiederum gegenüber ANDEX LD nicht verändert. Neben den Erfahrungen aus dem eigentlichen Einsatz in der Gewinnung mit den

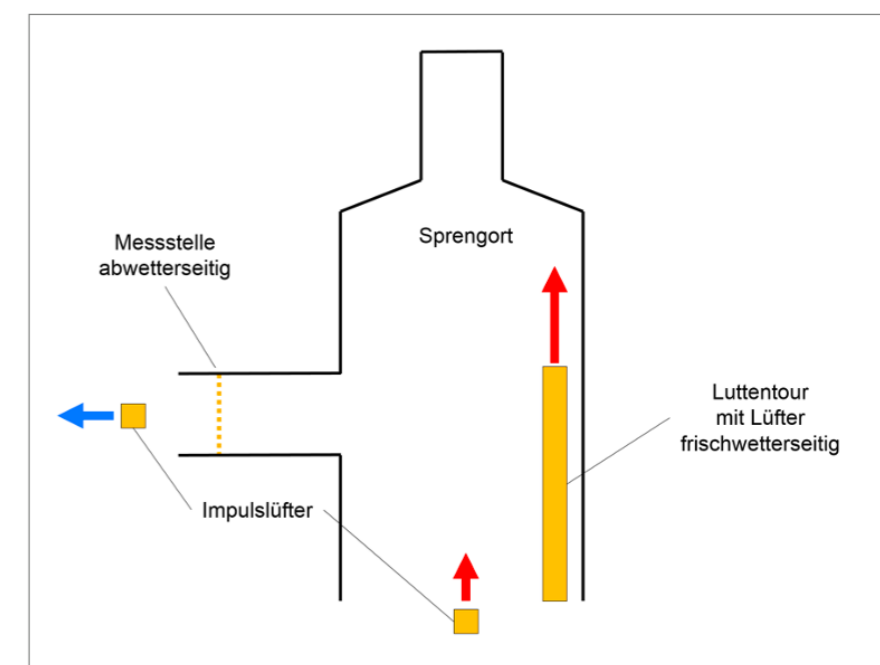


Abb. 6: Schema der Schwadenmessungen (Draufsicht)

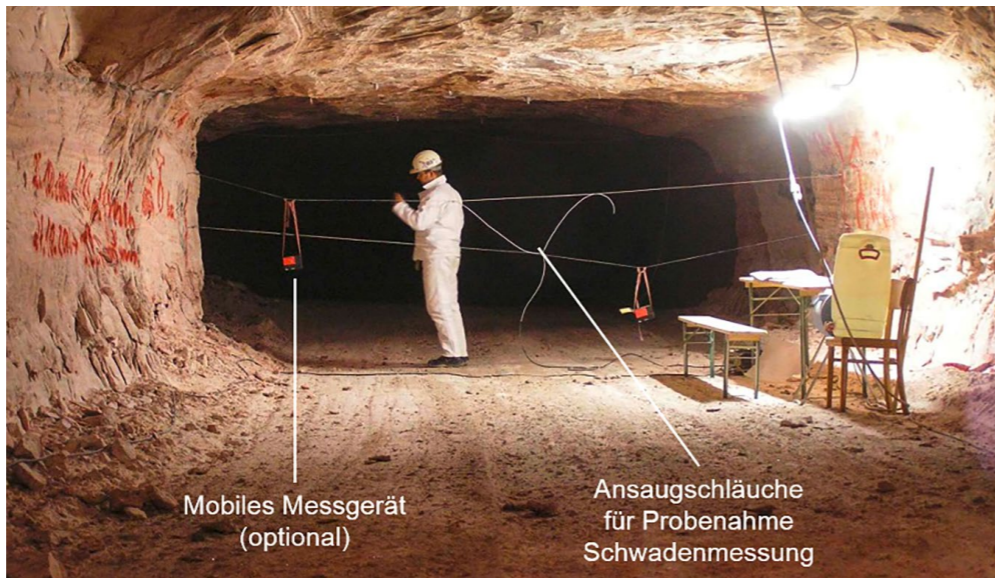
engagierten Sprengberechtigten wurden insbesondere wertvolle Erfahrungen zum Umschlag, zur Logistik und Lagerung der benötigten Rohstoffe und Materialien gesammelt.

Im Unterschied zum vorhergehenden Einsatz wurden Verstärkungs-ladungen zur besseren Initiierung der Ladesäulen eingesetzt, da es teilweise zur nicht vollständigen Umsetzung des Emulsionssprengstoffes kam. Als Gründe kommen hierbei insbesondere die An- und Abfahrvorgänge beim Ladevorgang in Betracht, da der Ladeschlauch systembedingt mit Wasser freigespült werden muss, wenn die Ladearbeiten für mehr als 15 Minuten unterbrochen werden oder abgeschlossen sind.

Die mechanischen Schlauchtreiber wurden bei diesem Einsatz nicht verwendet, da sie noch nicht auf den Einsatz im Kali- und Steinsalzbergbau zugeschnitten waren und den Sprengberechtigten nicht wirklich hilfreich waren. Insofern waren die Ladedichten des Emulsionssprengstoffes bei gleichem Bohrdurchmesser höher als mit ANDEX LD.

Bereits im Rahmen der jeweils mehrwöchigen vorlaufenden Null-Messungen, der Umsetzung von wetter-technischen Optimierungen und dem Einsatz der besten seinerzeit verfügbaren Motorentechnik wurden Expositionsmessungen an den verschiedenen Arbeitsplätzen im Revier durchgeführt. Diese Messungen wurden auch in der Kombination mit dem Einsatz der vorgenannten Maßnahmen und Emulsionssprengstoff durchgeführt.

Im Ergebnis konnte mit der Auswertung der zahlreichen Messwerte und Messreihen, welche das Institut für Gefahrstoffforschung (IGF) vorgenommen hatte, gezeigt werden, dass unter den Bedingungen dieses Versuchsreviers die sichere Einhaltung der zukünftig anzuwendenden Arbeitsplatzgrenzwerte für Stickoxide



Mobiles Messgerät (optional)

Ansaugschläuche für Probenahme Schwadenmessung

Abb. 7: Probenahme für Gasmessungen im Querort, abwetterseitig

nur in der Kombination aller technischen Maßnahmen möglich ist, also mit dem Einsatz von Emulsionssprengstoffen.

Dies gilt insbesondere für die Arbeitsplätze auf den mobilen Maschinen im Gewinnungsbereich, wie Fahrlader (auch Elektro-Fahrlader), Beraubemaschinen und andere.

Aus den im Abwetterbereich des Versuchsreviers ermittelten Messergebnissen kann abgeleitet werden, dass unter den Bedingungen im Versuchsrevier der Beitrag der Emissionsminderung von Stickoxiden im Vergleich zum Referenzzustand durch die beste verfügbare Motorentechnik etwa 40 % beträgt und der Beitrag aus dem Einsatz von Emulsionssprengstoffen noch einmal etwa 30 %. Die Auswetterzeiten waren stark verkürzt und die Expositionen der Beschäftigten während des Schichtverlaufes deutlich spürbar reduziert. Dies belegt eindrucksvoll, dass hier nur die Kombination der oben genannten Maßnahmen zur Zielerreichung führen kann.

3.3 Erfordernis von zusätzlichen wettertechnischen Maßnahmen beim Einsatz von Emulsionssprengstoffen

Anfang 2020 war unter den Bedingungen in einem kleineren Versuchsbereich im Werk Zielitz zu ermitteln, ob bereits durch den Einsatz der besten dort verfügbaren Motorentechnik in Kombination mit Emulsionssprengstoffen die zukünftig anzuwendenden Arbeitsplatzgrenzwerte für Stickoxide eingehalten werden können oder zusätzliche wettertechnische Maßnahmen erforderlich sind.

Vorlaufend wurden Ende 2019 entsprechende Null-Messungen beim Einsatz von ANDEX LD mit verschiedenen Emissionsklassen der mobilen Maschinen und Fahrzeuge durchgeführt. Auch hier wurden die Sprengschemata beim Einsatz der Emulsionssprengstoffe mit Anwendung der Mischladetechnologie unverändert gelassen.

Die stationären und personenbezogenen Messungen wurden wiederum mit Unterstützung des IGF gewonnen und werden derzeit ausgewertet. Der erwartete deutliche Beitrag der Emulsionssprengstoffe zur Emissionsminderung konnte auch hier gezeigt werden, allerdings bestätigte sich erneut deutlich, dass die derzeit am Markt verfügbare Technologie noch an die Anforderungen der K+S Bergwerke angepasst werden muss. Die Aus- und Bewertung der Messreihen ist noch abzuschließen.

	ANDEX LD (n=3)	Emulsionssprengstoff (n=8)	Reduktion
NO _x	1,96 ± 1,05	0,33 ± 0,05	83 %
CO	12,35 ± 4,15	5,17 ± 0,51	58 %

Tab. 1: Mittelwerte der spezifischen Schwadenvolumina mit 95 % Konfidenzintervall und prozentuale Reduktion toxischer Sprengschwaden aus Messungen im Grubenbetrieb Neuhoef-Ellers 2017 (n: Anzahl der Messungen)

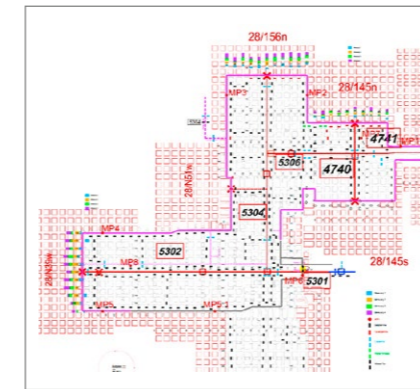


Abb. 8: Ausschnitt des Risswerkes, Revier 28 Versuchsrevier im Grubenbetrieb Hattorf-Wintershall, Werk Werra

3.4 Besondere Anforderungen für den Einsatz im Kali- und Steinsalzbergbau

Die Einführung von Emulsionssprengstoffen unter Tage ist bei K+S und sicherlich auch in anderen Bergwerken mit dem Erfordernis einer grundlegenden Umstellung der Sprengmittellogistik verbunden. Daher müssen, in Abhängigkeit von standortspezifischen Anforderungen, passende Konzepte für den effizienten und sicheren Transport ausgearbeitet werden. Definiert man als erste Schnittstelle für den Einsatz im Grubenbetrieb die Anlieferung über Tage, so sind geeignete Konzepte für den Umschlag, die Zwischenlagerung und den Schachttransport zu entwickeln. Die Möglichkeit der vertikalen Förderung der Emulsionsmatrix über eine Schachtleitung ist ebenso zu prüfen, wie der Transport in maßgeschneiderten Logistikeinheiten. Letztendlich muss für spezifische Varianten ggf.

auch eine gezielte Anpassung der Produktformulierung an die Logistikkette berücksichtigt werden. Dies erfordert insbesondere eine umfassende Betrachtung in Hinblick auf die Sicherheit und die Produktqualität. Der Transport, die Lagerung und Umschlagvorgänge bis zur Befüllung der Mischladeeinheiten müssen so ausgelegt werden, dass Restmengen in Transportbehältern minimiert werden und bedarfsweise Reinigungsprozesse durchgeführt werden können. Insbesondere Verunreinigungen durch Restmengen können Kristallisationsvorgänge auslösen und damit zur Beeinträchtigung der Produktqualität führen. Grundsätzlich wird die Stabilität der Emulsionsmatrix für die Lagerung und Verwendung bei Temperaturen bis zu 50 °C vorausgesetzt. Für das Laden der Bohrlöcher und die Sensibilisierung an der Verwendungsstelle muss zudem eine Anpassung der Mischladetechnologie erfolgen. Diese ist insbesondere durch den Einsatz in Gewinnungsbereichen mit

Ihr Spezialist für ANFO

ANDEX LD

- ✓ handhabungssicher
- ✓ rieselfähig
- ✓ hohes Schwadenvolumen mit reduzierten Stickoxidgehalten

weitere auf Anfrage

Ihr Ansprechpartner:
Herr Markus Weinhold
Tel. 0 53 26 91 08 -33 · anfo@msw-chemie.de
Seesener Str. 19 · 38685 Langelsheim

geringen Lagerstättenmächtigkeiten begründet. Unter Berücksichtigung der entsprechenden Trägerfahrzeuge, die derzeit ausgewählt werden, sind Höhenbeschränkungen durch ein geeignetes Design zu kompensieren.

Darüber hinaus werden weitere wesentliche Anforderungen an die Mischladetechnologie gestellt. Das Laden der Sprengbohrlöcher ohne wesentliche Einflussmöglichkeiten des Sprengberechtigten auf die Rezeptur des Sprengstoffes ist als Verwenden im Sinne des SprengG zu betrachten. Dennoch müssen, neben der rechtlichen Anforderung der automatischen Dokumentation der geladenen Mengen, auch Grundsätze und Messgrößen zur Qualitätssicherung festgelegt werden. Es müssen ein Höchstmaß an Sicherheit sowie eine gleichbleibend hohe Produktqualität gewährleistet sein, sodass Sprengarbeiten definiert geladen und zuverlässige Sprengergebnisse erreicht werden. Der Grad und die Güte der Sensibilisierung der Matrix bestimmen maßgeblich die sprengtechnischen Eigenschaften des Emulsionssprengstoffs. Aus diesem Grund ist eine ge-

eignete Vorrichtung zur Unterstützung des Ladevorgangs zwingend erforderlich. Die Vorrichtung muss eine ergonomische Führung des Ladeschlauchs ermöglichen und die exakte Einstellung der Rückzugsgeschwindigkeit gewährleisten, damit insbesondere horizontale Sprengbohrlöcher mit definierten Mengen geladen werden können. Zur Vermeidung eines Dichtegradienten über die Bohrlochlänge muss die Matrix radial expandieren können, dies ist nur bei partiell gefüllten Bohrlochern, die mittels Schlauchrückzugseinrichtung geladen werden, möglich. Zudem ist eine intelligente Steuerungstechnik erforderlich, die Temperatureinflüsse und Dichtevorgaben berücksichtigt und für den Sprengberechtigten möglichst einfach und sicher zu bedienen ist. Der Ladevorgang erfordert darüber hinaus eine exakte Festlegung und zeitliche Koordination der Arbeitsabläufe, da die Vermischung von Gassing-Reaktiv und Emulsionsmatrix zu einem Druckanstieg im Ladeschlauch führt. Bei längeren Betriebsunterbrechungen kann dies zu Störungen und


im ungünstigsten Fall zum Bersten des Ladeschlauchs führen. Zur Vermeidung dieses Effektes muss der Ladeschlauch vor längeren Unterbrechungen freigespült werden. Der Spülvorgang ist so auszulegen, dass Rest- und Abfallmengen minimiert werden. Dies kann z. B., wie in den Einsätzen bei K+S bereits durchgeführt, durch rechtzeitiges Umstellen der Förderpumpe auf Spülwasser während des Ladens der letzten Bohrlocher einer Sprengarbeit erreicht werden. Dabei muss allerdings auch gewährleistet sein, dass kein Spülwasser in das Bohrloch gepumpt wird, damit der Sprengstoff in seiner Zusammensetzung qualitativ nicht beeinträchtigt wird. Ein derartiger Vorgang kann nicht allein durch die Erfahrung des Sprengberechtigten wirtschaftlich und sicher gestaltet werden, es bedarf ebenso einer geeigneten technischen Unterstützung durch das Mischladegerät. Bei den anfallenden Spülmengen muss zudem die Einführung eines Recyclingkonzeptes geprüft werden.

Die saubere und exakte Dosierung ist grundsätzlich eine wesentliche Anforderung des Kali- und Steinsalzbergbaus. Bei den Ladetätigkeiten muss die Verunreinigung des Rohsalzes durch Emulsionsmatrix oder Reaktive vermieden werden. Produkte und Anwendungen in der Chemie oder Pharmaindustrie sowie im Futter- und Lebensmittelbereich erfordern die Gewinnung hochreiner Salze, die auch durch das Sprengverfahren nicht kontaminiert werden dürfen. Ebenso müssen der sichere Umgang mit Gefahrstoffen und die Arbeitssicherheit der Mitarbeiter gewährleistet werden.

4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Einhaltung der zukünftig anzuwendenden, stark reduzierten Arbeitsplatzgrenzwerte für Stickoxide stellt für den Bergbau eine große Herausforderung dar. Die K+S Gruppe setzt auch zukünftig auf die Gewinnung mit Bohr- und Sprengarbeit und hat nach eingehender Prüfung der Ergebnisse von entsprechenden Versuchseinsätzen entschieden, Emulsionssprengstoffe in allen Bergwerken der Gruppe in Deutschland einzuführen. Die Vorbereitungen werden intensiv vorangetrieben und es ist eine Vielzahl von organisatorischen, logistischen und technischen Anpassungen erforderlich, bevor die Mischladetechnologie bei K+S eingesetzt werden kann. Für die Beschäftigten werden sich die Arbeitsabläufe im

Sprengwesen teilweise wesentlich ändern. Weiterhin müssen die hohen Anforderungen an die Produktqualität zur Sicherstellung der erforderlichen Emissionsreduzierung, aber auch die Anpassung der technologischen Prozesse an die Erfordernisse der K+S Bergwerke berücksichtigt werden. Letztlich muss auch gewährleistet sein, dass durch Emulsionssprengstoffe, deren Einsatzstoffe und Restmengen keine Kontamination der Rohsalze erfolgt. Der Zeitbedarf für die Umstellung der Bergwerke ist erheblich, die K+S Gruppe ist mit MSW-Chemie einer der bedeutendsten Hersteller und mit den eigenen Bergwerken einer der größten Verbraucher von gewerblichen Sprengstoffen in Deutschland.

DR. RÜDIGER TRIEBEL 
Referatsleiter Bergbau
K+S Aktiengesellschaft, Kassel
und Geschäftsführer
MSW-CHEMIE GmbH, Langelsheim

DR. FREDERIK FLACH
Leiter Labor/Entwicklung
MSW-CHEMIE GmbH, Langelsheim
www.k-plus-s.com

LITERATUR

[1] **Oluwoye, I., et al.**, Atmospheric emission of NO_x from mining explosives: A critical review. *Atmospheric Environment*, 2017. 167: p. 81–96.

[2] **Sapko, M.J., et al.**, Chemical and Physical Factors that Influence NO_x Production During Blasting: Exploratory Study, in 28th Annual Conference on Explosives and Blasting Technique 2002, International Society of Explosives Engineers: Las Vegas, NV. p. 317–330.

[3] **Triebel, R.**, Neue Anforderungen für den Bergbau durch strengere Arbeitsplatzgrenzwerte. *GeoResources*, 2019 (2): p. 43–54.

[4] **Dobiáš, B.**, Emulsionen (Teil 1). *Tenside* 1978. 15 (5): p. 225–232.

[5] **Fiederling, N.**, Emulsionssprengstoffe in Theorie und Praxis. *Nobel Hefte, Sprengmittel in Forschung und Praxis*, 1988. 54(4): p. 109–120.

[6] **Mahadevan, E.G.**, Emulsion Explosives, in *Ammonium Nitrate Explosives for Civil Applications*. 2013, Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA: Weinheim. p. 113–155.

[7] **Mason, T.G.**, New fundamental concepts in emulsion rheology. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 1999. 4: p. 231–238.

[8] **Mittal, K.L. and D.O. Shah.**, Adsorption and Aggregation of Surfactants in Solution. 2002: Taylor & Francis.

[9] **Fiederling, N.**, Die Entwicklung schlagwetter-sicherer Emulsionssprengstoffe der Klasse I für den deutschen Steinkohlebergbau. *Nobel Hefte, Sprengmittel in Forschung und Praxis*, 1991. 57 (2–4): p. 75–87.

[10] **Allum, J.M., M. Cartwright, and J. Cooper.**, Variation of emulsion explosive performance parameters with water content, in 28th International Annual Conference of ICT 1997, Fraunhofer Institut für chemische Technologie: Karlsruhe. p. 1–14.

[11] **Leiber, C.O.**, Betrachtungen zu Explosions- und Detonationserscheinungen. *Journal of Occupational Accidents*, 1977. 1 (2): p. 159–170.

[12] **Vestre, J.**, A method for preparing a sensitised emulsion explosive, 2003.

[13] **Ganster, M.**, Teilautomatisierung sprengtechnischer Abläufe ober- und untertage. *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*, 2018. 163 (4): p. 135–140.

[14] **Kluge, D.**, Erste Erfahrungen mit Emulsionssprengstoffen beim Vortrieb von Gesteinstrecken auf dem Bergwerk General Blumenthal. *Nobel Hefte, Sprengmittel in Forschung und Praxis*, 1991. 57 (2–4): p. 54–60.

[15] **Zawadzka-Matota.**, Testing of mining explosives with regard to the content of carbon oxides and nitrogen oxides in their detonation products. *Journal of Sustainable Mining*, 2015. 14 (4): p. 173–178.

[16] **Harris, M.L., J.H. Rowland, and R.J. Mainiero.**, Toxic fume comparison of a few explosives used in trench blasting, in 29th Annual Conference on Explosives and Blasting Technique 2003, International Society of Explosives Engineers: Cleveland, OH. p. 319–336.

[17] **Nyberg, U., et al.**, Short time measurements of toxic fumes from detonation of emulsion explosive, 2015, Swedish Rock Breaking Institute. p. 1–20.

[18] **Ganzer, C.**, Ergebnisse von Versuchen mit Emulsionssprengstoffen in Bergwerken der K+S Gruppe, in *Kali und Steinsalz 2005*, Kaliverein e.V. p. 26–45.

[19] **Kasperski, J., Bishopink, M.**, Verfahren zur Herstellung eines hochviskosen Emulsionssprengstoffes sowie Verfahren zum Verbringen desselben, Veröffentlichungsdatum 2005/09/07. Patent EP1571136B1.



Abb. 9: Ladearbeiten mit Emulsionssprengstoff, Mischladetechnologie

Erstveröffentlichung in KALI & STEINSALZ 01/2020

SÖBBE

Fr. Sobbe GmbH

Fabrik elektr. Zünder
Beylingstraße 59
44329 Dortmund

Tel.: 0231 - 230560

Fax: 0231 - 238488

E-Mail: info@sobbe-zuender.de

Zündermanufaktur

Individuell - Speziell - Innovativ

- Elektrische Zünder
- Mechanische Zünder
- Pyrotechnische Baugruppen
- Zündleitung und Verlängerungsdrähte
- Kundenspezifische Ausführungen

Weitere Informationen unter:

www.sobbe-zuender.de

Mit AUSTIN Produkten...

explosives of tomorrow...today



...immer in der 1. Reihe!



AUSTIN POWDER
INTERNATIONAL

Leistungsfähige Sprengstoffe für über- und untertägige Anwendungen: Patronierte **Emulex**-Emulsionssprengstoffe, z. B. **Emulex 2 Plus** als Ersatz für gelatinösen Sprengstoff
Anwendungen mit unseren Mischladefahrzeugen: Hydromite-Sprengstoffe
Gelatinöser Sprengstoff: Austrojet
ANFO-Sprengstoffe: Austinite
Sonstige Sprengstoffe und sämtliches Sprengzubehör
Nichtelektrisches-, elektrisches- und elektronisches-Zündsystem
Planung und Ausführung von Bohr- und Sprengarbeiten

Austin Powder Germany GmbH, Zum Elberskamp 24, D-57413 Finnentrop,
Fax: +49 2721 60298-75, e-mail: office@austinpowder.de
Ihr Ansprechpartner: Johannes Düro, Tel. +49 160 901 753 59, e-mail: johannes.duro@austinpowder.de

ASMW-Consult
Erfolgreiches Arbeitsschutzmanagement & mehr

VERANTWORTUNG	NOTFALLMANAGEMENT	GEFÄHRSTOFFE	MASCHINENSICHERHEIT
GEFÄHRGUTBERATUNG	EXPLOSIIVSTOFFE	LABORATORIUM	SEMINARKONZEPTION

ASMW-Consult Hermersbachstr. 17 76857 Ramberg
Tel.: 06345 9598114 Fax.: 06345 9598119 service@asmw-consult.de

Deutscher Sprengverband e.V.
Nutzen Sie als Mitglied umfangreiche Fachinformationen

Aktuelle Online-Informationen zu Gesetze/Verordnungen und diverse Handlungshilfen aus den Fachgebieten Steinbruch, Bergbau, Abbruch, Pyrotechnik, Tunnelbau, Felsbau, Erdöl/Erdgas und Seismik finden Sie im geschützten Mitgliederbereich auf der Homepage des Verbandes. Die Zugangsdaten erhalten unsere Mitglieder über die Geschäftsstelle des Deutschen Sprengverbandes.

www.sprengverband.de

DR. HOLGER KREBS MIT DEM BARBARA-RELIEF GEEHRT

Nicht nur die Hersteller von Sprengstoffen, Zündern und Sprengzubehör verbinden mit der BAM den Namen Dr. Holger Krebs. Nahezu drei Jahrzehnte wirkte Dr. Krebs an dieser Einrichtung und trug entscheidend dazu bei, dass Sprengstoffe und Zündmittel heute EU-weit einheitliche Anforderungen erfüllen und somit in allen Ländern der Europäischen Union verwendet werden können. Ein Umstand, den man aus heutiger Sicht fast als selbstverständlich betrachten kann. Allerdings gerät dabei schnell in Vergessenheit, dass es bis dahin ein langer Weg war und viel Engagement bedurfte, um dieses Ziel zu erreichen. Darüber hinaus findet man in Dr. Krebs stets einen außerordentlich kompetenten und erfahrenen Partner, wenn es um fachliche Fragen, Aufgabenstellungen oder Gutachten im Bereich der Sprengtechnik geht.

Seine berufliche Laufbahn wird Dr. Holger Krebs im Sommer dieses Jahres beenden und der Deutsche Sprengverband möchte dies zum Anlass nehmen, Dr. Holger Krebs ganz herzlich für die vielen Jahre der beruflichen Zusammenarbeit zu danken. In Anerkennung und Würdigung seiner herausragenden Verdienste im Bereich Sprengtechnik wird Dr. Holger Krebs mit dem von Walter Werner gestifteten Barbara-Relief geehrt.

Der Deutsche Sprengverband freut sich auf die weitere gemeinsame Arbeit mit Dr. Holger Krebs im Vorstand unseres Verbands und wünscht Dr. Holger Krebs für den weiteren Lebensweg alles Gute und viel Zeit für die Vorhaben, Ideen und Dinge, die aus Sicht von Dr. Krebs das Leben bestimmen sollten und vielleicht schon länger darauf warten, Wirklichkeit zu werden. (JR)



Dr. Holger Krebs, Foto: JR

HERZLICHEN GLÜCKWUNSCH LIEBER FRIEDHELM LANDGRAF!



Friedhelm Landgraf, Foto: GV

Am 26.07.2020 konnte unser Schatzmeister, Friedhelm Landgraf, auf sechs Jahrzehnte zurückblicken. Der Deutsche Sprengverband möchte dieses besondere und runde Jubiläum zum Anlass nehmen, Friedhelm Landgraf ganz herzlich zu gratulieren. Wir wünschen Friedhelm Landgraf vor allem Gesundheit aber natürlich auch viel Glück und Erfolg in allen Lebenslagen. Wir verbinden unsere Wünsche mit einem ganz herzlichen Dank für das unermüdete Engagement mit dem Friedhelm Landgraf entscheidend über viele Jahre dazu beigetragen hat, dass sich der Deutsche Sprengverband e.V. zu einer international anerkannten Interessenvertretung aller Fachleute im Bereich Sprengtechnik entwickeln konnte und

dies nicht zuletzt auf einem soliden finanziellen Fundament.

Seine stets bescheidene und sehr umsichtige Art und Weise, mit der Friedhelm Landgraf an die Lösung von Aufgaben- und Problemstellungen herangeht, sind ein Garant für das harmonische Miteinander im Vorstand unseres Verbandes und somit Grundstein für die erfolgreiche Arbeit des Deutschen Sprengverbandes.

Wir wünschen Friedhelm Landgraf alles, alles Gute, auch in Zukunft viele zündende Ideen, die ihm persönlich aber auch unseren Verband in allen Bereichen weiter voranbringt und freuen uns auf die weitere gemeinsame Zusammenarbeit mit ihm. (JR)

DIE JUBILARE DES JAHRES 2020

50. GEBURTSTAG

- 17.01.1970** Ralf Helsper
Bad Marienberg
- 24.01.1970** Roger Ringgenberg
Leissigen/Schweiz
- 30.01.1970** Thomas Bornheim
Troisdorf
- 14.03.1970** Enrico Hadrich
Berlin
- 28.03.1970** Michael Bähr
Braunschweig
- 31.03.1970** Markus Troger
Raron/Schweiz
- 03.05.1970** Erwin Rischer
Wilnsdorf
- 18.05.1970** Roberg Gerlich
Glonn
- 02.06.1970** Harald Bornebroek
Selfkant
- 09.06.1970** Wolfgang Bedorf
Alter Heidgen
- 09.06.1970** Peter Luth
Seevetal
- 10.06.1970** Timo Koch
Bad Rappenau
- 30.08.1970** Andreas Voigt
Marienberg-Kühnhaide
- 15.09.1970** Tomasz Cero
Runkel
- 08.10.1970** Sven Michalke
Leipzig
- 02.12.1970** Sven Schmöckel
Rehden
- 06.12.1970** Jan Oscipok
Lauf

- 03.03.1960** Klaus Spitalniak
Castrop-Rauxel
- 17.03.1960** Stefan Rother
Baar-Ebenhausen
- 26.03.1960** Uwe Hollstein
Rotenburg
- 28.03.1960** Roland Wernicke
Bergneustadt
- 09.04.1960** Thomas Albrecht
Langelsheim
- 07.05.1960** Martin Wagner
Leipzig
- 14.05.1960** Freddy Kitmiridis
Leipzig
- 25.05.1960** Hans-Joachim Streuber
Hemer
- 06.06.1960** Dieter Welz
Meckesheim
- 20.06.1960** Günther Achhammer
Ludwigshafen
- 13.07.1960** Christian Schmieding
Witten
- 19.07.1960** Wolfram Lisker
Piesau
- 25.07.1960** Johannes Möller
Hiddenhausen
- 26.07.1960** Friedhelm Landgraf
Fladungen
- 10.08.1960** Frank Beißner
Niemental
- 07.09.1960** Thomas Keicher
Karlsruhe
- 15.09.1960** Andreas Ickelsheimer
Witzschdorf
- 24.10.1960** Ralf Baier
Künzell
- 25.10.1960** Michael Schneider
Plauen
- 14.11.1960** Lutz Rublack
Boxberg
- 28.11.1960** Walter Panchyryz
Haiger
- 07.12.1960** Andreas Balsiger
Böhlitz

- 16.03.1955** Ernst Becker
Gehweiler
- 23.06.1955** Michael Kahr
Thalmässing
- 10.08.1955** Jürgen Pflips
Olfen
- 19.09.1955** Dietmar Reinhardt
Untersiema
- 12.10.1955** Norbert Adler
Recklinghausen
- 11.12.1955** Hans-Ulrich Lange-Paroll
Hamburg
- 12.12.1955** Ewald Bachmaier
Johanniskirchen
- 24.12.1955** Heinz Künnen
Lindern
- 28.12.1955** Wolfgang Kuhnt
Blaustein

70. GEBURTSTAG

- 10.01.1950** Reinhard Weiß
Lehesten
- 03.03.1950** Hartmut Härtel
Oberschöna
- 23.03.1950** Diethart Kleist
Kronprinzenkoog
- 26.04.1950** Dr. Klaus Becker
Dessau-Roßlau
- 09.07.1950** Hans-Willi Scholten
Essen
- 27.11.1950** Reinhold Knöll
Freiburg

60. GEBURTSTAG

- 15.01.1960** Uwe Ritter
Großschirma
- 22.01.1960** Hildegard Merkle
Uttenweiler
- 25.01.1960** Carsten Füssel
Hameln
- 06.02.1960** Andreas Zack
Nossen
- 10.02.1960** Hubert Sprenger
Bad Wünnenberg
- 21.02.1960** Klaus Sanders
Koblenz
- 01.03.1960** Roland Taller
Steinheim

65. GEBURTSTAG

- 31.01.1955** Leopold Schmid
Osterhofen
- 18.02.1955** Robert Zeller
Offenbach
- 06.03.1955** Klaus Hechtfischer
Schwarzenbach

80. GEBURTSTAG

- 08.03.1940** Klaus Gregor Bouteiller
Neukirchen-Vluyn
- 12.08.1940** Jürgen Lippock
Teupitz
- 21.10.1940** Edwin Meder
Frankenbrunn
- 19.11.1940** Hugo Rose
Anröchte
- 27.11.1940** Dieter Hobrack
Wanzleben
- 07.12.1940** Walter Dobrac
Windeck
- 14.12.1940** Klaus Zucker
Berlin

- 03.11.1931** Götz Scheithauer
Neumarkt
- 23.05.1932** Gerhard Wienholt
Tutzing
- 09.05.1933** Horst Moritz
Niederdreisbach
- 01.07.1933** Dietmar Harzt
Freiberg
- 01.09.1933** Karlheinz Arnold
Bodelshausen
- 22.12.1933** Herbert Spiekermann
Schmallenberg
- 24.04.1934** Willi Czotscher
Heilgenkreuzsteinach
- 03.07.1934** Eduard Hippenstiel
Bad Laasphe
- 30.01.1935** Benno Rosentreter
Wuppertal
- 18.12.1935** Friedrich Kröger
Schleswig
- 23.03.1936** Wilhelm Witzgall
Iserlohn
- 24.05.1936** Wolfgang Grabarse
Nordhausen
- 04.11.1936** Gerhard Holstein
Rothenburg
- 15.12.1936** Günther Moseler
Weilerswist

- 06.03.1937** Julius Schneider
Oderndorf
- 03.12.1937** Wilfried Longwitz
Castrop-Rauxel
- 17.04.1938** Bärbel Gütig
Dresden
- 06.07.1938** Gerhard Töller
Köln
- 24.07.1938** Wilfried Reithe
Dresden
- 14.09.1938** Ulrich Wagner
Wriezen
- 19.03.1939** Josef Klaus Schrenk
Rheinfelden
- 22.04.1939** Dr. Peter Lichte
Leipzig
- 10.07.1939** Horst Rohr
Grafschaft-Gelsdorf
- 17.07.1939** Winfried Ex
Badenweiler
- 10.12.1939** Günter Hennecke
Balve
- 31.12.1939** Albert Jüngst
Bad Berleburg

(Stand Nov. 2019)
Bitte beachten Sie den Datenschutz-Hinweis im
Impressum gem. EU-DSGVO zur Veröffentlichung
von Jubilaren.



AUSZUG AUS DEM AUS- UND WEITERBILDUNGSPROGRAMM DER DRESDNER SPRENGSCHULE GMBH

SEMINARE UND LEHRGÄNGE – 2. HALBJAHR 2020

Dresdner Seminare für Mitarbeiter von Behörden und Institutionen

PBSF	Umgang mit Pyrotechnik im Show- und Unterhaltungsbereich aus Sicht der Brand- und Aufsichtsbehörde
PBSF	1-20 21.09. – 23.09.2020

Dresdner Seminare Sprengtechnik

DSS	Gestaltung von Zündanlagen durch den kombinierten Einsatz verschiedener Zündverfahren
DSS	3-20 27.11. – 28.11.2020

Lehrgänge Sprengtechnik

SGA	Grundlehrgang für allgemeine Sprengarbeiten in Verbindung mit dem Sonderlehrgang für Kultursprengungen
SGA	3-20 02.11. – 13.11.2020
SGU	Grundlehrgang für Sprengarbeiten unter Tage/Tunnelbau
SGU	3-20 02.11. – 10.11.2020
SGL	Grundlehrgang für den Umgang mit Explosivstoffen im Rahmen der Ausbildung von Dienststunden
SGL	3-20 02.11. – 05.11.2020
SGH	Grundlehrgang für das Herstellen von Explosivstoffen
SGH	2-20 12.10. – 16.10.2020
SSV	Sonderlehrgang für das Verbringen von explosionsgefährlichen Stoffen auf der Straße
SSV	3-20 01.10.2020
SSV	4-20 03.12.2020
SSB	Sonderlehrgang für Sprengungen von Bauwerken und Bauwerksteilen
SSB	2-20 30.11. – 11.12.2020
SSG	Sonderlehrgang für Großbohrlochsprengungen
SSG	2-20 23.11. – 27.11.2020
SSH	Sonderlehrgang für Sprengungen in heißen Massen
SSH	1-20 06.07. – 08.07.2020
SSW	Sonderlehrgang für Sprengungen unter Wasser
SSW	1-20 07.09. – 10.09.2020

SW	Wiederholungslehrgang für die Durchführung von Sprengarbeiten (incl. Wiederholungslehrgang Verbringen von explosionsgefährlichen Stoffen)
SW	5-20 14.09. – 15.09.2020
SW	6-20 07.12. – 08.12.2020

SWH	Wiederholungslehrgang für den Umgang – ausgenommen das Verwenden – mit Explosivstoffen
SWH	2-20 12.10. – 13.10.2020

SWV	Wiederholungslehrgang Verbringung von Explosivstoffen
SWV	3-20 01.10.2020
SWV	4-20 03.12.2020

Dresdner Seminar Pyrotechnik

DSP	Aktuelle Tendenzen in der Pyrotechnik (Indoor und Outdoor)
DSP	1-20 11.12. – 12.12.2020

Lehrgänge Pyrotechnik

PGF	Grundlehrgang für das Abbrennen von Feuerwerken (Großfeuerwerker)
PGF	2-20 16.11. – 21.11.2020
PGH	Grundlehrgang für den Umgang – ausgenommen das Verwenden – mit pyrotechnischen Sätzen und pyrotechnischen Gegenständen
PGH	2-20 12.10. – 16.10.2020
PGT	Grundlehrgang für den Umgang – ausgenommen das Herstellen und Wiedergewinnen – mit pyrotechnischen Gegenständen und pyrotechnischen Sätzen in Theatern und vergleichbaren Einrichtungen (Bühnenpyrotechniker)
PGT	2-20 24.08. – 28.08.2020
PT1/2	Grundlehrgang für den Umgang – ausgenommen das Herstellen und Wiedergewinnen – mit pyrotechnischen Gegenständen für technische Zwecke (Trenn- und Auslöseeinrichtungen)
PT1/2	4-20 26.10. – 27.10.2020
P2-NX	Grundlehrgang für den Umgang mit pyrotechnischen Gegenständen für sonstige Zwecke der Kategorie P2 in Form von steinbrechenden Kartuschen (Treibladungskartuschen)
P2-NX	2-20 28.09. – 30.09.2020
PRS	Grundlehrgang für die gewerbsmäßige Reinigung von Schießständen
PRS	3-20 29.10. – 30.10.2020
PSF	Sonderlehrgang für Spezialeffekte für szenische Darstellungen
PSF	1-20 19.10. – 24.10.2020
PW	Wiederholungslehrgang Pyrotechnik (Bühnenpyrotechniker, Großfeuerwerker und SFX) (incl. Wiederholungslehrgang Verbringung von Explosivstoffen)
PW	3-20 07.09. – 08.09.2020
PW	4-20 14.12. – 15.12.2020
PWH	Wiederholungslehrgang für das Herstellen von pyrotechnischen Sätzen und Gegenständen
PWH	2-20 12.10. – 13.10.2020

Lehrgänge Kampfmittelbeseitigung

KSB	Sonderlehrgang Kampfmittelbeseitigung für Behördenvertreter
KSB	1-20 31.08. – 04.09.2020
KGF	Grundlehrgang für fachtechnisches Aufsichtspersonal in der KMB
KGF	2-20 02.11. – 11.12.2020 Teil 1
	04.01. – 22.01.2021 Teil 2
KEK	Einführungslehrgang zum Aufsuchen von Fundmunition – Kampfmittelräumarbeiter
KEK	3-20 05.10. – 23.10.2020
KFW	Wiederholungslehrgang für Verfahren der KMB für fachtechnisches Aufsichtspersonal in der KMB
KFW	3-20 14.12. – 18.12.2020
KSK	Sonderlehrgang chemische und Kampfstoffmunition
KSK	1-20 28.09. – 02.10.2020
KST	Sonderlehrgang – Herstellen der Transportfähigkeit durch Sprengen und Entschärfen
KST	1-20 07.09. – 25.09.2020
KWU	Weiterbildungslehrgang zum Aufsuchen und Erkennen von unkonventionellen Spreng- und Brandvorrichtungen (USBV)
KWU	2-20 26.10. – 29.10.2020

Besonders möchten wir Sie auf die 14. Fachtagung Kampfmittelbeseitigung vom 03.12. – 04.12.2020 in Dresden aufmerksam machen.

Dresdner Seminar Transport

DST	Ausblick Änderungen ADR 2021
DST	2-20 21.10.2020

Lehrgänge Transport

TGF	Grundlehrgang für Gefahrgutfahrer (Stück- und Schüttgut) gem. ADR/GGVSEB (Basiskurs)
TGF	3-20 28.09. – 30.09.2020
TGF	4-20 30.11. – 02.12.2020
TGS/SSV	Aufbaulehrgang für Gefahrgutfahrer Klasse 1 in Verbindung mit dem Grundlehrgang zur Verbringung explosionsgefährlicher Stoffe auf der Straße zur Erlangung einer Erlaubnis / eines Befähigungsscheines nach § 7/§ 20 SprengG
TGS/SSV	3-20 30.09. – 01.10.2020
TGS/SSV	4-20 02.12. – 03.12.2020
TW	Wiederholungslehrgang für Gefahrgutfahrer (alle ADR-Klassen und Tankfahrzeuge) (bei Bedarf in Verbindung mit dem Wiederholungslehrgang Verbringung von Explosivstoffen)
TW	3-20 31.08. – 01.09.2020
TW	4-20 16.12. – 17.12.2020

Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen für die Bereiche Abbruch- und Bautechnik konzipieren wir Ihnen gern auf Anfrage entsprechend Ihren inhaltlichen und terminlichen Vorstellungen in Form von firmenspezifischen Qualifizierungsangeboten.

Anfragen zu Lehrgängen (z.B. Zulassungsvoraussetzungen) bzw. Anmeldungen richten Sie bitte an die

Dresdner Sprengschule GmbH

Heidenschance 6-8
D-01189 Dresden
Tel.: 03 51 / 4 30 59-0
Fax: 03 51 / 4 30 59-59
E-Mail: Info@Sprengschule-Dresden.de
www.sprengschule-dresden.de



SPRENGVEREIN IN BAYERN E. V.



SEMINARE UND LEHRGÄNGE – 2. HALBJAHR 2020

Wiederholungslehrgang „Durchführung von Sprengarbeiten“
15.09.2020

Grundlehrgang „Allgemeine Sprengarbeiten“
21.09. – 30.09.2020

Sonderlehrgang „Großbohrlochsprengungen“
26.10. – 30.10.2020

Des Weiteren ist ein Sonderlehrgang „Sprengen von Bauwerken und Bauwerksteilen“ geplant.

Änderungen vorbehalten!

Sprengverein in Bayern e.V.
Julius-Leber-Str. 9, 85051 Ingolstadt
Herr Christoph Hasholzner
E-Mail: chasholzner@sprengverein-in-bayern.de
www.sprengverein-in-bayern.de

**SPRENGTECHNIK SIEGEN
DES KREISES SIEGEN-WITTGENSTEIN**



SEMINARE UND LEHRGÄNGE – 2. HALBJAHR 2020

Lehrgänge für allgemeine Sprengarbeiten (einschließlich Verbringen)
Grundlehrgang: 09.11.2020 – 17.11.2020 (und Kultursprengungen)
Wiederholungslehrgang: 30.09.2020, 11.12.2020

Großbohrlochsprengungen
Sonderlehrgang: 23.11.2020 – 27.11.2020

Lehrgänge für das Verbringen, Empfangnahme, Überlassen von explosionsgefährlichen Stoffen für Personen, die nach dem Gesetz unter die Beförderung gefährlicher Güter zur Beförderung von Gütern der Klasse 1 berechtigt sind
Sonderlehrgang und Wiederholungslehrgang zusammen: 30.09.2020, 11.12.2020

Fachkundeseminar für Sprengberechtigte aus EU-Ländern oder der Schweiz zur Erlangung eines deutschen Befähigungsscheines
Fachkundeseminar: auf Anfrage

Sprengen von Bauwerken und Bauwerksteilen
Sonderlehrgang: auf Anfrage

Grundlehrgang für den Umgang – ausgenommen das Herstellen, Bearbeiten, Verarbeiten und Wiedergewinnen – mit sonstigen pyrotechnischen Gegenständen der Kategorie P2 in Form von Treibladungskartuschen
Grundlehrgang: 02.09.2020 – 03.09.2020

Pyrotechnische Lehrgänge
Lehrgänge für das Verwenden von pyrotechnischen Gegenständen – Abbrennen von Feuerwerken – (einschließlich Verbringen)
Grundlehrgänge: 06.10.2020 – 09.10.2020
Wiederholungslehrgänge: 28.10.2020

Lehrgänge für den Umgang – ausgenommen das Herstellen und das Wiedergewinnen – mit pyrotechnischen Gegenständen und pyrotechnischen Sätzen bei Theatern oder vergleichbaren Einrichtungen (einschl. Verbringen)

Wiederholungslehrgang Theater: 28.10.2020

Wiederholungslehrgang Freilichtbühne: 28.10.2020

Lehrgang für den Umgang (Aufbewahren, Aus- und Einbau, Verbringen und Vernichten) von sprengkräftigen und pyrotechnischen Trennelementen

Grundlehrgänge Trennelemente: 24.09.2020

Trennelemente Kfz-Bereich: 24.09.2020

Lehrgänge für den Umgang – ausgenommen das Herstellen – mit Böllerpulver zum Böllerschießen

Bölller: 30.10.2020

Änderungen vorbehalten!

Sprengtechnische Lehrgänge des Kreises Siegen-Wittgenstein c/o KM:SI GmbH
 Birkenbacher Straße 18, 57078 Siegen
 Frau Jasmin Zacharias
 Tel.: 0271 / 30390-513, Fax: 0271 / 30390-350
 E-Mail: zacharias@spengtechnik-siegen.de
 www.spengtechnik-siegen.de

DRESDNER SPRENGSCHULE

Sprengtechnische Lehrgänge

Allgemeine Sprengarbeiten, Gebäudesprengung, Gewinnungssprengung, Sprengungen unter Tage, Tunnelbau, Eissprengung

Pyrotechnische Lehrgänge (technische Zwecke)

Fachkundelehrgänge für den Umgang mit Airbags, Gurtstraffern und Sicherheitseinrichtungen für Fahrzeuge aller Art

Lehrgänge für den Umgang mit pyrotechnischen Auslösesystemen für technische Anlagen

Pyrotechnische Lehrgänge (Feuerwerke)

Bühnenfeuerwerker, Großfeuerwerker, Special Effect Man (SFX)

Lehrgänge zur Kampfmittelbeseitigung

Lehrgänge zum Gefahrguttransport

Maschinentechnische Lehrgänge

Kundenspezifische Lehrgänge

Sprengtechnik, Kampfmittelbeseitigung, Pyrotechnik

Ingenieurtechnische Leistungen

Beratung, Planung und Betreuung in unseren Geschäftsbereichen

Forschung

Sprengtechnik, Kampfmittelbeseitigung, Pyrotechnik

SPRENGSCHUTZMATTEN

Automatisierte Produktionsprozesse ermöglichen es, Sprengschutzmatten gemäß den Erwartungen des Kunden herzustellen.



Maße: 3,00 m x 6,00 m, Gewicht: 1.300 kg

Unsere Sprengschutzmatten bestehen aus flachen LKW-Reifenprofilen, die durch 12 starke, flexible, galvanisierte Stahldrähte verbunden sind und Gas- und Luftdruck zulassen, aber Stahlmaterialien wie Fließgestein unter der Abdeckung der Stahlmatte halten. Die im vulkanisierten Gummi eingebetteten Stahlgürtel verleihen unseren Matten extreme Festigkeit und Durchdringungsbeständigkeit, die Dicke und Dichte des Gummis bieten das notwendige Gewicht, Schutz und Stabilität. Es ist auch eine umweltfreundliche Art, Altreifen zu verwenden, die von der breiten Öffentlichkeit sehr geschätzt wird.

Das Gewicht des Vollgummis, die Stärke des Stahlgürtels und die hochwertigen Stahlseilkabel machen unsere Stahlmatten zu einem langlebigen Wert für viele Sprengarbeiten.

Sprengschutzmatten können auch in vielen anderen Betrieben eingesetzt werden: von Straßen- und Maschinenschutzbelägen bis zu Unterwasseranwendungen, temporären Bootsrampen, Sumpfmatten und mehr. Hergestellt werden die Matten von der Firma Bergma GmbH in Deutschland und in Polen, um die Transportkosten zu reduzieren.



Mehr Informationen unter www.bergma.pl

Bergma GmbH, Trittauer Straße 8, D-19205 Gadebusch
 Ihr Ansprechpartner: Sylwia Krezmer
 Tel.: +48 881 755 001 · e-mail: sylwia.krezmer@bergmagmbh.de



Dresdner Sprengschule GmbH
 Heidenschanze 6-8
 D-01189 Dresden
 Tel.: 03 51 / 4 30 59-0
 Fax: 03 51 / 4 30 59-59
 E-Mail: Info@Sprengschule-Dresden.de
www.sprengschule-dresden.de

MAXAM
Beyond Performance

Integrated Blasting Solutions

- Bohren & Bohrlochverlaufsmessung
- Bruchwandvermessung
- Laden & Sprengen
- Erschütterungsmessungen
- Umweltüberwachung



MAXAM Deutschland GmbH
OT Schlungwitz
Gnaschwitzer Str. 4
02692 Doberschau-Gaußig, Germany
Telefon +49 (0) 35 91 / 3 57-0
Telefax +49 (0) 35 91 / 3 57-4 44

maxam-deutschland.com