

Pilotprojekt Naturstromspeicher Gaildorf:

Anspruchsvolle Sprengarbeiten zur Herstellung eines Schachtes

Pilot Project „Natural Current storage“ Gaildorf Demanding Blast Operation to excavate a shaft

von Guido A. Schmücker, Alexander H. Kirchofer, Michael Schneider

Das Pilotprojekt Naturstromspeicher stellt ein herausragendes innovatives Konzept zur Speicherung von überschüssiger regenerativer Energie dar. Eine sogenannte Wasserbatterie kombiniert hier erstmals einen Windpark mit einem Pumpspeicherkraftwerk. Diese Wasserbatterie ermöglicht die benötigte Flexibilität, um auf Energiebedarfsschwankungen kurzfristig reagieren zu können. Der Einsatz der Wasserbatterie als technische Innovation wird hier erstmals in einem Pilotprojekt mit vier Windenergieanlagen umfassend realisiert und beschrieben. Die Herausforderungen an das Sprengkonzept waren für die Ausführung der Sprengarbeiten anspruchsvoll. Die erforderlichen Maßnahmen vom spreng- und immissionstechnischen Gutachten bis zur Überwachung, Messung und Dokumentation der Erschütterungen im Nahfeld der Bohrpfähle belegen dies eindrucksvoll.

The pilot project „Natural Current storage“ is an excellent innovative concept for storage of surplus regenerative energy. A so called “water battery” is combining for the first time a wind park with pumped storage works. This “water battery” enables the necessary flexibility to react fast on fluctuations of energy requests. The application of water batteries as a technical revolution has been realized for the first times in a pilot project with four wind energy plants. This is described. The requests at the blast concept have been demanding. The necessary measurements of the blast technology and the environmental expertises up to the survey, measuring and monitoring of the vibrations in the vicinity of the drilled piles verify this impressively.

1 Einleitung

Die Max Bögl Wind AG realisiert in der im Nordosten Baden-Württembergs gelegenen Stadt Gaildorf ein innovatives großtechnisches Konzept zur Speicherung regenerativer Energien. Dieses „Wasserbatterie“ genannte Konzept kombiniert einen Windpark mit einem Pumpspeicherkraftwerk. Damit wird ein grundlegendes Problem der Stromerzeugung aus den erneuerbaren Energien gelöst. Denn häufig sind bei entsprechenden Witterungsverhältnissen Überproduktionen vorhanden. Dieses gilt für die Stromerzeugung aus Wind und aus Sonneneinstrahlung gleichermaßen. Eine Einspeisung der Überkapazitäten in das öffentliche Netz ist nicht möglich. Infolgedessen wird die Energieproduktion gedrosselt, beispielsweise durch Abschaltung der Windenergieanlagen. Die Speicherung der überschüssigen Energie war bisher in großem Ausmaß technisch nicht möglich. Der Ausblick auf die bis im Jahr 2022 zu vollziehende Energiewende (vollständiger Ersatz der Kernenergie durch den zügigen Ausbau erneuerbarer Energien) verdeutlicht den hohen Stellenwert einer effizienten Speicherung der Energie. Mittels der Wasserbatterie werden nicht nur diese erforderlichen Speicherkapazitäten zur Verfügung gestellt, sondern ebenfalls die benötigte Flexibilität, um auf Bedarfsschwankungen kurzfristig reagieren zu können.

Mit dem Pilotprojekt „Naturstromspeicher Gaildorf“ wird die Idee der Wasserbatterie erstmals realisiert. Das Pilotprojekt umfasst vier Windenergieanlagen, deren Nabenhöhe bis zu 178 m und deren Gesamthöhe bis zu 246 m über Normalhöhen null betragen.



Abb. 1: Windenergieanlage mit integriertem Oberbecken

Foto: Max Bögl Wind AG

In den Bauwerken der Windenergieanlagen sind nunmehr die Oberbecken des Pumpspeicherkraftwerkes integriert (Abb. 1). Über Druckrohrleitungen werden die Oberbecken mit dem Pumpspeicherkraftwerk sowie dem Unterbecken verbunden (Abb. 2). Damit steht aktuell die höchste Windenergieanlage der Welt in Gaildorf. Ausgestattet mit Rotoren vom Durchmesser 137 m, erbringen die vier Anlagen jeweils eine Leistung von 3,4 MW. Insgesamt wird nach Inbetriebnahme eine aus Wind generierte Jahresstromleistung von 42 GWh erreicht. Das Pumpspeicherkraftwerk verfügt über eine Leistung von 16 MW. Mit Inbetriebnahme des Pilotprojektes steht eine elektrische Speicherkapazität von 70 MWh zur Verfügung.

40. Informationstagung Sprengtechnik, Siegen 06. - 07. April 2018

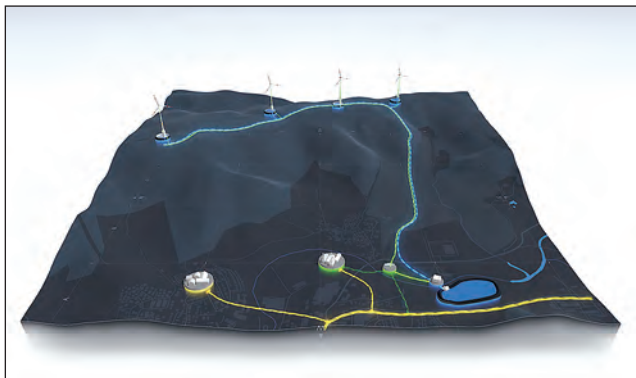


Abb. 2: Funktionsskizze des Pilotprojektes Gaildorf

Foto: Max Bögl Wind AG

Darüber hinaus wartet das Pilotprojekt Gaildorf auch bezüglich der Erstellung der Druckrohrleitung mit einer Neuerung auf. Hier finden unterirdisch verlegte, biegsame PE (Polyethylen)-Rohre Verwendung. Im Gegensatz zu den üblichen, teilweise oberirdisch verlegten, starren Stahlrohren kann somit auf ein bestehendes Wegenetz zurückgegriffen werden. Diese schonende Vorgehensweise minimiert die notwendigen Eingriffe in die Natur und Kulturlandschaft in erheblichem Maße. Aufgrund seines Vorbildcharakters wird das Pilotprojekt „Naturstromspeicher Gaildorf“ mit Mitteln aus dem Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit in Höhe von 7,15 Mio. EUR gefördert.

2 Herausforderungen an das Sprengkonzept

Für die Installation des Pumpspeicherkraftshauses war ein Schacht mit einer Tiefe von ca. 25 m unter Geländeunterkante und einem Innendurchmesser von ca. 18 m abzutiefen. Die Tiefe resultiert aus dem geplanten Verlauf der Druckrohrleitung unter dem Flussbett des Kochers sowie der Größe der Wasserkraftturbinen. Die Sicherung des Schachtes erfolgte mittels massiven Bohrpfehlen aus bewehrtem Ortbeton. Sie weisen jeweils eine Tiefe von ca. 28 m und einen Durchmesser von 1,2 m auf (Abb. 3).



Abb. 3: Draufsicht auf die Schachtbaustelle, gut zu erkennen, die Sicherung mittels Bohrpfehlen Foto: Max Bögl Wind AG

Bei der Ausführung der Lösearbeit zur Herstellung des Schachtes galt es, die Unversehrtheit der Bohrpfehlwand und vor allem deren Dichtheit sicherzustellen.

Ein im Vorfeld der Baumaßnahme erstelltes Bodengutachten gab Aufschluss über die zu erwartende Geologie. Deren Schichtaufbau erstreckt sich bis zur geplanten Sohle des Schachtes über Schichten des Quartärs und des Lettenkeupers bis hin zum oberen Hauptmuschelkalk. Mehrheitlich sind dabei Ton- und Kalksteinschichten der unterschiedlichsten Ausbildungen zu durchhörtern. Die ersten Bohrungen für die die Baugrube umschließende Bohrpfehlwand bestätigten die Aussage des Bodengutachtens (Abb. 4). Jedoch verzögerte sich der Abschluss der Bohrarbeiten aufgrund des Schwierigkeitsgrades um mehrere Monate (Abb. 5).



Abb. 4: Kern aus der Bohrpfehlwand



Abb. 5: Herstellen der Bohrungen für die Bohrpfehle

Das Lösen des Gesteins im Schutz der Bohrpfehle konnte bis zu einer Tiefe von ca. 15 m mittels mechanischer Lösearbeit erfolgen. Aufgrund der anschließend anstehenden harten bis sehr harten Ton- und Kalksteinschichten mit guter Kornbindung musste der Plan, mit dieser Methode den Schacht in Gänze abzutiefen, aufgegeben werden. Somit war für den Gesteinsaushub der verbleibenden 10 m bis zur Schachtsohle die Anwendung von Bohr- und Sprengarbeit erforderlich. Zudem wurde hiermit das Ziel verfolgt, den bislang aufgetretenen Zeitverzug abzubauen.

Das für die Ausführung der Sprengarbeiten erforderliche spreng- und immissions-technische Gutachten sowie das Konzept der Sprengarbeiten wurde vom öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen für Sprengtechnik und Immissionsbeurteilungen Guido A. Schmücker vom Engineering Service Schmücker erstellt. Hierfür wurde zunächst die Umgebungs- und Immissionssituation des Schachtes, und somit der Sprengstellen, untersucht. In ca. 146 m Abstand, nördlich vom Schacht gelegen, befand sich ein zweigeschossiges Wohngebäude, das Immissionsobjekt IO 1 a.

Berechnungen zum Profilbereich (1)		
Abstand zum Bohrfahl: 0,5 m	Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	
Gebirgsbeiwert nach Prof. Koch	50%	1,00
	100%	0,25
	150%	0,11
	200%	0,06

→ Sprengschnur

Berechnungen zum Profilbereich (2)		
Abstand zum Bohrfahl: 1,25 m	Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	
Gebirgsbeiwert nach Prof. Koch	50%	6,25
	100%	1,56
	150%	0,69
	200%	0,39

→ 1 Patrone Ø 36 mm

Tab. 1: Prognoseberechnungen für den Profilbereich

Aufgrund der Nutzungsart erfolgte die Einordnung des Gebäudes in Zeile 2 der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 (Wohngebäude und/oder in ihrer Nutzung gleichartige Bauten). Ost-südöstlich des Schachtes waren zwei weitere Immissionsobjekte vorhanden. Hierbei handelte es sich jeweils um gewerblich genutzten Gebäudebestand (Feinmechanikwerkstätten). Dementsprechend ergab sich die Einordnung der beiden Immissionsobjekte in Zeile 1 der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3. Der erste Gebäudekomplex, als Immissionsobjekt IO 2 a bezeichnet, war vom Schacht ca. 139 m entfernt. Das zweite Gebäude (Immissionsobjekt IO 4) hatte zum Schacht einen Abstand von ca. 184 m und lag damit am weitesten entfernt. In beiden Gewerbeobjekten

werden hochpräzise Metallteile für die Automobilindustrie gefertigt. Somit galt es hier zu vermeiden, dass sich die Sprengarbeiten negativ auf die Produktion auswirken. Deshalb sollte hier die Messung und Dokumentation der Erschütterungsimmissionen in unmittelbarer räumlicher Nähe der entsprechenden Maschinen erfolgen. Der Fokus lag jedoch, gerade auch hinsichtlich der Erschütterungsimmissionen, auf den Bohrpfählen im Schachtumfang. Zwei von ihnen bildeten die Immissionsobjekte IO 3 a und IO 3 b. Sie wurden als Ingenieurbauwerke in massiver Bauweise in die DIN 4150 Teil 3 eingeordnet. Aufgrund ihres sehr geringen Abstandes zu den Sprengungen wurde hier von Frequenzen größer 100 Hz ausgegangen. Darauf basierend, empfahl der Sachverständige Schmücker einen Anhaltswert von $V_{imax} = 100 \text{ mm/s}$.

Diese Empfehlung setzte eine Messung und Dokumentation der Erschütterungsimmissionen im Nahfeld der Bohrpfähle voraus. Zudem verwies der Sachverständige auf die bei der Auffahrung des Tunnels Alabastieg der DB Neubaustrecke Wendlingen - Ulm gewonnenen Erfahrungen. Hier wurden bei gemessenen Schwinggeschwindigkeiten von bis zu 140 mm/s an ähnlich dimensionierten Bohrpfählen keine Schäden festgestellt.

Der genannte Anhaltswert für die Bohrpfähle bildete die Grundlage bei der Ausarbeitung des Sprengkonzeptes und zur Berechnung der maximalen Lademenge pro Zündzeitstufe für den maßgeblichen Profilbereich. Mit Blick auf die geringe Distanz zwischen den Sprengstellen und der Bohrpfahlwand kam hier die für den Nahbereich standardmäßig zu verwendende Prognoseformel von Prof. Koch zum Einsatz, bis zu einem minimalen Abstand von 0,50 m zu den Bohrpfählen. Ferner fand ein Sicherheitsfaktor von 50 % Berücksichtigung. Das Ergebnis für einen Abstand von 1,25 m betrug maximal 0,69 kg und für den festgelegten Minimalabstand von 0,50 m maximal 0,11 kg pro Zündzeitstufe (Tab. 1).

Zum Schutz der Bohrpfähle sollte nicht die komplette Scheibe mit der Gesamtfläche von ca. 254,5 m² gesprengt werden, sondern im Profilbereich an den Bohrpfählen ein Schutzabstand von 0,5 m verbleiben. Hier war eine schonende, mechanische Lösung des anstehenden Gesteins geplant.

Mit AUSTIN Produkten...

explosives of tomorrow...today

...immer in der 1. Reihe!

AUSTIN POWDER
INTERNATIONAL

Leistungsfähige Sprengstoffe für über- und untertägige Anwendungen: Patronierte **Emulex**-Emulsionsprengstoffe, z. B. **Emulex 2 Plus** als Ersatz für gelatinösen Sprengstoff
Anwendungen mit unseren Mischladefahrzeugen: Hydromite-Sprengstoffe
Gelatinöser Sprengstoff: Austrogel
ANFO-Sprengstoffe: Austinita
Sonsige 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@austinpoder.de
Ihr Ansprechpartner: Johannes Düro, Tel. +49 160 901 753 59, e-mail: johannes.duro@austinpoder.de

Die ca. 324 Bohrlöcher pro Abschlag wurden auf konzentrischen Kreisen angeordnet. Deren Lademengen pro Zündzeitstufe nahmen vom Mittelpunkt (27,00 kg) an mit zunehmendem Radius und geringer werdendem Abstand zu den Bohrpfählen entsprechend der Immissionsprognose ab. Für die errechnete maximale Lademenge von 0,11 kg im Abstand von 0,5 m zu den Bohrpfählen, konnte somit nur Sprengschnur zum Einsatz kommen. Aufgrund dieser geringen maximalen Lademenge war auch nur eine Abschlagstiefe kleiner 1,0 m vorgesehen.

Ausgehend von der hohen Anzahl der erforderlichen Bohrlöcher und der notwendigen Reduzierung der Erschütterungsimmissionen, sollte eine Scheibe zunächst mit zwei Sprengungen gelöst werden. Hierfür wurde die Gesamtfläche in einen Innen- und einen Außenbereich aufgeteilt. Bei der Zündplanung für den Außenbereich galt es zu berücksichtigen, dass, wegen des sich schnell reduzierenden Abstandes zu den Bohrpfählen, die maximale Lademenge je Zündzeitstufe stark abnimmt. Im äußersten Randbereich war es erforderlich, jede „Profilbohrlochladung“ einzeln zu zünden. Der Einsatz der „Sektorenzündung“ war hier alternativlos. Somit wurde der Außenbereich in vier Sektoren aufgeteilt, die alle untereinander versetzt gezündet werden sollten (Abb. 6).

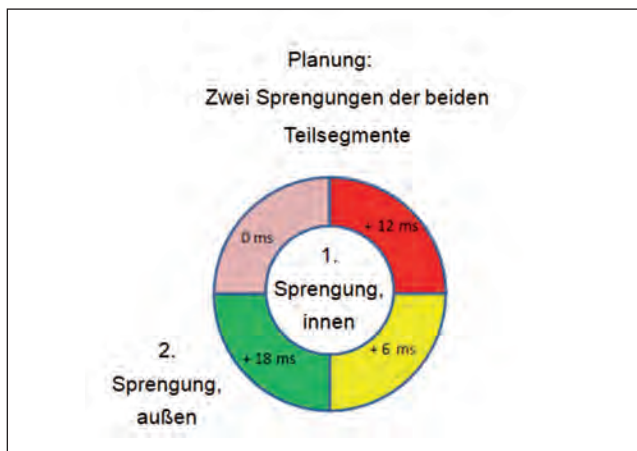


Abb. 6: Zündplanung 1

Der Sektorenzündung mit nichtelektrischen Zündern aus Kurz- und Langzeitzündern, wie im Tunnelbau zum Einsatz kommend, wurde der Vorzug im Vergleich zu den ansonsten z. B. im Steinbruch verwendeten nichtelektrischen Oberflächenverzögerung gegeben. Denn hiermit wird durch die Bündelzündung eine Vereinfachung erreicht und nicht für jeden Imlochzünder auch ein zusätzlicher Zündverzögerer benötigt.

Aus organisatorischen und wirtschaftlichen Gründen sollte ab der dritten Sprengung die gesamte Schachtfläche in einem Schritt gesprengt werden. Hierfür konnte das Bohrschema beibehalten werden. Allerdings hatte diese Entscheidung unmittelbare Auswirkungen auf die Zündplanung. Die Planung wurde, mit Blick auf die Einhaltung der Begrenzungen für die abstandsabhängigen Lademengen je Zündzeitstufe, umfassend vom Sachverständigen angepasst.

Aus der Anpassung resultierte der Bedarf an einer höheren Anzahl von Zündzeitstufen. Bei der nichtelektrischen Zündung sind Zündzeitstufen, mit Kurzzeit- und Langzeitzündern, limitiert. Somit konnte der Einsatz von elektronischen Zündern hier Abhilfe schaffen. Dabei sollten nicht nur die vier Sektoren mit elektronischen Zündern gestartet werden, sondern auch die nichtelektrischen Bündelzünder, die die Initiierung der Zündschläuche der Bohrlochzünder übernehmen.

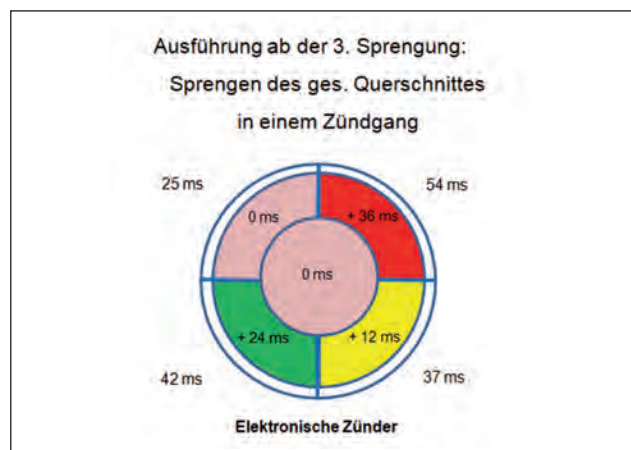


Abb. 7: Zündplanung 2

Da die Anzahl der Zündschläuche, die ein Bündelzünder sicher zünden kann, begrenzt ist, mussten in jedem Sektor mehrere Bündel erstellt werden. Des Weiteren war es Gegenstand der Planung, die Bohrlochladungen im Profilbereich mit elektronischen Startzündern zu initiieren (Abb. 7). Dabei sollten diese Löcher nach den Bohrlochladungen des betreffenden Sektors gezündet werden. Um die nicht ausreichende Anzahl an Zeitstufen auszugleichen, war die Zündung einiger Bohrlochladungen im Profilbereich mit fixen Zündzeiten, und daher zusätzlich mit elektronischen Zündern, erforderlich. Um die Überschneidung der Zündzeitstufen auszuschließen, sollte sich das Zündintervall der Zünder in jedem Sektor unterscheiden. Mit dieser Zündplanung war es möglich die Herausforderung zu meistern, dass in keinem Segment die maximale Lademenge pro Zündzeitstufe überschritten werden durfte.

3 Ausführung der Sprengarbeiten

Vom 02. bis 30.08.2017 wurden insgesamt 5 Sprengungen abgetan. Die Ausführung der Sprengarbeiten erfolgte gemäß der gutachterlichen Stellungnahmen und sprengtechnischen Planungen des Sachverständigen Schmücker. Dabei stimmte sich der für die Sprengarbeiten verantwortliche Projektleiter der ausführenden Firma Richard Liesegang GmbH & Co. KG, Michael Schneider, eng mit dem Sachverständigen ab, sofern Veränderungen erforderlich wurden.

Die schwierigen geologischen Bedingungen mit extremem Verschleiß der Bohrtechnik hatten vor Aufnahme der Sprengarbeiten eine gravierende Änderung der Sprengplanungen zur Folge.

Nach Fertigstellung der Bohrpfähle sollte die letzte Bohrung auch mit einem Durchmesser von 120 cm in der Mitte des Schachtes hergestellt werden und als Leerbohrung der Sprengungen und somit als Einbruch dienen. Als diese Bohrung begonnen wurde, erlitt das eine, sich noch auf der Baustelle befindliche, Bohrgerät einen größeren Schaden. Das Bohrloch konnte nicht abgeteuft werden. Dies führte zur Notwendigkeit, die Einbrüche sprengtechnisch mit einem Kegeleinbruch herzustellen.

Die hohe Anzahl von ca. 324 Bohrlöchern erforderte für die Ladearbeiten und das Aufbringen des Besatzes den Einsatz mehrerer Sprengberechtigter und Helfer.

Die Verteilung der Zünder gemäß dem Zündplan aus der gutachterlichen Stellungnahme hingegen erfolgte nur durch einen einzigen Sprengberechtigten. Dabei musste ein besonderes Augenmerk auf die Einhaltung der Sektorengrenzen gelegt werden.



Abb. 8: Bohrarbeiten kurz vor der Fertigstellung

Bei allen Sprengungen wurde im Einbruch gelatinöser Sprengstoff als Schlagpatrone zur Vermeidung von sogenannten Totpresseffekten eingesetzt. Ansonsten fanden leistungsfähige Emulsionssprengstoffe vom Typ Riohit LS und im Profilbereich Sprengschnur mit 100 g/m Füllgewicht Verwendung. Der sehr hohe Anteil an Emulsionssprengstoffen wurde sowohl bewusst wegen seines geringen Anteils an nitrosen Gasen als auch zur Reduzierung des Gefährdungspotentials bei eventuellen Versagern eingesetzt.

Die Projizierung des zu verwendenden Sprengrasters aus den gutachterlichen Stellungnahmen auf die Sohle des Schachtes und damit das Anzeichnen und Abbohren der Bohrlöcher stellten aufgrund der beengten örtlichen Verhältnisse eine besondere Herausforderung dar (Abb. 8). Dabei war die exakte Umsetzung der sprengtechnischen Vorgaben von größter Bedeutung. Ebenfalls wie das Anzeichnen und Abbohren, erfolgten auch das Auslegen der Zünder und die nachlaufenden Ladearbeiten jeweils von innen nach außen, von einem konzentrischen Kreis zum nächsten. Durch diese Vorgehensweise wurde der nötige Überblick gewahrt.

Auf der Schachtsohle verliefen die Grenzen nicht ideal geradlinig wie auf dem Zündplan. Von entsprechend großer Bedeutung war deren deutliche Kennzeichnung (Abb. 9).

Auf eine Abdeckung der Sprengstelle konnte auf Grund der ausreichenden Tiefe verzichtet werden. Lediglich der Bereich des Einbruchs, in dem das Felsmaterial zwangsweise mit einem hohen spezifischen Sprengstoffaufwand nach oben ausgeworfen wird, wurde mit schweren Sprengmatten abgedeckt, um Steinflug zu vermeiden.

Mit exakter Umsetzung der Bohr- und Sprengvorgaben wurde bei allen Sprengungen das gewünschte Sprengergebnis erzielt.

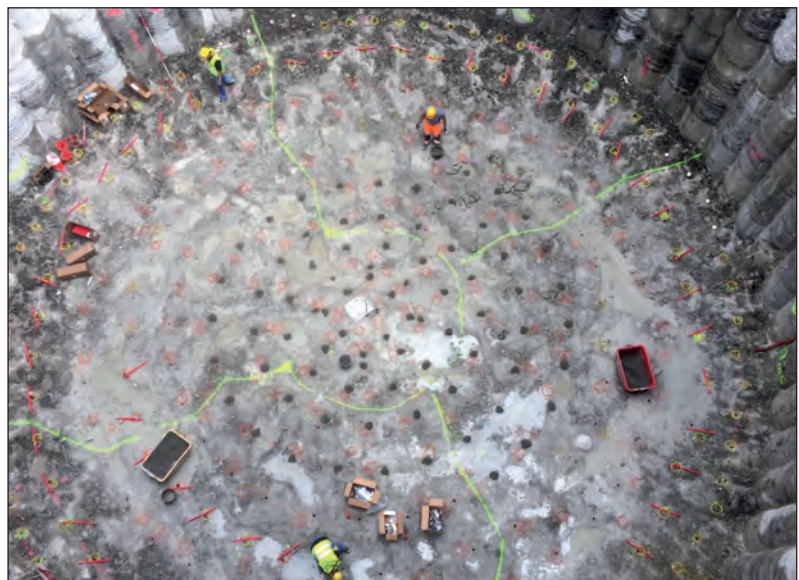


Abb. 9: Sektorengrenzen

Beeinflusst durch die Zündung, erfolgte eine Massenbewegung zur Mitte hin und damit auch eine Druckentlastung für die zu schützenden Bohrpfähle im Profilbereich. Die Abbildung 10 zeigt anschaulich das erreichte Sprengergebnis. Als Maßstab kann der Personenkorb dienen, der eine Höhe von 3 m aufweist und ca. 1 m über der Sohle schwebt.



Abb. 10: Sprengergebnis

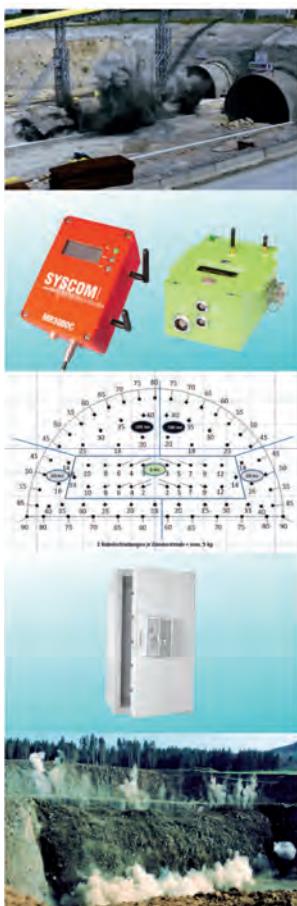
4 Messung und Dokumentation der Erschütterungsimmissionen

Zur Messung und Dokumentation der Erschütterungsimmissionen wurden die fünf oben im Text beschriebenen Immissionsobjekte jeweils vom Engineering Service Schmücker mit einem Schwingungsmessgerät instrumentiert. Zum Einsatz kamen fünf baugleiche, DIN 45669-Teil 3-konforme, digitale 24 bit-Schwingungsmessgeräte vom Typ MENHIR des Herstellers SEMEX-EngCon (Abb. 11). Die Messgeräte verfügten alle über eine gültige Herstellerkalibrierung.

Dieser Messgerätetyp ist mit einem 3-axialen, internen Geschwindigkeitssensor, KB-Bewertung nach DIN 4150 Teil 2 sowie mit einem internen WLAN- und GPRS-Modem ausgestattet. Hierüber erfolgte kurzfristig nach der Sprengung der Versand der Messdaten via E-Mail sowie der Datentransfer in die webbasierte Auswertungssoftware SmartDataCenter (SDC) des Engineering Service Schmücker. Dort werden die Messdaten gegen die maßgebliche Norm ausgewertet, visualisiert und dokumentiert. Die Fundamentmessstellen in den Immissionsobjekten IO 1 a, IO 2 a und IO 4 wurden mit jeweils einem Schwingungsmessgerät instrumentiert. An den Bohrpfählen wurden zwei Geräte auf sich gegenüberliegenden Bohrpfählköpfen platziert (Abb. 12).



Abb. 11: Messgerät SEMEX-EngCon, Typ MENHIR



Engineering Service Schmücker

- Vermietung von digitalen, webbasierten und DIN 45669 konformen Erschütterungsmessgeräten der Typen MENHIR (SEMEX-EngCon GmbH) und MR3000C (SYSCOM Instruments SA)
- Verkauf von digitalen, webbasierten und DIN 45669 konformen Erschütterungsmessgeräten des Typs MENHIR (Vertriebspartner der SEMEX-EngCon GmbH)
- Durchführung von Erschütterungsmessungen nach DIN 4150 mit gutachterlichen Auswertungen, auch webbasiert mit Spezialsoftware (Smart Data Center, SDC)
- Durchführung von Schallpegelmessungen nach TA Lärm und AVV Baulärm
- Ausarbeitung von
 - Spreng- und immissionstechnischen Gutachten nach BImSchG für Erweiterungen, Tieferlegungen und Neuaufschlüssen von Steinbrüchen
 - Explosivstoff-Lageranträge für über- und untertägige Anwendungen
 - Sprenganzeigen, u. a. für Großprojekte im Tunnelbau (z. B. für Stuttgart 21)
- Sprengtechnische Gutachten jeder Art
- Immissionstechnische Projektbegleitung als Fachgutachter auch bei sehr anspruchsvollen sprengtechnischen Projekten unterschiedlicher Größe
- Bohr- und sprengtechnische sowie wirtschaftliche Optimierungen von Sprenganlagen
- Bohr- und sprengtechnische Planungen für über- und untertägige Anwendungen (z. B. im Tunnel- und Bergbau, u. a. mit den Softwaresystemen „Tunnel Manager“ von Atlas Copco oder „iSure“ von Sandvik
- Vertriebspartner der Fa. Kärcher Tresorbau GmbH & Co. KG für zeitgerechte und anwenderoptimierte sowie bauartzugelassene „Sprengstofflager“ bzw. „Lagertüren“

Dipl.-Ing. Guido Alexander Schmücker
 Postfach 40 | 7307 Jenins, Schweiz
 Fon +41 81 302 8213 | Fax +41 81 302 8214
 Mobil +41 76 6815958

Außenstelle
 Bethlehemstr. 59 | 50126 Bergheim, Deutschland
 Mobil +49 170 495 8998

guidoschmuecker@gmx.de | www.es-schmuecker.eu
 Von der IHK Köln öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Sprengtechnik und Immissionsprognosen bei über- und untertägigen Gesteinssprengungen



Abb. 12: MENHIR auf Bohrpfahl

Die redundanten Messungen erfolgten zum Zwecke der Erhöhung der Zuverlässigkeit der durchzuführenden Erschütterungsmessungen und zur Gewinnung vergleichbarer Messdaten. Um die Messgeräte nicht einer mechanischen und thermischen Beaufschlagung auszusetzen, wurde auf Erschütterungsmessungen an den Bohrpfählen auf der Sohle verzichtet.

Während der gesamten Sprengarbeiten zur Herstellung des Schachtes wurden an allen fünf Immissionsobjekten die maßgeblichen Anhaltswerte deutlich eingehalten. Somit können dort Schäden, die ursächlich durch die Sprengungen entstanden sind, ausgeschlossen werden.

Da die Bohrpfähle im Mittelpunkt der Erschütterungsmessungen standen, wird in Abbildung 13 exemplarisch der grafische Verlauf der Schwinggeschwindigkeit über die Zeit der letzten Sprengung am IO 3 b dokumentiert. Hier sind alle drei senkrecht zueinander stehenden Messachsen aufgeführt. Deutlich erkennbar ist, dass das Maximum der Erschütterung im Einbruch $V_{imax} = 8,762 \text{ mm/s}$ beträgt. Im weiteren Verlauf, und somit zu den Bohrpfählen hin, zeichnen sich die Wechsel in der Lademenge je Zündzeitstufe mit einem sich reduzierenden Erschütterungsniveau ab.

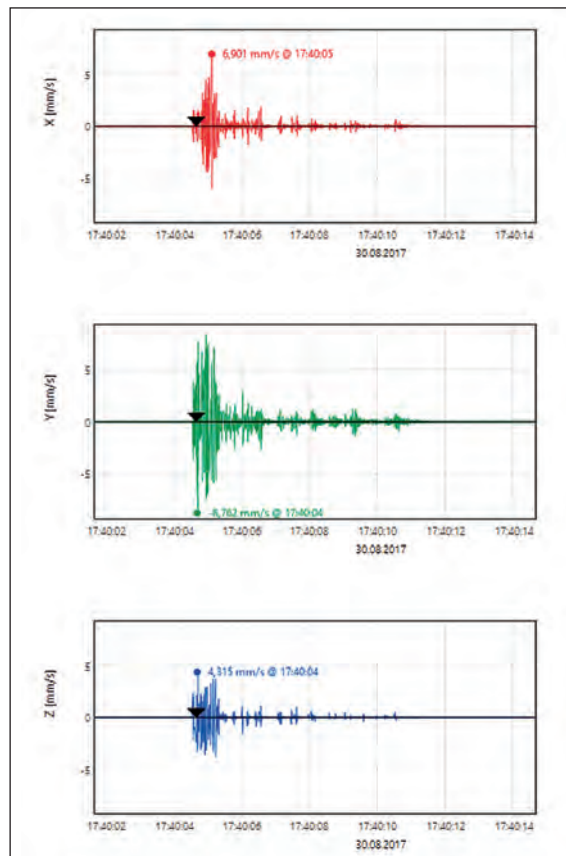


Abb. 13: Verlauf der Schwinggeschwindigkeit

Hier sind Schwinggeschwindigkeiten kleiner $2,830 \text{ mm/s}$ zu verzeichnen.

Tiefe m	Messwert		Berechnung
	Schachtkopf V_{imax} mm/s	Frequenz Hz	Bohrpfahl V_{imax} mm/s
17,00	17,00	> 100	115,00
19,25	10,70	> 154	81,00
20,80	11,18	> 115	93,00
22,30	11,45	> 115	102,00
23,90	8,76	< 71	83,00

Tab. 2: Berechnung der Erschütterungsimmissionen für die Bohrpfähle im Sohlbereich

Für die Gesamtbetrachtung der Erschütterungsimmissionen an den Bohrpfählen wurden auf Basis der auf den Bohrpfahlköpfen gemessenen Schwinggeschwindigkeiten die Werte für den Sohlbereich berechnet.

Wie der Tabelle 2 zu entnehmen ist, wird auch hier, unter Berücksichtigung einer Messtoleranz von $\pm 15 \%$ der vom Sachverständigen Schmücker empfohlene Anhaltswert in Höhe von $V_{imax} = 100 \text{ mm/s}$ eingehalten.

Ferner ist davon auszugehen, dass der Wert der dominanten Frequenzen in diesem Bereich ebenfalls deutlich über 100 Hz lag.

5 Zusammenfassung

Abschließend ist festzustellen, dass bei dem vorgestellten Pilotprojekt Naturstromspeicher Gaildorf maßgeblich der Einsatz der Sprengtechnik in den vorherrschenden anspruchsvollen geologischen Verhältnissen die Herstellung des Schachtes für das Pumpspeicherkrafthaus ermöglichte. Dabei bildete das Konzept der Sprengarbeiten mit der beschriebenen Zündplanung sowie dessen Anpassung infolge der Ausweitung der Sprengungen auf die gesamte jeweilige Schachtschale die Grundlage für die erfolgreiche Schachtabteufung.

Die genaue Umsetzung der Planung führte nicht nur zu den gewünschten Sprengergebnissen. Auch konnten aus den Sprengungen resultierende Beschädigungen der Bohrfahrlwand wie auch der übrigen Immissionsobjekte vermieden werden. Darüber hinaus wurde auch der kalkulierte Zeitrahmen deutlich unterschritten. Ausschlaggebend hierfür war die konstruktive und vor allem enge Abstimmung zwischen dem für die sprengtechnischen Planungen beauftragten Sachverständigen Guido A. Schmücker und der ausführenden Sprengfirma Richard Liesegang GmbH & Co. KG mit deren Projektleiter Michael Schneider.

Somit fügt sich die Herstellung des Schachtes nahtlos in das positive Gesamtbild des Pilotprojektes Naturstromspeicher Gaildorf ein.

Anschrift der Autoren:



Guido A. Schmücker
Engineering Service Schmücker
Öffentlich bestellter + vereidigter Sachverständiger
E-Mail: guido.schmuecker@es-schmuecker.eu
www.es-schmuecker.eu



Alexander Kirchhofer
Engineering Service Schmücker
E-Mail: alexander.kirchhofer@es-schmuecker.eu
www.es-schmuecker.eu



Michael Schneider
Richard Liesegang GmbH & Co. KG
E-Mail: info@rl-liesegang.de
www.rl-liesegang.de

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