

**213-006**

## DGUV Information 213-006



## Vermessung und Berechnung von Bohrlochsprengungen

## **Impressum**

Herausgeber:  
Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40  
10117 Berlin  
Tel.: 030 288763800  
Fax: 030 288763808  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

Sachgebiet „Sprengarbeiten“,  
Fachbereich „Rohstoffe und chemische Industrie“ der DGUV.

Layout & Gestaltung:  
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Medienproduktion

Ausgabe November 2015

DGUV Information 213-006 (bisher BGI/GUV-I 700) zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger  
oder unter [www.dguv.de/publikationen](http://www.dguv.de/publikationen)

# **Vermessung und Berechnung von Bohrlochsprengungen**

# Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Begriffe .....</b>	<b>6</b>	<b>5.1.</b>
<b>3</b>	<b>Vermessung.....</b>	<b>7</b>	<b>5.2.</b>
3.1.	3D- Laservermessung.....	7	5.3.
3.1.1.	Erforderliche Hilfsmittel.....	7	5.3.1.
3.1.2.	Beschreibung des Verfahrens.....	7	5.3.2.
3.1.3.	Durchführung der Vermessung.....	7	5.3.3.
3.1.4.	Auswertung in einer Sprengsoftware.....	8	<b>Anhang 1.....</b>
3.2.	2D-Laservermessung.....	8	<b>Anhang 2: Formelsammlung.....</b>
3.2.1.	Erforderliche Hilfsmittel.....	8	<b>Anhang 3: Formblätter .....</b>
3.2.2.	Beschreibung des Verfahrens.....	8	
3.2.3.	Grundsätzliche Hinweise für die Durchführung von Wandvermessungen.....	8	
3.2.4.	Durchführung der Vermessung.....	9	
3.2.5.	Auswertung.....	10	
3.3.	Vermessung mit Fotogrammetrie.....	10	
3.3.1.	Benötigte Hilfsmittel.....	10	
3.3.2.	Beschreibung des Verfahrens.....	10	
3.3.3.	Durchführung der Vermessung.....	10	
3.3.4.	Auswertung in einer fotogrammetrischen Soft- ware.....	11	
3.4.	Vermessung mit Handgefällmesser.....	12	
3.4.1.	Beschreibung des Gerätes.....	12	
3.4.2.	Bestimmung der Wandhöhe.....	12	
3.4.3.	Vermessung der Bruchwand von der unteren Sohle aus.....	13	
3.4.4.	Vermessung der Bruchwand von der oberen Sohle aus.....	14	
<b>4</b>	<b>Berechnung des Ausbruchvolumens und der Lademenge .....</b>	<b>16</b>	
4.1.	Allgemeines.....	16	
4.2.	Vereinfachtes Verfahren der Lademengenberechnung.....	16	
4.3.	Volumen- und Lademengenberechnung für jedes einzelne Bohrloch.....	17	
4.4.	Verteilung der Ladung im Bohrloch.....	19	
4.4.1.	Einsatz von patroniertem Sprengstoff.....	19	
			<b>Herstellen und Kontrollieren der Bohrlöcher.....</b>
			21
			Bohrplan, Bohrprotokoll.....
			21
			Herstellen der Bohrlöcher.....
			22
			Kontrolle des Bohrlochverlaufs.....
			23
			Einfache Hilfsmittel.....
			23
			Vermessung des Bohrlochverlaufs.....
			24
			Fußvorgabe – Messsysteme.....
			28

# 1 Einleitung

Die DGUV Regel 113-016 „Sprengarbeiten“ (bisher BGR/GUV-R 241) verlangt in Ziffer 4.1.11, dass Bohrpläne erstellt werden sowie die Bohrarbeiten zu dokumentieren sind.

In Ziffer 4.1.9 wird die Dokumentation von Zündfolgen in Zündplänen gefordert.

Von der Vielzahl der möglichen Messverfahren werden die gebräuchlichsten, d.h.

- die 3D- Laservermessung,
- die 2D- Laservermessung,
- die Fotogrammetrie,
- die Vermessung mit Handgefällmesser (NECLI),

im Folgenden abgehandelt.

Für das Sondersprengverfahren Großbohrlochsprengung werden in Ziffer 4.2.2 weitere Forderungen erhoben.

So hat der verantwortliche Leiter auf Grundlage einer **messtechnischen Ermittlung von Wandhöhe und Wandneigung**

- die Vorgaben festzulegen,
- die Bohrlochabstände zu bestimmen,
- die Sprengstoffmenge zu berechnen,
- die Ansatzpunkte, Richtung und Tiefe der Bohrlöcher und
- die Verteilung der Ladung im Bohrloch festzulegen.

Hierüber ist eine **maßstäbliche Zeichnung** und eine **Lademengenberechnung** anzufertigen.

Das Zeichnen der Grundrisse und Schnitte wird beschrieben sowie die Lademengenberechnung erläutert.

Der verantwortliche Leiter von Großbohrlochsprengungen muss darüber hinaus

- Ansatzpunkte und Richtung der Bohrlöcher überprüfen,
- Abweichungen von der beabsichtigten Richtung und Tiefe der Bohrlöcher messtechnisch ermitteln und dokumentieren und
- die Lademengenberechnung gegebenenfalls korrigieren.

In Teile von Bohrlöchern, deren Verlauf nicht sicher ermittelt werden kann, darf kein Sprengstoff eingebracht werden.

Es werden geeignete Verfahren zur Ermittlung des tatsächlichen Bohrlochverlaufs vorgestellt.

## 2 Begriffe

Begriff	Formelzeichen	Einheit
Augenhöhe	$h_A$	m
Ausbruchvolumen	$V_A$	$m^3$
Ausbruchvolumen pro Bohrloch	$V_{BL}$	$m^3$
Bohrlochabstand	$a$	m
Bohrlochanzahl	$n$	
Bohrlochdurchmesser	$d$	mm
Bohrlochlänge	$l_{BL}$	m
Bohrlochneigung	$\beta_{BL}$	°
Bohrlochvolumen	$Vol_{BL}$	l
Einflussbreite	$E$	m
Fußvorsprung	$b$	m
Lademenge	$L$	kg
Lademenge pro Bohrloch	$L_{BL}$	kg
Messbasis	$s_H$	m
Patronenanzahl	$z$	
Patronengewicht	$L_P$	kg
rechnerische Wandhöhe	$h_N$	m
söhlige Entfernung	$s$	m
söhlige Entfernung, obere Sohle	$s_o$	m
söhlige Entfernung, untere Sohle	$s_u$	m
spezifischer Sprengstoffbedarf	$q$	$kg/m^3$
Steigung	$P_1, P_2$	%
Vorgabe	$v$	m
Vorgabe, mittlere	$v_m$	m
Vorgabe, obere	$v_o$	m
Vorgabe, untere	$v_u$	m
Vorgabe, Sprengtechnische	$w$	m
Wandhöhe	$h$	m
Wandneigung	$\beta$	°

# 3 Vermessung

## 3.1. 3D- Laservermessung

### 3.1.1. Erforderliche Hilfsmittel

- 3D-Laser mit Stativ
- Pocket-PC
- PC
- Auswertesoftware
- 2 Reflektoren montiert auf Stangen mit bekannter Höhe

### 3.1.2. Beschreibung des Verfahrens

Bei der dreidimensionalen Laservermessung wird die Bruchwand in ihrer Gesamtheit dreidimensional erfasst. Dazu wird mit einem gepulsten Laser die Entfernung zur Bruchwand gemessen, während der Roll- und Drehwinkel des Lasersenders aufgezeichnet wird. Die Entfernung wird aus der Laufzeit des Lasers zwischen Aussendung und Detektierung der Reflexion errechnet. Aus einer großen Menge dieser Datenpunkte wird ein dreidimensionales Abbild der Bruchwand ermittelt.

Die Daten werden in einem Pocket-PC gespeichert und danach an einem Rechner ausgewertet.

### 3.1.3. Durchführung der Vermessung

Die Reflektoren werden oben auf der Bruchwand aufgestellt. Ihr Abstand sollte dabei mit der Breite der geplanten Sprenganlage übereinstimmen und sie sollten parallel zur Bruchwand aufgestellt werden. Danach begibt man sich zum Vermessungsstandort, der möglichst senkrecht vor der Bruchwand liegen sollte. Auf jeden Fall muss der Ort innerhalb der Maximalreichweite des Lasers bei den herrschenden Wetterbedingungen sein.

Das Lasergerät wird angeschaltet, eingenordet und der Pocket-PC angeschlossen. Freier Blick auf das zu vermessende Objekt ist notwendig.

Die zu messenden Punkte in der Bruchwand werden einzeln anvisiert und eingemessen. Mit einem 3D- Laserscanner erfolgt diese Vermessung automatisch nach vorher eingestellten Parametern (Messraster). Nach dem Ende der Vermessung werden die Daten von dem Pocket-PC auf einen Rechner geladen und dort in eine Software eingespeist.



Abb. 1 3D- Laser, Quelle: Breithaupt



Abb. 2 3D- Laserscanner, Quelle: geokonzept

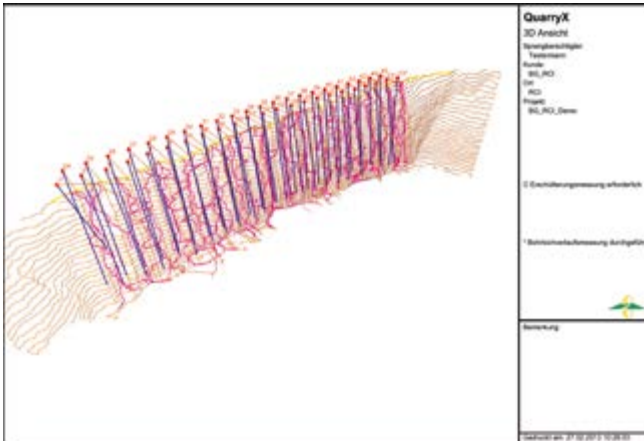


Abb. 3 3D-Ansicht, Quelle: QuarryX, geokonzept

### 3.1.4. Auswertung in einer Sprengsoftware

Zur Auswertung wird der Pocket-PC mit einem normalen Rechner verbunden und die Daten werden übertragen. Die Sprengsoftware errechnet aus den Daten des Lasers ein dreidimensionales Abbild der Bruchwand. In diesem Abbild können dann Bohrlöcher erstellt werden. Diese Bohrlöcher können frei an der Bruchwand bewegt werden. Es können alle Parameter des Bohrlochs verändert werden.

Die meisten Programme unterstützen dabei eine Analyse der Bohranlage auf kritische Vorgaben. Die Bohrlöcher können so optimiert werden.

Es können danach die für die Dokumentation erforderlichen Unterlagen wie Grundriss und Schnitte erstellt werden.

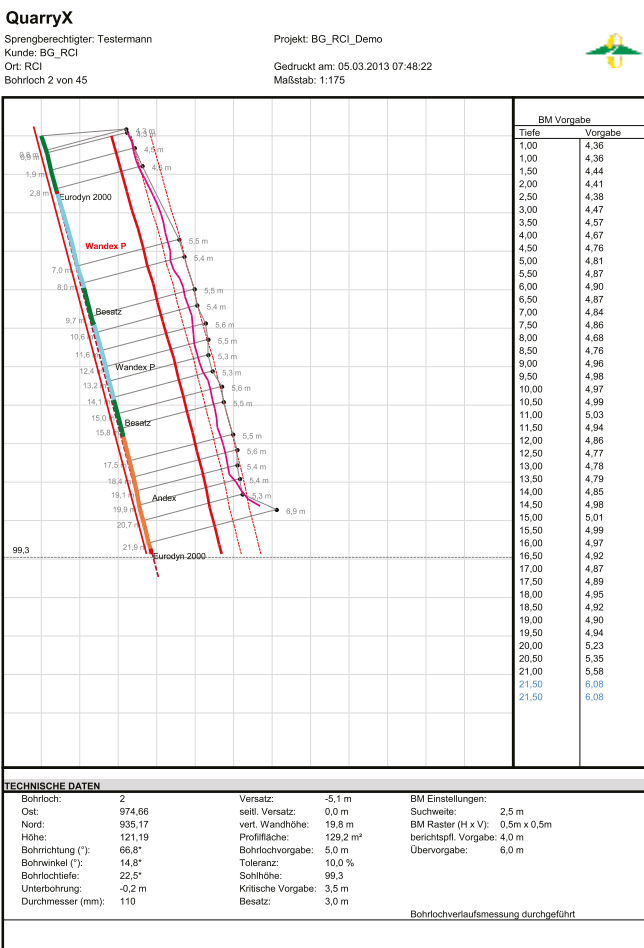


Abb. 4 Profil, Quelle: QuarryX, geokonzept

## 3.2. 2D-Laservermessung

### 3.2.1. Erforderliche Hilfsmittel

- 2D-Laser
- möglichst Stativ
- Pocket-PC mit Auswertesoftware
- evtl. PC

### 3.2.2. Beschreibung des Verfahrens

Die Vermessung mit einem 2D-Laser erfolgt ähnlich zum 3D-Laser. Es werden aber nur einzelne Profile gemessen anstatt der gesamten Bruchwand.

Die Messmethode ist dabei auch eine Entfernungsmessung, die über Laserlaufzeit ermittelt wird. Allerdings findet keine Horizontalwinkelauzeichnung statt.

Die Nachteile der Methode sind zum Einen, dass keine Information über die seitliche Vorgabe ermittelt werden kann und zum anderen, dass die Messmethode anfällig gegen Positionierungsfehler und Ungenauigkeiten ist.

### 3.2.3. Grundsätzliche Hinweise für die Durchführung von Wandvermessungen

Beim Anpeilen der Bruchwand und beim Messen der sөhligen Entfernungen ist unbedingt auf senkrechte Stellung zur Wand zu achten, da das Messergebnis sonst fehlerhaft wird (Abbildung 7).

Bei nicht senkrechter Ausrichtung zur Bruchwand wird das Vorspringen des Wandfußes (b) zu groß (b')



ermittelt, so dass sich ein flacheres Profil als das tatsächliche Profil ergibt. Dieser Fehler wächst mit zunehmendem Horizontalwinkel  $\gamma$  und beträgt z. B. bei  $30^\circ$  Abweichung bereits 15 % für den Fußvorsprung.

### 3.2.4. Durchführung der Vermessung

Vor Beginn der Messung müssen hier im Gegensatz zum 3D- Lasersystem keine Vorbereitungen getroffen werden. Es sollte lediglich die spätere Position der Bohrlöcher an der oberen Bruchwandkante mit Markierungen versehen werden, damit diese von der unteren Sohle aus sichtbar sind.

Zuerst wird die Oberkante der Bruchwand eingemessen, danach die Sohle. Anschließend werden Punkte auf der senkrechten Linie zwischen Oberkante und Sohle eingemessen. Sinnvollerweise sollten Profile erstellt werden, die in der Ebene der geplanten Bohrlöcher liegen.



Abb. 5 2D- Laser, Quelle: Breithaupt



Abb. 6 2D- Laser, Quelle: geokonzept

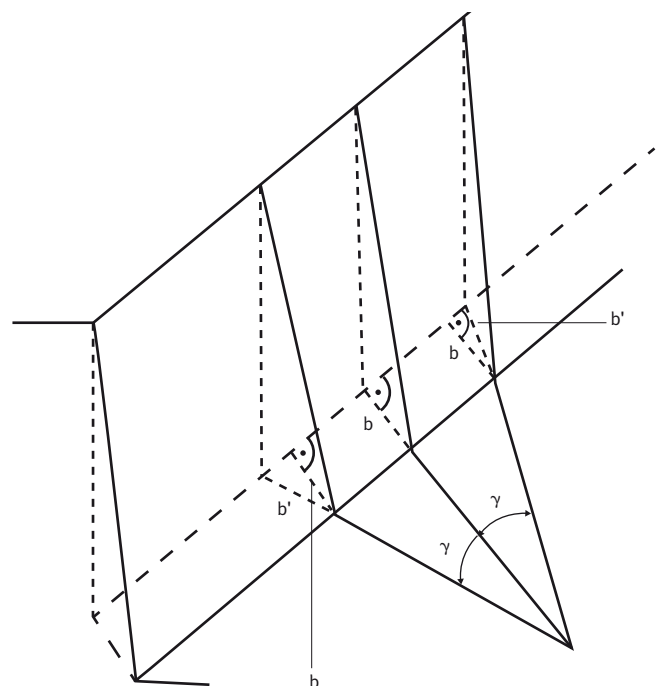


Abb. 7 Falsche Ermittlung des Wandfußvorsprungs durch schräges Anpeilen

### 3.2.5. Auswertung

Aus diesen Daten berechnet eine Software dann einen Profilschnitt. In diesem Schnitt können dann die Parameter des geplanten Bohrlochs (Länge, Neigung, Unterbohrung, Position) verändert werden, bis die Vorgaben optimiert sind (Abbildung 8).

Die Erstellung eines Grundrisses aus den Daten einer 2D- Vermessung ist nicht möglich.

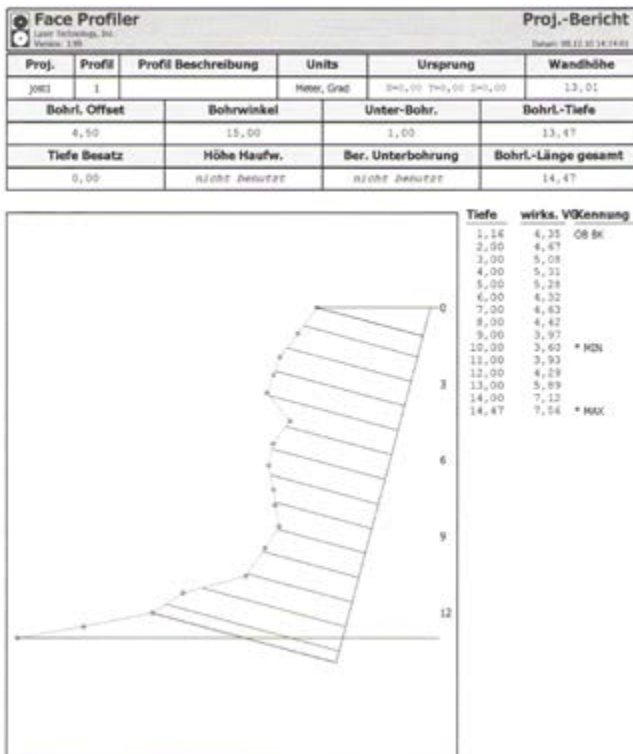


Abb. 8 2D- Profil, Quelle: Breithaupt

### 3.3. Vermessung mit Fotogrammetrie

#### 3.3.1. Benötigte Hilfsmittel

- kalibrierte Digitalkamera
- Passpunktgestell bzw. Marker
- PC
- Auswertesoftware

#### 3.3.2. Beschreibung des Verfahrens

Die fotogrammetrische Bruchwandvermessung beruht auf dem Prinzip der Stereofotografie. Demnach lassen sich aus zwei Bildern, die dasselbe Motiv aus zwei unterschiedlichen Winkeln zeigen, dreidimensionale Zusammenhänge errechnen.

Bei der Fotogrammetrie werden also digitale Aufnahmen von der Bruchwand gemacht, die dann am Computer zu einem dreidimensionalen Modell umgerechnet werden.

Mit diesem dreidimensionalen Modell wird dann in der Auswertung genauso verfahren wie mit einem 3D-Lasermodell.

Die Qualität des Messergebnisses hängt insbesondere von der Qualität der aufgenommenen Bilder ab.

Die Vorteile liegen in der einfachen Bedienbarkeit. Außerdem ist die Darstellung der Bruchwand im Programm anschaulicher und erfordert vom Nutzer ein geringeres Abstraktionsvermögen.

#### 3.3.3. Durchführung der Vermessung

Vor der Vermessung muss das Passpunktgestell (Abbildung 10) bzw. müssen die Marker positioniert werden. Das Passpunktgestell wird dabei in sicherem Abstand vor die Bruchwand gestellt. Die Marker werden wie die Reflektoren bei dem 3D-Lasersystem aufgestellt.

Danach wird aus einer ausreichenden Entfernung vor der Bruchwand das erste Foto aufgenommen. Das zweite Foto wird dann von einer Position mehrere Meter seitwärts geschossen. Dabei ist darauf zu achten, in der gleichen Entfernung vor der Wand zu stehen.

Diese Fotos werden dann von der Kamera auf einen Rechner geladen.



Abb. 9 Fotogrammetrie-System, Quelle: 3gsm

**3.3.4. Auswertung in einer fotogrammetrischen Software**

Zur Auswertung der Fotos werden beide in die Software eingefügt. Danach wird eine Stereoansicht geöffnet und in beiden Bildern werden die Eckpunkte des Passpunktgestells markiert. Dann errechnet die Software selbstständig das 3D-Modell.

Nach der Berechnung des 3D-Modells kann die Sprenganlagenplanung vorgenommen werden. Als Ergebnisse erhält man unter anderem einen Bohrlochplan, Profile, Minimale-Vorgabe-Diagramme, eine flächige Darstellung der minimalen Vorgabe (Abbildung 11), das zu sprengende Volumen und einen Bericht.

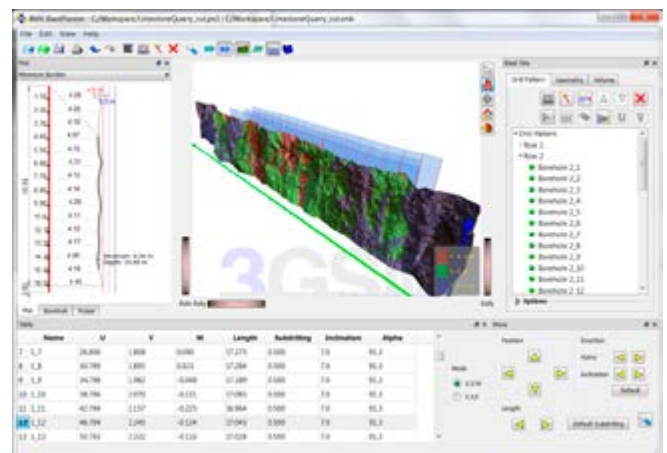


Abb. 11 Auswertung einer fotogrammetrischen Vermessung, Quelle: 3gsm



Abb. 10 Passpunktgestell, Quelle: 3gsm

### 3.4. Vermessung mit Handgefällmesser

Voraussetzung für die nachfolgend beschriebene Vermessung ist eine annähernd horizontal verlaufende Bruchsohle.

#### 3.4.1. Beschreibung des Gerätes

Der Handgefällmesser ist ein Gerät zur Durchführung einfacher Vermessungen, wie z. B. Bestimmung der Höhen von Bruchwänden und Überprüfung der Neigung von Bohrlöchern. Das Gerät NECLI besteht im Wesentlichen aus einem kompakten Fernrohr, in dessen Bildebene ein frei schwingender Teilkreis mit Neugrad-, Altgrad-, Prozent- und Reduktionsteilung angeordnet ist.



Abb. 12 Handgefällmesser NECLI, Quelle: Breithaupt

#### 3.4.2. Bestimmung der Wandhöhe

Zunächst soll die Wandhöhe ermittelt werden. Hierzu visiert man von der Sohle aus die obere Bruchwandkante an. Im linken Okulareinblick wird eine Steigung  $P_2$  in Prozent für die obere Bruchwandkante abgelesen, der zugehörige Standpunkt auf der Sohle wird als Punkt  $P_2$  markiert.

Eine Messbasis  $s_H$  erhält man, indem man vom Punkt  $P_2$  aus senkrecht zur Bruchwand eine Strecke zurückmisst; damit ergibt sich ein Standpunkt  $P_1$ . Von dem aus wird die Steigung  $P_1$  in Prozent an der oberen Bruchwandkante abgelesen.

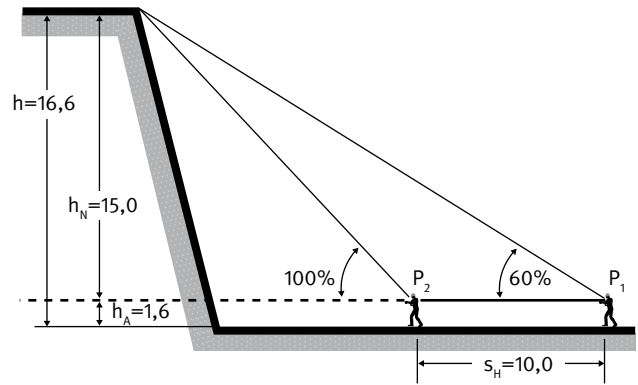


Abb. 13 Ermittlung der Wandhöhe mit dem Handgefällmesser

Die Wandhöhe (auf Augenhöhe bezogen) errechnet sich dann aus folgender Gleichung:

$$(1) h_N = \frac{s_H \times P_1 \times P_2}{100 \times (P_2 - P_1)}$$

Wird als Messbasis  $s_H$  immer 10 m gewählt und  $P_2$  immer zu 100 % Steigung bestimmt, so vereinfacht sich Gleichung (1) zu:

$$(2) h_N = \frac{10m \times P_1}{100 - P_1}$$

Beispiel:

$$s_H = 10 \text{ m}; P_1 = 60\%; P_2 = 100\%; h_N = \frac{10m \times 60 \times 100}{100 \times (100 - 60)} = 15m$$

Die tatsächliche Wandhöhe erhält man, wenn zu der errechneten Wandhöhe  $h_N$  die Augenhöhe  $h_A$  addiert wird.

$$(3) h = h_N + h_A$$

Im Beispiel (Abbildung 13) ergibt sich für eine Augenhöhe von 1,6 m die Wandhöhe zu:

$$h = h_N + h_A = 15,0 \text{ m} + 1,6 \text{ m} = 16,6 \text{ m}$$

Die Augenhöhe braucht nicht berücksichtigt zu werden, wenn man einen Fluchtstab auf der oberen Bruchwandkante in Augenhöhe anvisiert.

Aus der Umstellung der Gleichung (1) ergeben sich einige Beziehungen, die zum schnellen und einfachen Bestimmen der Wandhöhe geeignet sind.

Es werden Punkte auf der unteren Sohle aufgesucht, bei denen der Handgefällmesser bestimmte Prozentzahlen

(z. B. 80, 100, 120 oder 150 %) beim Anpeilen der oberen Bruchwandkante anzeigt. Jeweils zu einem zusammengehörigen Prozentpaar wird der Abstand der Standpunkte (Messbasis  $s_H$ ) gemessen. Die Höhe ergibt sich dann aus den Gleichungen:

$$(4) \quad h = 4 \times s_H + h_A$$

bei 80 % und 100 %

$$(5) \quad h = 6 \times s_H + h_A$$

bei 100 % und 120 % bzw. 120 % und 150 %

**3.4.3. Vermessung der Bruchwand von der unteren Sohle aus**  
 Der Einsatz des Handgefällmessers zum Zeichnen eines Grundrisses und mehrerer Schnitte eines Wandbereichs ist ebenfalls möglich, dies erfordert jedoch sorgfältige und genaue Vorbereitung.

Die Vermessung kann beispielsweise von zwei Standlinien aus erfolgen, die parallel zueinander im Abstand  $s_H$  (Messbasis) verlaufen (Abbildung 14). Dieses Verfahren wird im Folgenden beschrieben.

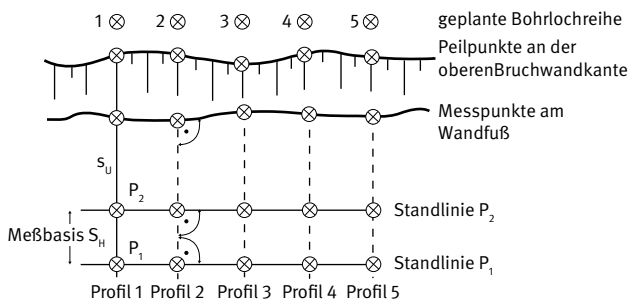


Abb. 14 Grundriss-Vermessung mit dem Handgefällmesser

**3.4.3.1. Durchführung und Auswertung der Messung**

- Markierung der Messprofile an der oberen Bruchwandkante,
- zwei Standlinien parallel zur Wand auf der unteren Sohle einrichten:
  - die erste Linie ungefähr im Abstand der Wandhöhe (Standlinie  $P_2$ ),
  - die zweite Linie im Abstand 10,0 m zurück (Standlinie  $P_1$ ).

- Auf beiden Linien die Messpunkte so markieren, dass die Blickrichtung senkrecht zur Wand erfolgt und
- Messen der Steigungen  $P_2$  und  $P_1$  sowie der Entfernungen  $P_2$ -Wandfuß ( $s_u$ ) in den markierten Profilen.

Aus den gemessenen Werten  $s_u$ ,  $P_1$  und  $P_2$  sowie den Festwerten  $s_H$  und  $h_A$  werden die gesuchten Größen  $h_N$ ,  $h$ ,  $b$  und  $\beta$  berechnet.

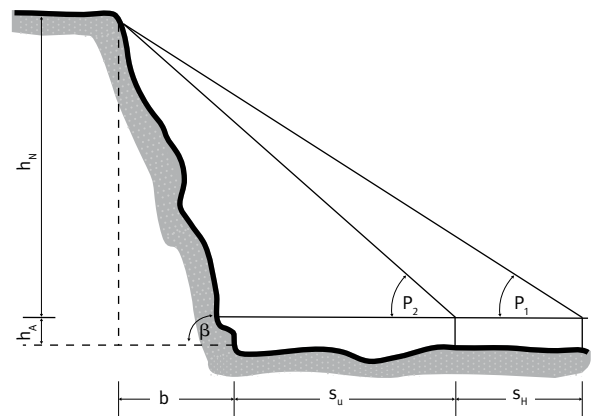


Abb. 15 Profilmessung mit dem Handgefällmesser von der unteren Sohle

Die Wandhöhe wird aus den Gleichungen (1) und (3) wie im vorherigen Abschnitt errechnet. Der Wert  $b$  für das Vorspringen des Wandfußes ergibt sich aus Gleichung (6):

$$(6) \quad b = \frac{100 \times h_N}{P_2} - s_u$$

Der Wandneigungswinkel  $\beta$  ergibt sich aus Gleichung (7):

$$(7) \quad \beta = \arctan \frac{h}{b}$$

Zur Vermessung und Berechnung sollte ein Mess- und Auswerteprotokoll verwendet werden (Abbildung 16).

Mess- und Auswerteprotokoll Handgefällmesser, Einsatz auf der unteren Sohle

	Festwerte:	Augenhöhe $h_A = 1,6 \text{ m}$		Messbasis $s_H = 10,0 \text{ m}$					
	Messwerte:				Rechenwerte				
Schnitt (Profil) Nr.	Seitenabstand zwischen den Profilen a [m]	Steigung $P_1$ [%]	Steigung $P_2$ [%]	Abstand $P_2$ - Wandfuß $s_u$ [m]	rechn. Wandhöhe $h_N$ [m] $h_N = \frac{s_H * P_1 * P_2}{100 * (P_2 - P_1)}$	Wandhöhe h [m] $h = h_N + h_A$	Wandfußvorsprung b [m] $b = \frac{100 * h_N - s_u}{P_2}$	$\tan \beta = h/b$	Wandneigung $\beta$ [°] $\beta = \tan^{-1} h/b$
1		57	92	11,35	14,98	16,58	4,93	3,363	73,5
2		58	94	11,20	15,14	16,74	4,91	3,409	73,5
3									

Abb. 16 Mess- und Auswerteprotokoll Handgefällmesser, Einsatz auf der unteren Sohle

3.4.3.2. Zeichnen des Grundrisses

Aus den gemessenen und errechneten Werten wird der Grundriss wie folgt gezeichnet (vgl. Abbildung 14):

- Zeichnen der Standlinie  $P_2$  (beliebig),
- Markierung der Messpunkte auf der Standlinie,
- Abtragen der Abstände  $s_u$  und b auf einer Hilfslinie rechtwinklig zur Standlinie,
- Die Verbindung der Endpunkte  $s_u$  ergibt den Verlauf des Wandfußes,
- Die Verbindung der Endpunkte b ergibt die obere Bruchwandkante und
- Einzeichnen der Bohrlochreihe mit der gewählten Vorgabe.

3.4.3.3. Zeichnen der Schnitte

Die Schnitte werden aus den errechneten Werten h, b und  $\beta$  gezeichnet.

Wenn die Wandneigung zeichnerisch ermittelt werden soll, wird der Schnitt aus h und b gezeichnet und die Wandneigung  $\beta$  aus der Zeichnung abgegriffen.

Das Bohrloch wird mit der gewünschten Neigung und Vorgabe eingezeichnet.

3.4.4. Vermessung der Bruchwand von der oberen Sohle aus

Mit dem Handgefällmesser kann die Bruchwand auch von der oberen Sohle aus vermessen werden (Abbildung 17).

Zusätzlich zum Winkel  $\alpha$  muss die schräge Entfernung l von der oberen Bruchkante zum Peilpunkt sowie der Abstand  $s_u$  vom Peilpunkt zum Wandfuß gemessen werden.

Zum Messen der Schnurlänge l wird ein Maßband an einer Latte befestigt, deren Spitze an die obere Bruchwandkante angelegt wird. Diese wird von einer Standlinie aus eingemessen.

Bei dieser Methode ist insbesondere auf einen sicheren Stand und Schutz gegen Absturz von der oberen Sohle sowie auf die Steinfallgefahr vor der Wand zu achten.

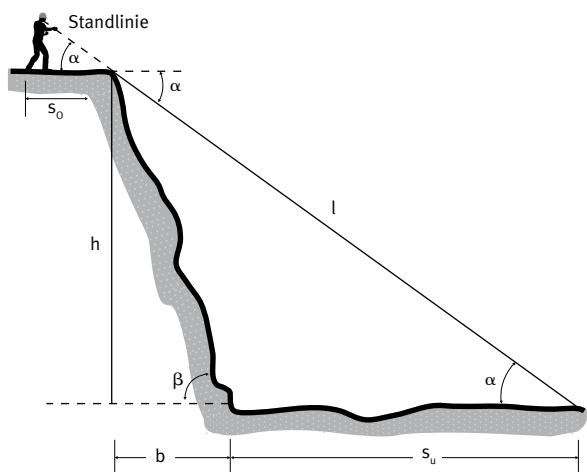


Abb. 17 Vermessung mit dem Handgefällmesser von der oberen Sohle aus

3.4.4.1 Durchführung und Auswertung der Messung (Abbildung 18)

- Standlinie und Schnitte festlegen,
- Einmessen der oberen Bruchwandkante (Werte  $s_0$ ) von der Standlinie aus,
- Lattenspitze auf obere Bruchwandkante ausrichten und horizontieren,
- über die Lattenspitze Peilpunkt auf der unteren Sohle anvisieren und markieren,
- bei allen Messungen auf senkrecht ausgerichtet zur Standlinie achten (Abbildung 18),
- Neigungswinkel  $\alpha$  des Handgefällmessers notieren,
- Schnurlänge  $l$  (Lattenspitze – Peilpunkt) notieren und
- Abstand Peilpunkt – Wandfuß ( $s_u$ ) messen.

Aus den gemessenen Werten  $\alpha$ ,  $l$  und  $s_u$  werden die gesuchten Größen Wandhöhe  $h$  und Fußvorsprung  $b$  rechnerisch ermittelt:

Wandhöhe  $h$ :

$$(8) \quad h = l \times \sin \alpha$$

Wandfußvorsprung  $b$ :

$$(9) \quad b = l \times \cos \alpha - s_u$$

Zur Vermessung und Berechnung sollte ein Mess- und Auswerteprotokoll verwendet werden (Abbildung 19).

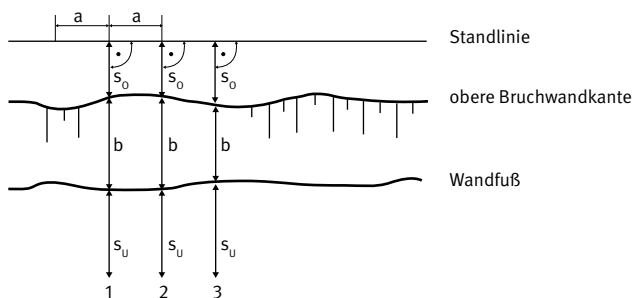


Abb. 18 Bruchwandvermessung mit dem Handgefällmesser von der oberen Sohle aus (Darstellung im Grundriss)

Mess- und Auswerteprotokoll Handgefällmesser, Einsatz auf der oberen Sohle

Messwerte					Rechenwerte					
Schnitt	Standlinie Bruchwandkante	Peilwinkel	Schnurlänge	Abstand Peilpunkt-Wandfuß	$\sin \alpha$	Wandhöhe	$\cos \alpha$	Wandfußvorsprung	$\tan \beta$	Wandneigung
Nr.	$s_0$	$\alpha$	$l$	$s_u$		$h = l \times \sin \alpha$		$b = l \times \cos \alpha - s_u$	$h/b$	$\beta$
	[m]	[°]	[m]	[m]		[m]		[m]		[°]
1	3,50	46	24,70	14,10	0,719	17,76	0,695	3,07	5,785	80
2	3,60	50	23,10	10,50	0,766	17,70	0,643	4,35	4,069	76

Abb. 19 Mess- und Auswerteprotokoll Handgefällmesser, Einsatz auf der oberen Sohle

# 4 Berechnung des Ausbruchvolumens und der Lademenge

## 4.1. Allgemeines

Für die sichere Ausführung von Sprengarbeiten ist die Ermittlung der richtigen Lademenge von entscheidender Bedeutung.

In der Praxis hat sich für Sprengungen im Steinbruch bei einer freien Wandfläche eine Faustformel als zutreffend erwiesen. Die Gesamtlademenge  $L$  ergibt sich zu:

$$(14) L = V_A \times q$$

Um das Ausbruchsvolumen  $V_A$  zu berechnen, ist vorher die genaue Vermessung des zu sprengenden Bruchwandabschnittes erforderlich. Der spezifische Sprengstoffbedarf  $q$  liegt bei gleichen Gesteinsbedingungen in etwa fest (Abbildung 20). Diese betrieblichen Erfahrungswerte sind u. a. von der Lagerstätte und dem gewünschten Zerkleinerungsgrad abhängig. Die Tabellenwerte können im Einzelfall sowohl unter- als auch überschritten werden. Der spezifische Sprengstoffbedarf  $q$  ist die Sprengstoffmenge, die erforderlich ist, um  $1 \text{ m}^3$  Gestein aus dem Gebirgsverband zu lösen.

### Spezifischer Sprengstoffbedarf aus betrieblichen Erfahrungswerten

Gesteinsart	spez. Sprengstoffbedarf $q$
Basalt	250 – 500 g/m <sup>3</sup>
Dolomit	250 – 380 g/m <sup>3</sup>
Gabbro, Diabas, Diorit	400 – 700 g/m <sup>3</sup>
Gips	350 – 400 g/m <sup>3</sup>
Gneis	500 – 600 g/m <sup>3</sup>
Granit	500 – 750 g/m <sup>3</sup>
Kieselschiefer, Kieselkalk	300 – 370 g/m <sup>3</sup>
Kreidekalk	200 – 350 g/m <sup>3</sup>
Lava, Tuff	400 – 500 g/m <sup>3</sup>
Massenkalk	250 – 350 g/m <sup>3</sup>
Muschelkalk	250 – 350 g/m <sup>3</sup>
Porphy	300 – 400 g/m <sup>3</sup>
Quarzit, Grauwacke	300 – 450 g/m <sup>3</sup>
Sandstein	250 – 350 g/m <sup>3</sup>

Abb. 20 Spezifischer Sprengstoffbedarf aus betrieblichen Erfahrungswerten

## 4.2. Vereinfachtes Verfahren der Lademengenermittlung

Das nachfolgend aufgeführte Verfahren ist hinreichend genau unter den Voraussetzungen, dass annähernd gleiche

- Vorgaben
- Bohrlochabstände und
- Wandhöhen

innerhalb einer Sprenganlage vorhanden sind.

Als Ausbruchsvolumen  $V_A$  bezeichnet man das aus dem Gebirgsverband herauszusprengende Gestein, das nach der Sprengung als Haufwerk weggeladen werden kann.

Das Ausbruchsvolumen  $V_A$  ist das Produkt aus Ausbruchfläche  $A$  und Wandhöhe  $h$ :

$$(15) V_A = A \times h$$

Vereinfachend wird unterstellt, dass die Eckbohrlöcher das Gestein unter einem Winkel von  $45^\circ$  heraussprengen (Abbildung 21). Die Ausbruchfläche hat dann die Form eines Trapezes (Abbildung 22).

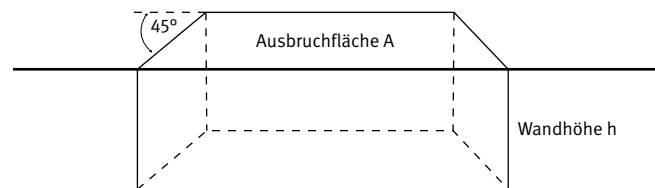


Abb. 21 Ausbruchvolumen

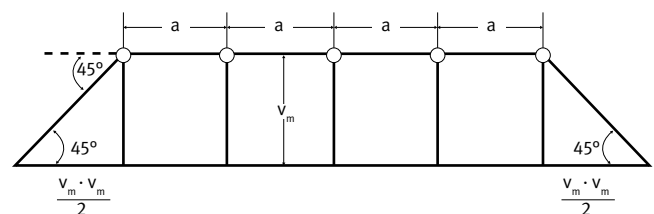


Abb. 22 Ausbruchfläche



Dabei muss man von der mittleren Vorgabe  $v_m$  ausgehen, die sich aus der oberen Vorgabe  $v_o$  und der unteren Vorgabe  $v_u$  mitteln lässt.

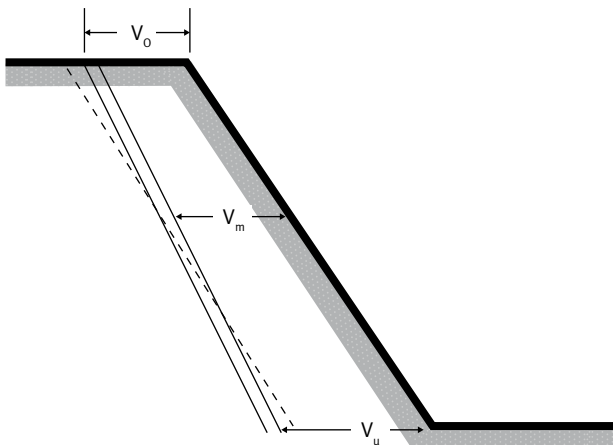


Abb. 23 mittlere Vorgabe

$$(16) v_m = \frac{v_o + v_u}{2}$$

Bei gleichen Bohrlochabständen  $a$ , einer festen Zahl von Bohrlochern  $n$  und der mittleren Vorgabe  $v_m$  beträgt die Ausbruchfläche  $A$ :

$$(17) A = n \times a \times v_m$$

Die beiden gleichschenkligen dreieckförmigen Ausbruchflächen des ersten und des letzten Bohrloches entsprechen zusammengefasst der Ausbruchfläche eines innerhalb der Serie stehenden Bohrloches. Deshalb ist die Zahl der Bohrlocher gleich der Zahl der Abstände.

Das Ausbruchvolumen ergibt sich somit zu

$$(18) V_A = n \times a \times v_m \times h$$

*Hinweis: Bei der Berechnung der Ausbruchfläche kann sowohl mit der söhligen Vorgabe  $v$  und der Wandhöhe als auch mit der wahren oder sprengtechnischen Vorgabe  $w$  (kürzester Abstand zwischen Laderaum und freier Fläche) und der Bohrlochlänge ohne Unterbohrung gerechnet werden.*

Nach der Ermittlung der Gesamtlademenge erhält man die Lademenge pro Bohrloch, indem die Gesamtlademenge durch die Anzahl der Bohrlöcher dividiert wird:

$$(19) L_{BL} = \frac{L}{n}$$

#### 4.3. Volumen- und Lademengenberechnung für jedes einzelne Bohrloch

Ändern sich bei der Bohranlage die Ausgangsparameter in der Art, dass

- unterschiedliche Vorgaben
- unterschiedliche Wandhöhen
- unterschiedliche Bohrlochabstände

vorliegen, ist die Berechnung für jedes Bohrloch separat durchzuführen. Hierbei muss jedem Bohrloch ein Gesteinskörper zugeordnet werden, der sich aus der Ausbruchfläche des einzelnen Bohrloches und der zugehörigen Wandhöhe errechnet. Die Ausbruchfläche wird durch die mittlere Vorgabe  $v_m$  (Abbildung 23) und die Einflussbreite  $E$  (Abbildung 24) bestimmt.

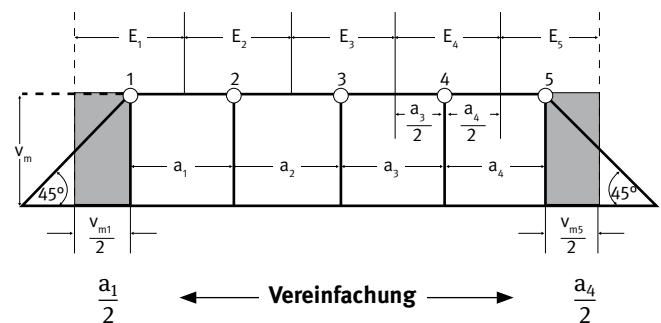


Abb. 24 Darstellung der Einflussbreite am Beispiel einer Sprengung mit 5 Bohrlochern

Die Einflussbreite ist die Summe der halben Bohrlochabstände zu den benachbarten Bohrlöchern. Für die Randbohrlöcher wird vereinfachend der halbe Bohrlochabstand auch nach außen angenommen:

$$(20) E_i = \frac{a_{i-1} + a_i}{2}$$

mit  $E_1 = a_1$  (erstes Bohrloch)

und  $E_n = a_{n-1}$  (letztes Bohrloch)

Das Ausbruchvolumen pro Bohrloch ergibt sich zu:

$$(21) V_{Ai} = E_i \times v_{mi} \times h_i$$

Die Lademenge pro Bohrloch erhält man, indem das Ausbruchvolumen mit dem spezifischen Sprengstoffbedarf multipliziert wird:

$$(22) L_{BLi} = V_{Ai} \times q$$

Das gesamte Ausbruchvolumen und die Gesamtsprengstoffladungemenge lassen sich durch das Aufsummieren der Einzelvolumina und Lademengen ermitteln.

$$(23) V_A = \sum_{i=1}^n V_{Ai} = V_{A1} + V_{A2} + \dots + V_{An}$$

$$(24) L = \sum_{i=1}^n L_{BLi} = L_{BL1} + L_{BL2} + \dots + L_{BLn}$$

Im folgenden Beispiel wird die Lademengenberechnung für jedes einzelne Bohrloch an fünf Profilen in tabellarischer Form durchgerechnet.

Mit den Werten in Abbildung 25 und 26 ergeben sich z. B. folgende Rechengänge:

Die Einflussbreite des ersten Bohrlochs beträgt:

$$E_1 = \frac{3,00m}{2} + \frac{3,00m}{2} = 3,00m$$

Die Einflussbreite des Bohrlochs 4 beträgt:

$$E_4 = \frac{3,30m}{2} + \frac{3,20m}{2} = 3,25m$$

Die Einflussbreite des letzten Bohrlochs beträgt:

$$E_5 = \frac{3,20m}{2} + \frac{3,20m}{2} = 3,20m$$

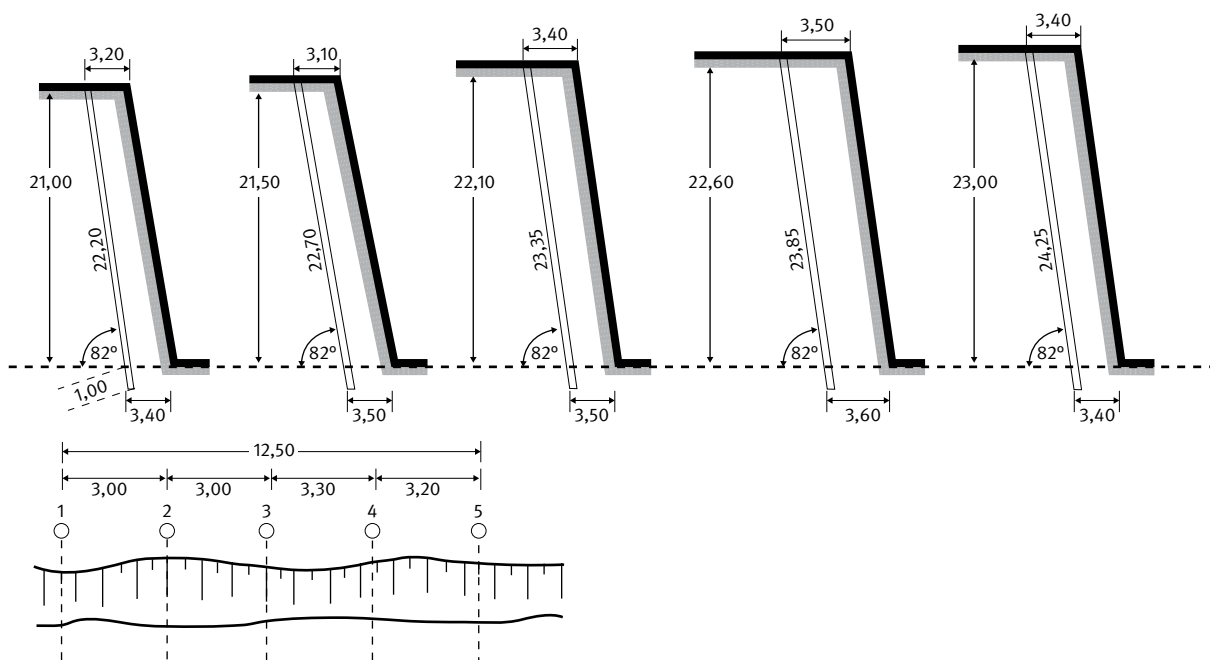


Abb. 25 Profile und Grundriss zur Lademengenberechnung

Die Ausbruchfläche des vierten Bohrlochs beträgt:  
 $A_4 = 3,25 \text{ m} \times 3,55 \text{ m} = 11,55 \text{ m}^2$

Das Ausbruchsvolumen des vierten Bohrlochs beträgt:  
 $V_{A4} = 11,55 \text{ m}^2 \times 22,60 \text{ m} = 261,0 \text{ m}^3$

Die Lademenge des vierten Bohrlochs beträgt:  
 $L_{BL4} = 261,0 \text{ m}^3 \times 0,22 \text{ kg/m}^3 = 57,5 \text{ kg}$

Um mögliche Rechenfehler erkennen zu können, sollte die tabellarische Berechnung der Lademengen mit einer Rechenprobe kontrolliert werden (Abbildung 26):

Rechenprobe 1:

Zunächst werden die durchschnittliche mittlere Vorgabe und die durchschnittliche Wandhöhe für alle Bohrlöcher in der angegebenen Weise errechnet. Dann werden die Einflussbreiten addiert. Das Produkt dieser drei Werte muss mit der Summe der Massen der Einzelbohrlöcher in etwa übereinstimmen.

Beispiel 1:

$$V_A = v_m \times E \times h = 3,42 \text{ m} \times 15,60 \text{ m} \times 22,04 \text{ m} = 1176 \text{ m}^3$$

Rechenprobe 2:

Die Lademengen der einzelnen Bohrlöcher werden addiert. Dividiert man diesen Wert durch das gesamte Ausbruchsvolumen, stellt das Ergebnis den wirklichen Sprengstoffbedarf dar. Da nur ganze Patronen verwendet werden, kann er geringfügig vom angenommenen Wert abweichen.

Beispiel 2:

$$q = \frac{L}{V_A} = \frac{260 \text{ kg}}{1179,5 \text{ m}^3} = 0,22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

#### 4.4. Verteilung der Ladung im Bohrloch

##### 4.4.1. Einsatz von patroniertem Sprengstoff

Die Anzahl der Patronen pro Bohrloch errechnet sich, indem die Bohrlochlademenge durch das Patronengewicht  $L_p$  geteilt wird:

$$(25) z_{BL} = \frac{L_{BL}}{L_p}$$

Muster einer Ausbruchsvolumen- und Lademengenberechnung

Nr.	Neigungswinkel $\beta$	Vorgabe v			Bohrlochabstand a	Einflussbreite E	Ausbruchfläche A	Wandhöhe h	Ausbruchvolumen $V_{BL}$	Lademenge L	Bohrlochlänge $l_{BL}$
		oben $v_o$	unten $v_u$	mittl. $v_m$							
				$(v_o+v_u) : 2$		$v_m \times E$		$A \times h$	$V_{BL} \times q$	$q=0,22 \text{ kg/m}^3$	$h : \sin \beta$
1	82	3,20	3,40	3,30		3,00	9,90	21,00	207,9	46,0	22,20
2	82	3,10	3,50	3,30	3,00	3,00	9,90	21,50	213,0	47,5	22,70
3	82	3,40	3,50	3,45	3,20	3,15	10,85	22,10	240,0	52,5	23,35
4	82	3,50	3,60	3,55	3,30	3,25	11,55	22,60	261,0	57,5	23,85
5	82	3,40	3,60	3,50	3,20	3,25	11,20	23,00	257,6	56,5	24,25
				$17,10:5 = 3,42$		15,60		$110,20:5 = 22,04$	1179,5	260	

Abb. 26 Muster einer Ausbruchsvolumen- und Lademengenberechnung

Zur Kontrolle ist zu überprüfen, ob die Patronen im Bohrloch untergebracht werden können. Hierbei ist von der Bohrlochlänge die Besatzlänge abzuziehen, die verbleibende Bohrlochlänge ist durch die Einzelpatronenlänge zu teilen.

$$(26) \quad l_{BL} = \frac{h}{\sin \beta_{BL}}$$

Bei der Berechnung der Patronenzahl im Bohrloch ist zu beachten, dass die Patronen beim Laden im freien Fall gestaucht werden. Gestauchte Patronenlängen aus Erfahrungswerten ergeben sich aus Tabelle 1 im Anhang 1.

#### 4.4.2.1. Einsatz von losem Sprengstoff

Beim Einsatz von losem Sprengstoff muss ermittelt werden, wie viel Sprengstoff das Bohrloch aufnehmen kann (Tabelle 1 im Anhang 1). Die Ladesäulenlänge ergibt sich aus der Bohrlochlänge minus der Besatzlänge. Das Bohrlochvolumen errechnet sich zu:

$$(27) \quad Vol_{BL} = \pi \times \frac{d^2}{4} \times l_L$$

Bohrlochvolumen  $Vol_{BL}$  in l  
 Bohrlochdurchmesser  $d$  in dm  
 Ladesäulenlänge  $l_L$  in dm

Die Lademenge errechnet sich zu:

$$(28) \quad L_{BL} = Vol_{BL} \times \rho$$

Bohrlochvolumen  $Vol_{BL}$  in  $dm^3$

Sprengstoffdichte  $\rho$  in  $\frac{kg}{dm^3}$  (aus Produktdatenblatt)

Beispiel:

Bohrlochdurchmesser  $d = 0,95 \text{ dm}$

Ladesäulenlänge  $l_L = 190 \text{ dm}$

Sprengstoffdichte  $\rho = 1,2 \text{ kg/dm}^3$

$$Vol_{BL} = 3,14 \times \frac{(0,95 \text{ dm})^2}{4} \times 190 \text{ dm} = 134,6 \text{ dm}^3$$

$$L_{BL} = 134,6 \text{ dm}^3 \times 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 161,5 \text{ kg}$$

# 5 Herstellen und Kontrollieren der Bohrlöcher

## 5.1. Bohrplan, Bohrprotokoll

Aus dem Grundriss und den Profilen ist ein Bohrplan zu erstellen. In diesem sind vor allem Länge und Neigungswinkel der Bohrlöcher anzugeben (Abbildung 27 und 28). Dieser Plan ist dem Bohrmaschinisten auszuhändigen. Nachdem der Sprengberechtigte die Bohrlochansatzpunkte festgelegt hat, kann der Bohrmaschinist die Bohrlöcher herstellen. Besonderheiten beim Bohren wie Durchfallen des Bohrgestänges, Verschwinden der Spülluft oder Lehmeinschlüsse müssen unbedingt in einem Bohrprotokoll vermerkt werden. Nach dem Bohren ist dieses Bohrprotokoll dem Sprengberechtigten auszuhändigen, damit dieser gegebenenfalls die Lademengenberechnung korrigieren kann.

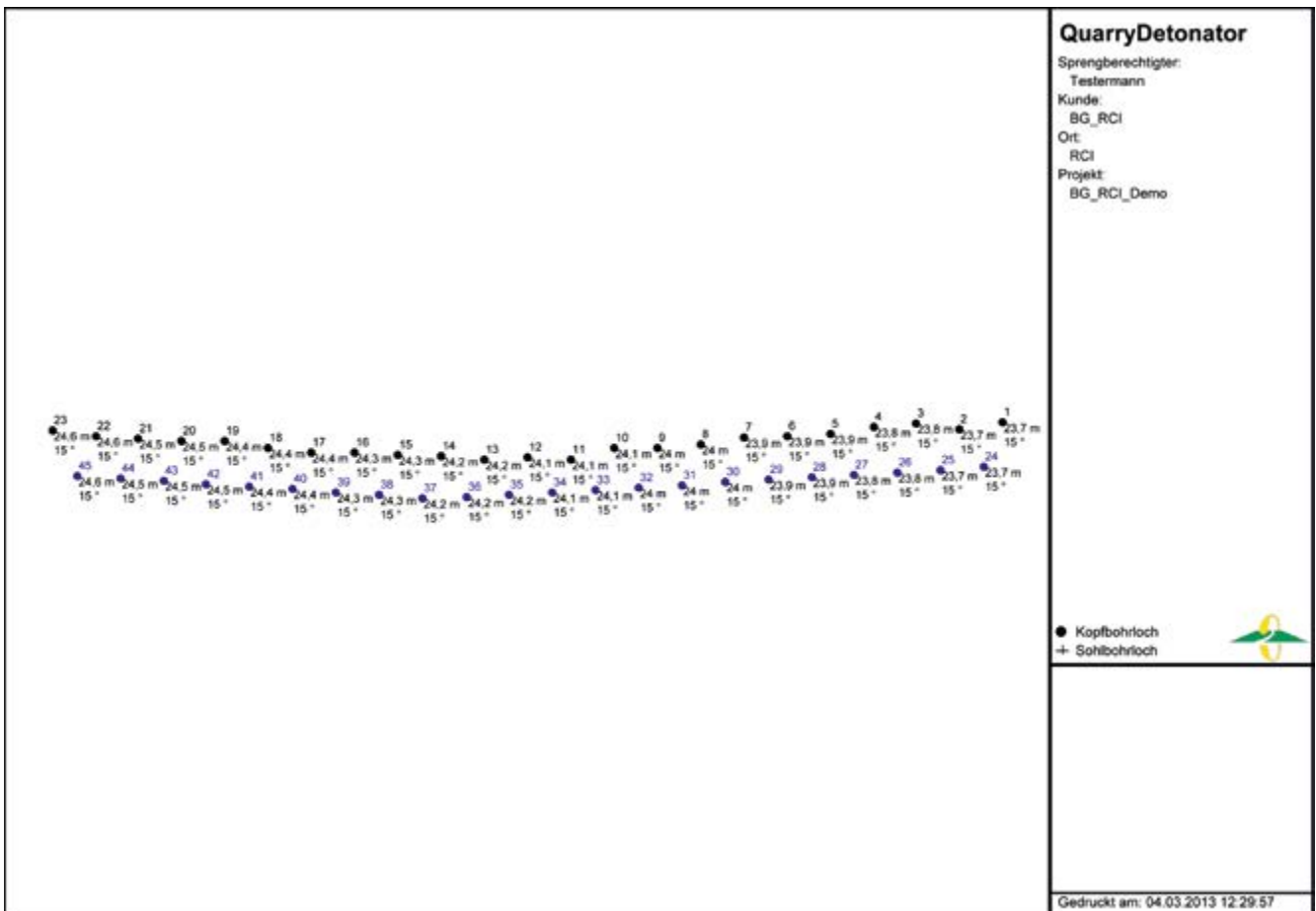


Abb. 27 Bohrplan, Ausdruck aus QuarryDetonator, Quelle geokonzept

**QuarryDetonator Bohrbericht**

Sprengberechtigter: Testermann  
 Kunde: BG\_RCI  
 Ort: RCI  
 Bohrdurchmesser: 110 mm

Projekt: BG\_RCI\_Demo  
 Gedruckt am: 04.03.2013 12:30:21

Bohrunternehmen: geo  
 Bohrgerät: F6  
 Bohrgeräteführer: Mustermann

Seite: 1 von 4



\*\* + = zur Wand / - = weg von der Wand

Alle Einheiten in Meter, falls nicht anders angegeben

Bohrloch	Länge gesamt	Unterbohrung	Länge geprüft	Bohrwinkel *	Winkel geprüft	Abstand v. Marker	Offset**	Az	Bemerkung
1*	23,7	-8,0	14,8	15	19,9	0,0	-4,5	18,9	Bohrloch nicht ladefähig
2*	23,7	-0,2	22,5	15	14,8	4,0	-5,1	66,8	
3*	23,8	-0,3	22,4	15	15,2	8,0	-4,6	62,7	
4*	23,8	0,1	22,9	15	15,0	12,0	-5,0	65,6	
5*	23,9	-1,0	21,8	15	15,3	16,0	-5,7	65,6	
6*	23,9	1,0	23,9	15	14,7	20,0	-5,9	66,5	
7*	23,9	-0,5	22,4	15	15,3	24,0	-6,1	63,0	
8*	24	-0,2	22,8	15	15,1	28,0	-6,7	64,5	
9*	24	-0,7	22,5	15	17,0	32,0	-7,1	70,1	
10*	24,1	-0,3	22,8	15	15,6	36,0	-7,2	62,6	
11*	24,1	0,0	23,1	15	15,1	40,0	-8,3	66,2	
12*	24,1	-1,2	21,8	15	14,2	44,0	-8,1	64,6	
13*	24,2	-1,5	21,6	15	15,3	48,0	-8,3	62,3	
14*	24,2	-1,2	22,0	15	15,4	52,0	-8,0	63,8	
15*	24,3	-0,3	22,9	15	15,0	56,0	-8,0	63,2	
16*	24,3	-0,4	22,8	15	14,6	60,0	-7,8	64,2	
17*	24,4	0,1	23,5	15	15,7	64,0	-7,8	62,4	
18*	24,4	0,4	23,8	15	14,9	68,0	-7,4	64,0	
19*	24,4	0,4	23,9	15	15,7	72,0	-6,8	62,3	
20	24,5	1		15		76,0	-6,8	74	Bohrloch konnte nicht mit Sonde vermessen werden
21*	24,5	0,0	23,5	15	14,9	80,0	-6,7	59,8	
22*	24,6	0,1	23,9	15	17,4	84,0	-6,5	55,2	
23*	24,6	-0,1	23,9	15	18,2	88,0	-6,0	107,4	
24	23,7	1		15		2,0	0,0	70,2	
25	23,7	1		15		6,0	0,0	70,2	
26	23,8	1		15		10,0	0,0	70,2	
27	23,8	1		15		14,0	0,0	70,2	
28	23,9	1		15		18,0	0,0	70,2	
29	23,9	1		15		22,0	0,0	70,2	
30	24	1		15		26,0	0,0	70,2	

Abb. 28 Bohrprotokoll, Ausdruck aus QuarryDetonator, Quelle geokonzept

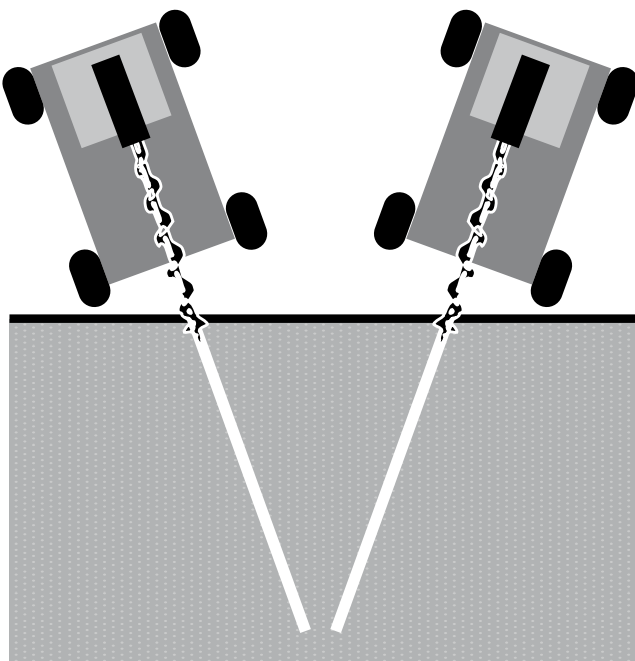


Abb. 29 Fehler durch falsches Aufstellen des Bohrgeräts

**5.2. Herstellen der Bohrlöcher**

Ein sorgfältiges Einrichten des Bohrgeräts ist Voraussetzung für ein einwandfreies Bohrergebnis.

Zunächst muss das Bohrgerät waagrecht aufgestellt und die Lafette senkrecht auf die Bruchwand ausgerichtet werden, damit die Bohrlöcher nicht von der beabsichtigten Richtung abweichen (Abbildung 29).

Fehlerhafte Bohrlöcher in der Bohrlochebene haben zur Folge:

- Steinfluggefahr durch geballte Ladung bei zusammenlaufenden Bohrlöchern,
- stehenbleibende Zehen durch auseinanderlaufende Bohrlöcher
- schlechte Stückigkeit des Haufwerks
- erhöhte Erschütterungen.

Die Lafette des Bohrgeräts muss auf den erforderlichen Neigungswinkel ausgerichtet werden. Ein einmaliges

Einrichten zu Beginn der Bohrarbeiten genügt nicht, die Neigung der Lafette kann sich durch die Erschütterungen der Maschine ändern. Daher muss nach einigen Bohrmeter nachgerichtet werden.

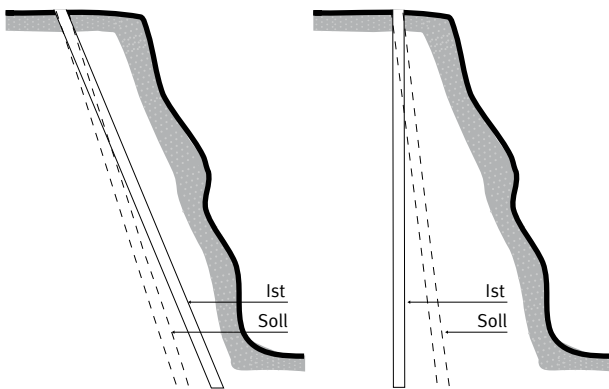


Abb. 30 Nach vorn bzw. nach hinten verlaufendes Bohrloch

Fehler in der Einstellung des Neigungswinkels (Abbildung 30) haben zur Folge:

- Steinfluggefahr bei zu flacher Bohrlochneigung,
- Stehenbleiben des Wandfußes,
- Nichtwerfen der Vorgabe und erhöhte Erschütterungen durch zu steiles Ausrichten.

Weitere Ursachen für Abweichungen des Bohrloches von der gewünschten Richtung können sich ergeben durch:

- Verlaufen des Bohrlochs durch die Schichtung des Gesteins bzw. durch Höhlen und Klüfte,
- unterschiedliche Bohrgenauigkeiten bei verschiedenen Bohrverfahren und Maschinenparametern.

### 5.3. Kontrolle des Bohrlochverlaufs

Um Gefahren durch Steinflug oder nicht vollständiges Werfen der Vorgabe zu vermeiden, sind die Bohrlöcher vor dem Besetzen unbedingt zu kontrollieren. Der freie Durchgang muss gesichert sein, Abweichungen von der beabsichtigten Richtung, Neigung und Tiefe müssen rechtzeitig erkannt werden, um die Lademengenberechnung gegebenenfalls den geänderten Bedingungen anzupassen.

#### 5.3.1. Einfache Hilfsmittel

Mittels Taschenlampe im Bohrloch kann auf einfache Weise ein Verlaufen der Bohrlöcher festgestellt werden (Abbildung 31). Wandert die Lichtquelle beim Herablassen aus dem Gesichtsfeld, liegt eine Abweichung vor, die den Bohrlochdurchmesser übersteigt. Dabei ist die Taschenlampe vorzugsweise an einem Maßband zu befestigen, um festzustellen, bei welcher Tiefe die Abweichung den Bohrlochdurchmesser übersteigt.

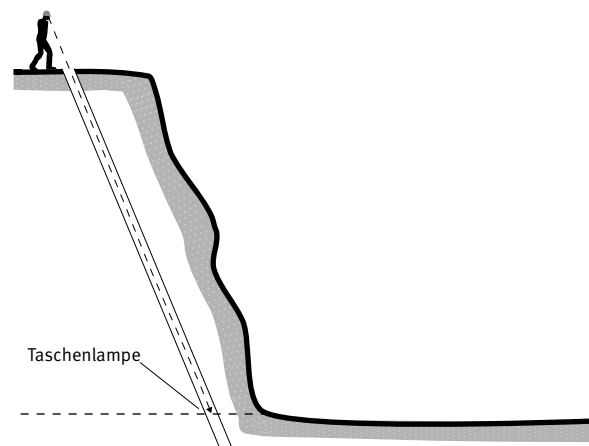


Abb. 31 Kontrolle des Bohrlochs mit einer Taschenlampe

Wenn mit der Taschenlampe der Verlauf des Bohrlochs nicht bis ins Bohrlochtiefe ermittelt werden kann, müssen andere Verfahren angewandt werden.

Durch Ausleuchten des Bohrlochs (z. B. Spiegel oder Handscheinwerfer) können der freie Durchgang und mögliches Verlaufen überprüft werden. Diese einfachen Verfahren sind auf den trockenen Teil von Bohrlöchern beschränkt.

Mit dem Handgefällmesser kann die Bohrlochneigung gemessen werden, die Tiefe wird mit dem Bandmaß überprüft (Abbildung 32).

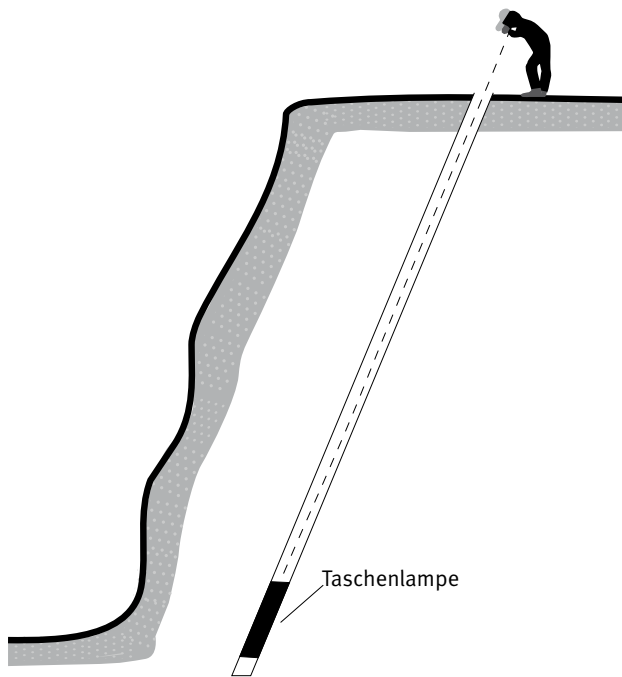


Abb. 32 Kontrolle der Bohrlochneigung

### 5.3.2. Vermessung des Bohrlochverlaufs

Richtungsbezogene Bohrlochmessungen können nur mit Bohrlochvermessungssystemen durchgeführt werden (Abbildung 33). Die Daten können mit einer Laser-Wandvermessung kombiniert werden.



Abb. 33 Bohrlochvermessungssystem, Quelle: geokonzept



Mit Hilfe eines Rechners können Neigungswinkel, Tiefen und Abweichungen vom geplanten Verlauf ausgewertet und dargestellt werden (Abbildungen 34 - 36).

Durch die Bohrlochvermessung wird der Sprengberechtigte in die Lage versetzt, die Verteilung des Sprengstoffs den tatsächlichen Vorgaben anpassen zu können.

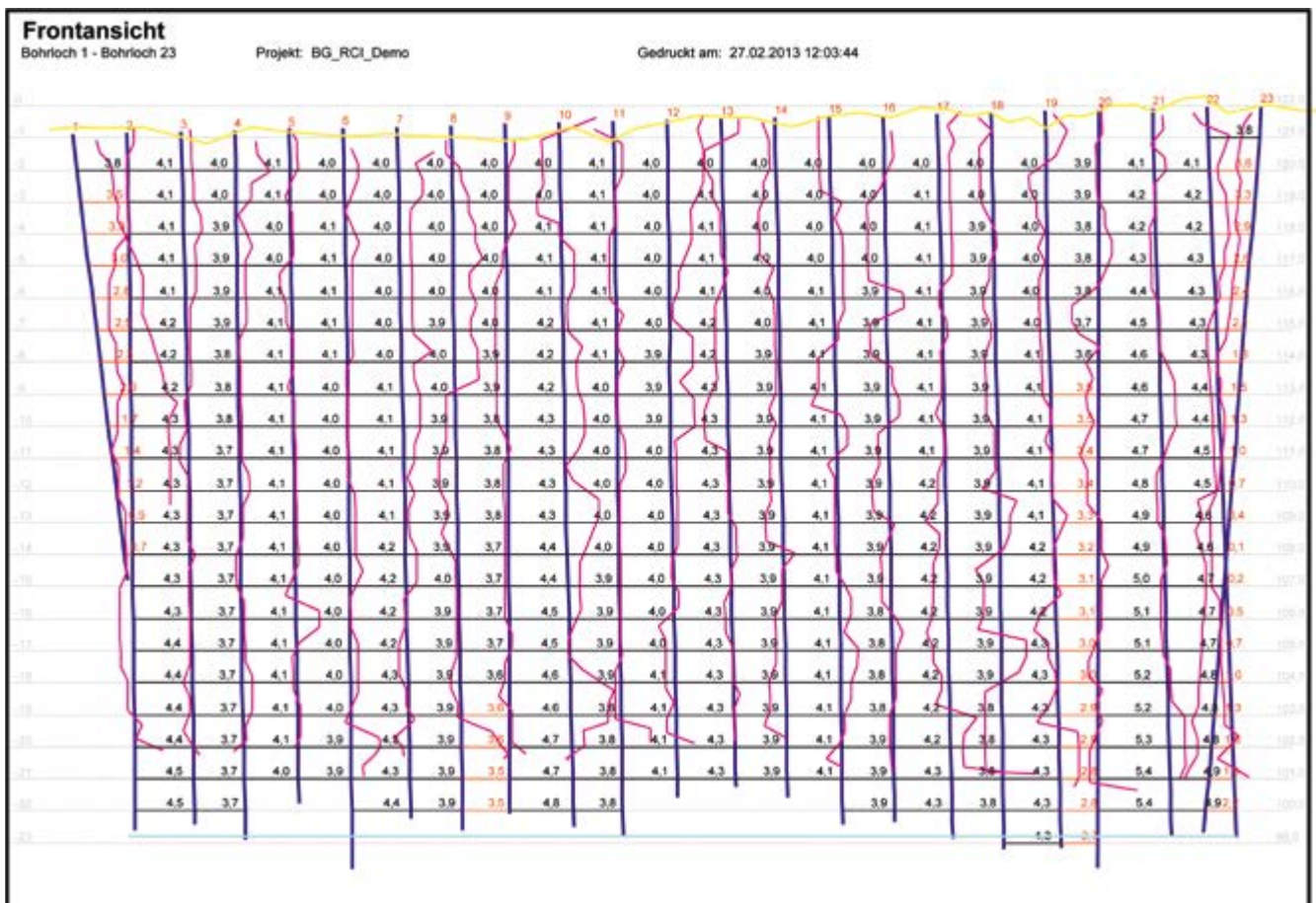


Abb. 34 Tatsächlicher und geplanter Verlauf von Bohrlöchern in der Ansicht Quelle: Quarry X geokonzept

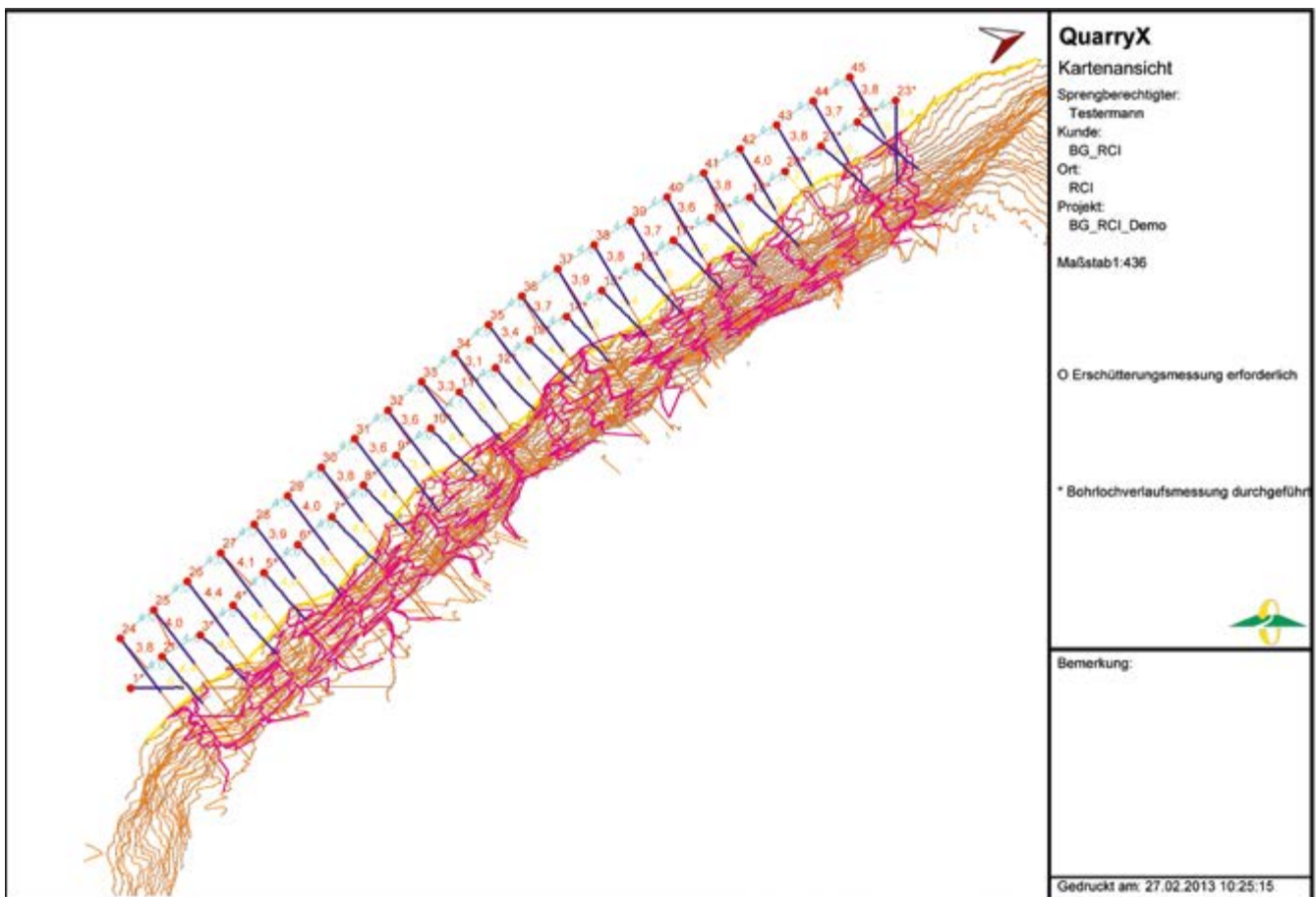


Abb. 35 Tatsächlicher und geplanter Verlauf von Bohrlöchern im Grundriss Quelle: Quarry X geokonzept

## QuarryX

Sprengberechtigter: Testermann  
Kunde: BG\_RCI  
Ort: RCI  
Bohrloch 23 von 45

Projekt: BG\_RCI\_Demo

Gedruckt am: 05.03.2013 07:48:31  
Maßstab: 1:175

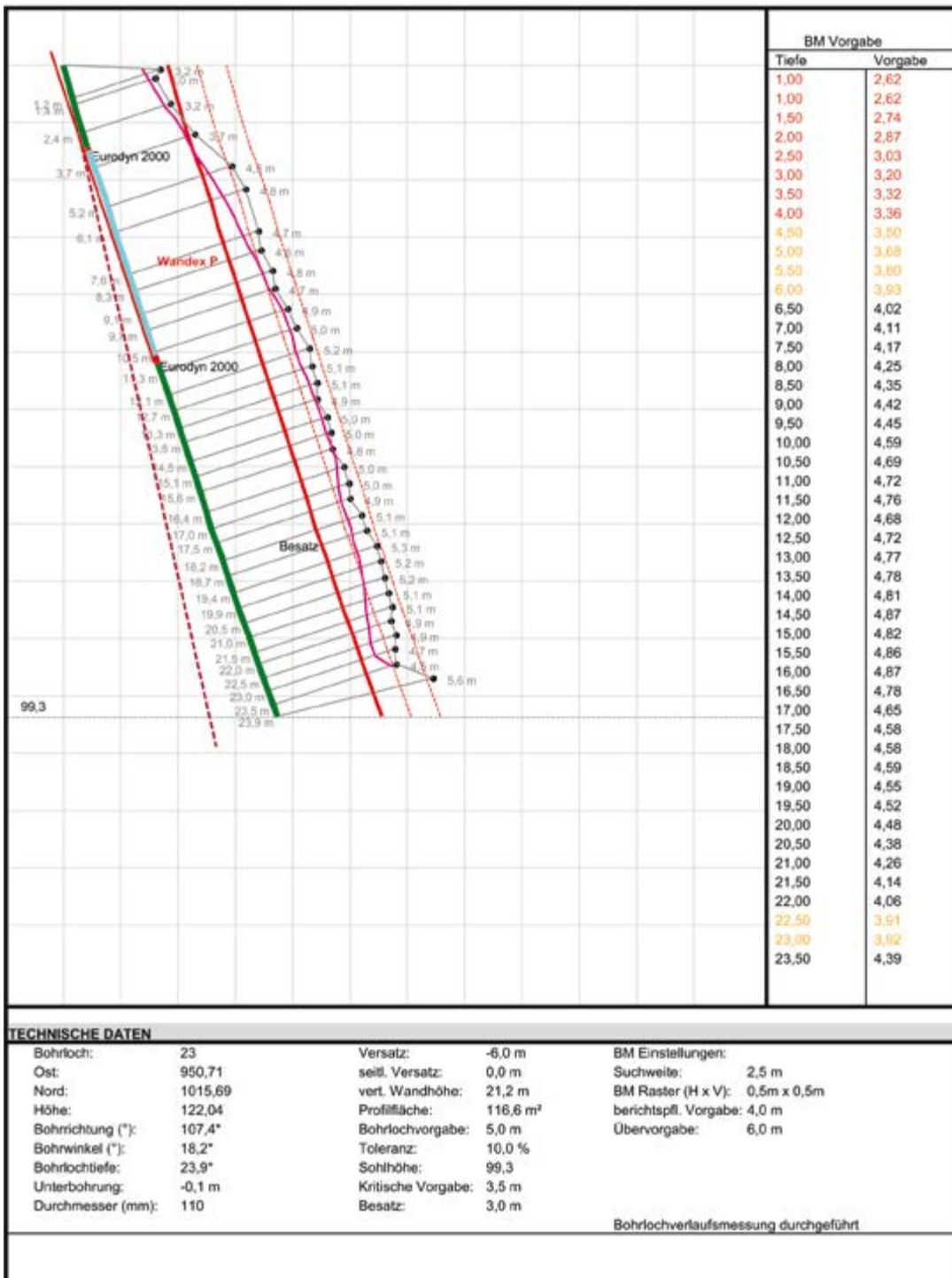


Abb. 36 Tatsächlicher und geplanter Verlauf von Bohrlöchern im Profil, Quelle: QuarryX, geokonzept

### 5.3.3. Fußvorgabe – Messsysteme

Die Vorgabe am Wandfuß kann mit verschiedenen Messsystemen (z. B. DIADEME, Tepex) direkt gemessen werden.

Die Systeme bestehen aus Sender und Empfänger, der sich im Bohrloch befindet bzw. vor die Bruchwand gehalten wird. Der Abstand zwischen Sender und Empfänger wird direkt angezeigt bzw. die Vorgabe wird errechnet.



Abb. 37 Messsystem Tepex ML1, Quelle: Sylatec

# Anhang 1

**Tabelle 1:**

**Ungefähre Patronenlänge im Bohrloch nach Laden im freien Fall (aufgrund praktischer Versuche)**

Sprengstoffart	Patronen			Ladesäulenlänge in cm bei einem Bohrloch- $\phi$ von				
	$\phi$ [mm]	Länge [cm]	Gewicht [kg]	60 mm	70 mm	80 mm	90 mm	100 mm
Gelatinöse Gesteins-Sprengstoffe	50	42	1,25	35	30	–	–	–
	65	50	2,50	–	–	40	35	30
	80	70	5,00	–	–	–	60	50
Nichtgelatinöse Gesteins-Sprengstoffe	65	75	2,50	–	–	65	60	50

Abb. 38 Ungefähre Patronenlänge im Bohrloch nach Laden im freien Fall (aufgrund praktischer Versuche)

**Tabelle 2:**

**Lademenge je Bohrlochmeter bei Verwendung von losen Sprengstoffen**

Bohrloch		Inhalt in Liter je m [l/m]	Pulverförmige Sprengstoffe mit der Dichte (kg/dm <sup>3</sup> )		Sprengschlämme mit der Dichte (kg/dm <sup>3</sup> )		
$\phi$ [mm]	Fläche [dm <sup>2</sup> ]		0,85	0,95	1,0	1,25	1,50
64	0,322	3,22	2,7	3,1	3,2	4,0	4,8
76	0,454	4,54	3,8	4,3	4,5	5,7	6,8
80	0,503	5,03	4,3	4,8	5,0	6,3	7,6
85	0,567	5,67	4,8	5,4	5,7	7,1	8,5
93	0,679	6,79	5,8	6,4	6,8	8,5	10,2
100	0,785	7,85	6,7	7,5	7,9	9,8	11,8
113	1,003	10,03	8,5	9,5	10,0	12,5	15,0
150	1,767	17,67	15,0	16,8	17,7	22,1	26,5

Abb. 39 Lademenge je Bohrlochmeter in [kg/m] bei Verwendung von losen Sprengstoffen

# Anhang 2: Formelsammlung

## Handgefällmesser:

**Rechnerische Wandhöhe:**  $h_N = \frac{s_H \times P_1 \times P_2}{100 \times (P_2 - P_1)}$

**Tatsächliche Wandhöhe:**  $h = h_N + h_A$

Vereinfachungen:

$s_H = 10 \text{ m}$  und  $P_2 = 100\%$ :  $h_N = \frac{10 \times P_1}{100 - P_1}$

$P_1 = 80\%$  und  $P_2 = 100\%$ :  $h = 4 \times s_H + h_A$

$P_1 = 100\%$  und  $P_2 = 120\%$  oder

$P_1 = 120\%$  und  $P_2 = 150\%$ :  $h = 6 \times s_H + h_A$

**Wandfußvorsprung:**  $b = \frac{100 \times h_N}{P_2} - s_u$

**Wandneigung:**  $\beta = \arctan \frac{h}{b}$

**Bohrlochlänge:**  $l_{BL} = \frac{h}{\sin \beta_{BL}}$

**Ausbruchvolumen:**  $V_A = n \times a \times v_m \times h$

**Lademenge:**  $L = V_A \times q$

# Anhang 3: Formblätter

## Handgefällmessverfahren Mess- und Auswertprotokoll

Messwerte	Festwerte:	Augenhöhe $h_A =$ m		Messbasis $s_H =$ m		Rechenwerte				
		Steigung $P_1$ [%]	Steigung $P_2$ [%]	Abstand $P_2$ – Wandfuß $s_w$ [m]	rech. Wandhöhe $h_N$ [m]	Wandhöhe $h$ [m]	Wandfußvorsprung $b$ [m]	$\tan \beta = h/b$	Wandneigung $\beta$ [°]	
Schnitt (Profil) Nr.	Seitenabstand zwischen den Profilen $a$ [m]									
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										

**Volumen- und Lademengenberechnung**

Bohrloch- durchmesser	Neigungs- winkel des Bohrloches [°]	Seitenabstand zwischen den Bohrlöchern [m]	Sprengstoff- bedarf q (kg/m <sup>3</sup> )	Wandhöhe h [m]	Ausbruch- volumen V [m <sup>3</sup> ]	Patronen- länge	Lademenge L [kg]	Patronenzahl z	Bohrlochlänge l <sub>B</sub> [m]	Max. Ladesäule	Zwischen- besatz
Schnitt- (Profil) Nr.			mittlere Vorgabe v <sub>m</sub> [m]								
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											









Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40  
10117 Berlin  
Tel.: 030 288763800  
Fax: 030 288763808  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)