

**SCHOLLENBERGER  
KAMPFMITTELBERGUNG**



# SCHOLLENBERGER KAMPFMITTELBERGUNG

Was muss bei Auswertung von  
geomagnetischen Bohrlochsondierungen  
beachtet werden?

Tobias Adamitz; [tobiasadamitz@schollenberger.de](mailto:tobiasadamitz@schollenberger.de)

# SCHOLLENBERGER KAMPFMITTELBERGUNG GMBH

## Arbeitsgebiete

- Kampfmittelsuche mittels Oberflächen- und Tiefensondierverfahren mittel Geomagnetik, Elektromagnetik und Radar zu Land, Luft und Wasser
- Archäologische Prospektion
- Leitungsdetektion
- Vermessung und Dokumentation u.a. Bestandsaufnahmen für BIM mittels Laserscan, Photogrammetrie und LiDAR
- Sprengungen und Entsorgung
- Projektmanagement

## Zertifizierungen:

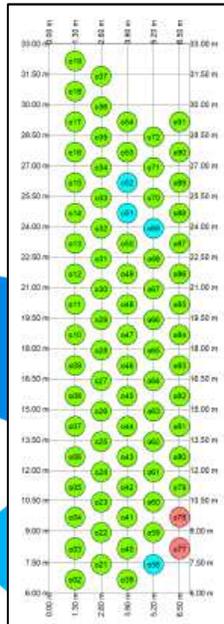
- DAkkS DIN EN ISO 17025:2018
- PQ Präqualifiziert
- SCC Sicherheitszertifizierung
- DEKRA
- Gütegemeinschaft Kampfmittelbergung

**SCHOLLENBERGER  
KAMPFMITTELBERGUNG**



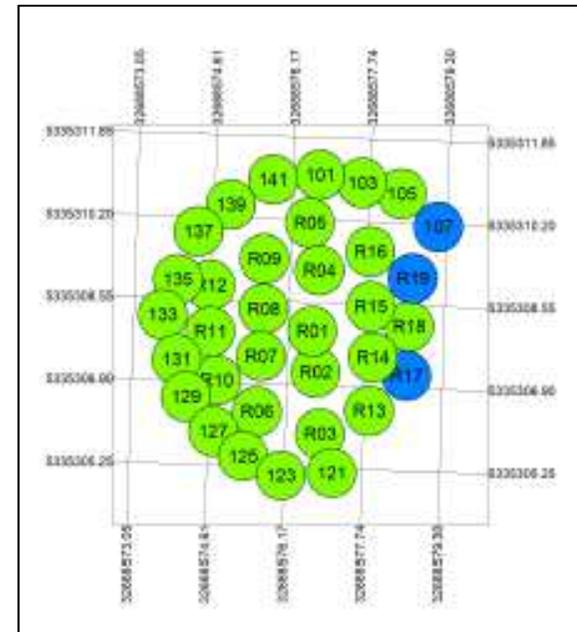
# GRUNDLAGEN FÜR DIE AUSWERTUNG

- Ermittlung des Bohrlochabstandes in Abhängigkeit des örtlichen Rauschens und dem zu erwartenden Signal (Bombengröße)
- Referenzierung der Bohrlöcher lokale (kartesische) Koordinaten



vs

georeferenzierte Koordinaten



## GRUNDLAGEN FÜR DIE AUSWERTUNG

- **Globale Referenzierung über amtliches Koordinatensystem (UTM ETRS89)**
  - **Qualitätsprüfung und Sicherstellung der Vermessungsgenauigkeit**
  - **Abgleich des Vermessungssystems über amtlichen Lagefestpunkt (AFIS)**
  - **Information über Teufenermittlung und Rohrüberstand**
  - **Information über verwendetes System (Hersteller / Modell / letzte Überprüfung)**
  - **Prüfabgleich des Sensors z.B. mittels definierten Prüfkörper**
  - **Vermessung örtlicher Störungen (Gebäude, Straßenlaternen, Schächte, Schienen, etc.)**
  - **Erkenntnisse über Bodenschichtung**
  - **zu erwartende Bombenhorizont**
  - **Prüfung der BL-Bezeichnungen (Vorgabe der Bezeichnung)**
- Einheitliche Benennung, eindeutige Zuordnung, keine Zwillinge**

## BEWERTUNG VON SIGNATUREN

**Was kann in geomagnetischen Tiefensondierungen sicher detektiert werden?  
Nur große Objekte ab einer Größe von „50 kg/100 lbs“-Bomben (Klassifizierung ≠ echtes Gewicht).**

**Was ist mit kleineren Objekten?**

**Aufgrund der zu geringen magnetischen Masse nicht sicher Detektierbar.**

**Welche Parameter sind für die Objektsuche relevant?**

- **magnetischer Feldvektor (Addition der remanenten und induzierten Magnetisierung)**
- **Störeinflüsse (geophysikalische und systematische)**
- **verwendeter Bohrlochabstand**

## PARAMETER VON GESUCHTEN OBJEKTEN

**Wie entsteht ein Spurendiagramm?**

**Bei den Differenzmessverfahren wird das umliegende Magnetfeld durch zwei übereinander liegenden Sensoren erfasst und die Differenz gebildet. Das erfasste Magnetfeld besteht aus der Addition von remanenten und induzierten Magnetfeldern**

**Aus welcher Richtung kommt das Signal?**

**360°. Die Magnetik ist nicht Richtungssensitiv, so dass eine Richtung nicht abgeleitet werden kann.**

## TYPISCHE MAGNETISCHE MOMENTE UXO

Objekt	Magnetisches Moment	Bemerkung
Granate 60 mm	0,01 .. 0,2 Am <sup>2</sup>	Quelle: Billings 2002.
Granate 76 mm	0,03 .. 0,4 Am <sup>2</sup>	Quelle: Billings 2002.
Granate 81 mm	0,05 .. 0,5 Am <sup>2</sup>	Quelle: Billings 2002.
Werfergranate 81 mm	0,45 Am <sup>2</sup>	Quelle: Sanchez 2006.
Granate 105 mm	1 Am <sup>2</sup>	Erwartete Größe des magnetischen Moments für diese Objektgröße. Quelle: Clem 2004.
Granate 122 mm	0,49 .. 0,82 Am <sup>2</sup>	Mit unterschiedlichen Methoden aus unterschiedlichen Messdaten für eine 122-mm-Sprenggranate berechnetes magnetisches Moment. Quelle: SENSYS 2009 (eigene Berechnungen).
Granate 155 mm	> 0,7 .. ca. 4,0 Am <sup>2</sup>	Quelle: Billings 2002.
Bombe 50 kg	2 .. 4 Am <sup>2</sup>	Achtung: nur induzierter Anteil der Magnetisierung betrachtet! Tatsächliches Moment meist höher, weil sich induzierter und permanenter Magnetisierungsanteil vektoriell addieren! Quelle: Zhang 2006.
Bombe 100 lbs.	2,5 Am <sup>2</sup>	Quelle: Salem 2005.
Bombe 100 lbs.	6,5 Am <sup>2</sup>	Quelle: Gerovska 2004.
Bombe 250 lbs.	19,7 Am <sup>2</sup>	Simulationskörper für 250-lbs-Bombe. Quelle: Gerovska 2004.
Bombe 250 lbs.	13,7 Am <sup>2</sup>	Simulationskörper für 250-lbs-Bombe. Quelle: Gerovska 2004.
Bombe 250 kg	7 .. 12 Am <sup>2</sup>	Achtung: nur induzierter Anteil der Magnetisierung betrachtet! Tatsächliches Moment meist höher, weil sich induzierter und permanenter Magnetisierungsanteil vektoriell addieren! Quelle: Zhang 2006.
Bombe 500 lbs.	30 Am <sup>2</sup>	Quelle: Weinstock 1996.
Bombe 500 kg	15 .. 20 Am <sup>2</sup>	Achtung: nur induzierter Anteil der Magnetisierung betrachtet! Tatsächliches Moment meist höher, weil sich induzierter und permanenter Magnetisierungsanteil vektoriell addieren! Quelle: Zhang 2006.
Bombe 1000 kg	30 .. 50 Am <sup>2</sup>	Achtung: nur induzierter Anteil der Magnetisierung betrachtet! Tatsächliches Moment meist höher, weil sich induzierter und permanenter Magnetisierungsanteil vektoriell addieren! Quelle: Zhang 2006.
Bombe 2000 lbs.	100 Am <sup>2</sup>	Erwartete Größe des magnetischen Moments für diese Objektgröße. Quelle: Clem 2004.
UXO allgemein	3 .. 30 Am <sup>2</sup>	Erwartete Größe für UXO auf einem ehemaligen Truppenübungsplatz. Es ist davon auszugehen, dass kleinkalibrige Munition und große Bombenblindgänger nicht berücksichtigt sind. Quelle: Clem 2004.

## REALE FUNDE SK - 15 JAHRE (NACH AM<sup>2</sup> SORTIERT)

Fund	Nation	Tiefe [m]	Durchmesser [m]	Volumen [l]	Am <sup>2</sup>	Q
500 lbs	US	9,24	0,35	21,60	2,52	0,94
500 lbs	US	3,82	0,43	42,20	4,94	0,91
150 lbs	US	3,67	0,43	42,70	4,99	0,90
500 lbs	GB	4,58	0,52	71,60	8,37	0,75
500 lbs	US	4,63	0,53	79,40	9,29	0,83
500 lbs	US	4,53	0,54	82,00	9,59	0,80
500 lbs	GB	4,17	0,58	100,00	11,70	0,85
250 lbs		1,61	0,58	100,40	11,74	0,57
500 lbs	GB	6,23	0,60	114,10	13,34	0,68
250 lbs		3,56	0,62	125,80	14,71	0,54
500 lbs	US	4,42	0,64	139,70	16,34	0,64
1000 lbs	US	7,04	0,65	146,70	17,16	0,52
1000 lbs	US	6,97	0,65	146,70	17,16	0,63
500 lbs	GB	8,41	0,67	159,40	18,65	0,75
1000 lbs	US	7,05	0,68	165,70	19,38	0,52
1000 lbs	GB	6,05	0,70	176,00	20,59	0,80
500 lbs	GB	8,02	0,71	189,00	22,11	0,95
500 lbs	US	6,02	0,71	190,40	22,28	0,73
500 lbs	GB	2,97	0,73	202,10	23,64	0,59
1000 lbs	US	6,31	0,75	220,40	25,79	0,53
500 lbs	GB	5,34	0,78	248,60	29,08	0,82
500 lbs	GB	4,29	0,79	256,00	29,95	0,65
500 lbs	GB	9,10	0,80	265,90	31,11	0,69
100 lbs		2,43	0,80	270,00	31,44	0,89

## REALE FUNDE (ZUSAMMENSTELLUNG SENSYS)

Quelle	Bombentyp	Klasse	Magnetisches Moment [Am <sup>2</sup> ]	Tiefe uGOK [m]	Berechnungsqualität Q [-]	Bemerkungen
Fa. SENSYS	SC 70	50 kg	4	2,4	0,98	
KMBD BBG	500 lbs.	250 kg	16	3,0	0,86	
KMBD BBG	500 lbs.	250 kg	22	4,0	0,83	
Fa. GFKB	GP500	250 kg	23	3,9	0,66	
Fa. SENSYS	GP500	250 kg	24	2,8	0,61	Zerscheller
Fa. GFKB	GP500	250 kg	27	5,5	0,84	
KMBD BBG	500 lbs.	250 kg	30	4,6	0,74	
KMBD BBG	500 lbs.	250 kg	31	4,6	0,78	
Fa. GFKB	SAP500	250 kg	34	3,3	0,79	
Fa. SENSYS	GP500	250 kg	37	4,7	0,74	
KMBD BBG	500 lbs.	250 kg	45	3,2	0,69	
Fa. GFKB	1000 lbs.	500 kg	22	7,0	0,81	
Fa. SENSYS	GP1000	500 kg	46	2,8	0,71	
Fa. GFKB	1000 lbs.	500 kg	129	3,8	0,72	

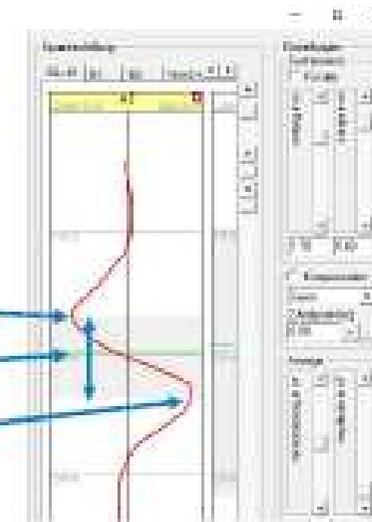
Quelle: „Schulung Bohrlochsondierung“, Fa. Sensys

# BERECHNUNG VON ANOMALIEN

## Bohrlochmessdaten Berechnungsergebnisse

- X-, Y-, Z- Position des Objektes
- „Durchmesser“ und „Volumen“ des im Berechnungsmodell verwendeten Körpers (Eisenkugel)
- „Inklination“ der Dipolachse des Körpers
- „Mag. Moment“ mit der Übereinstimmung (Qualität) der aus den drei markierten Signaturen berechneten Objekte
- 1,00 = 100% Übereinstimmung
- 0,30 = keine Übereinstimmung
- wählbar: „Name“ und „Status“ für das Objekt

Parameter	Wert
X	100000
Y	100000
Z	100000
Diameter	1000
Volume	1000000
Inclination	45
Mag. Moment	100000000
Name	
Status	



Größenordnung	Typisches magnetisches Moment
50 kg / 100 lbs	2 ... 8 Am <sup>2</sup>
125 kg / 250 lbs	6 ... 20 Am <sup>2</sup>
250 kg / 500 lbs	15 ... 80 Am <sup>2</sup>
500 kg / 1.000 lbs	20 ... 130 Am <sup>2</sup>
1.000 kg / 2.000 lbs	30 ... 200 Am <sup>2</sup>

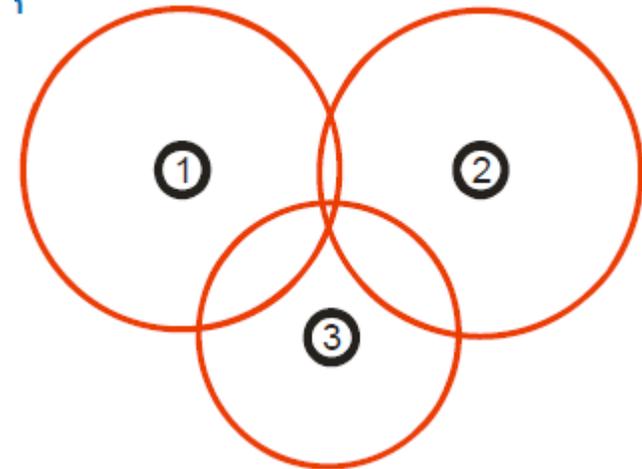
Quelle: „Bohrlochschulung“, Fa. Sensys 2021

## LAGE

**Berechnung der Lage und Tiefe aus den Spurendiagrammen**  
**Tripelverfahren zur Positionsbestimmung**  
**Objektparameter über Dipolberechnung**

### **Fehlereinflüsse**

**Störeinflüsse aus der Umgebung**  
**systematische Störeinflüsse**  
**Lagegenauigkeit der Bohrungen zueinander**  
**vertikale Abweichung zur senkrechten**  
**unterschiedliche Messdurchführungen**



## DURCHMESSER UND VOLUMEN

### Berechnung anhand des Dipols

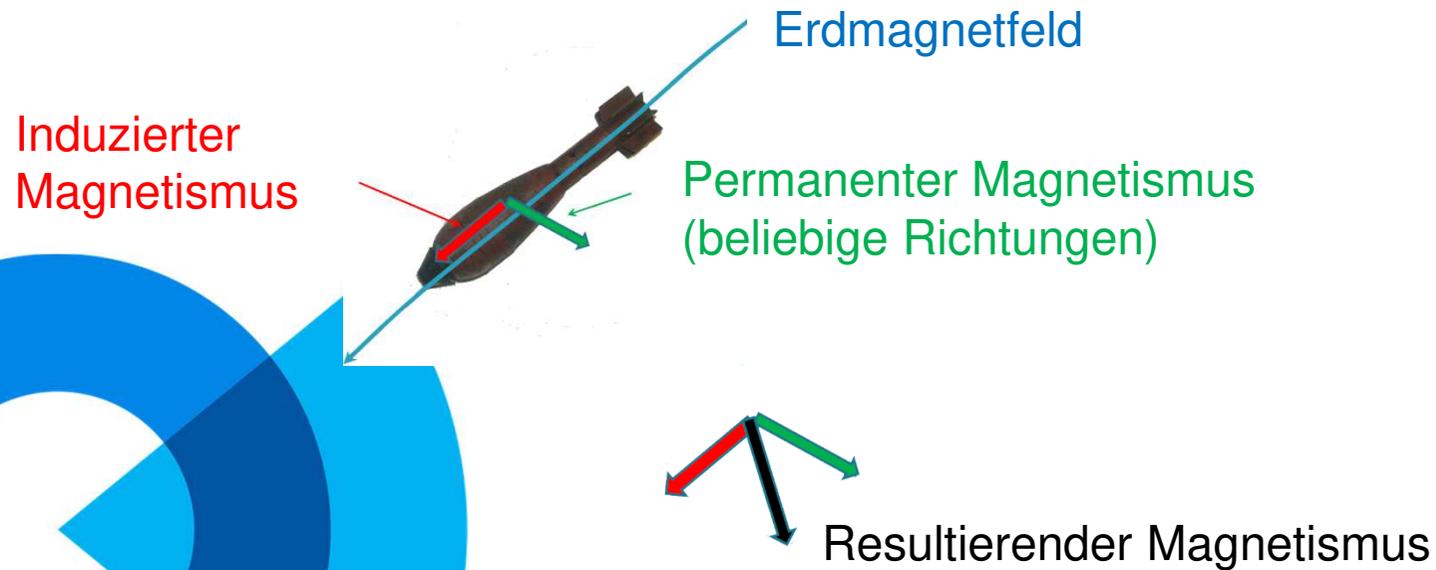
Aufgrund fehlender Informationen über die Ausrichtung des Objektes wird ein mathematisches Kugelmodell simuliert.

Die berechneten Werte sind daher als Annäherung aber nicht als Ausschlusskriterium zu werten.

## INKLINATION / DEKLINATION

Berechnung der Ausrichtung des resultierenden Magnetfeldvektor ( $\neq$  Objektlage).

Betrachtung mit Vorsicht, da Störeinflüsse das Ergebnis manipulieren können.



## QUALITÄT DER BERECHNUNG

Treffen sich alle drei berechneten Abstände in einem Schnittpunkt. beträgt die Qualität 100%

**Merke:**

Qualität 30% →

schlechte Qualität

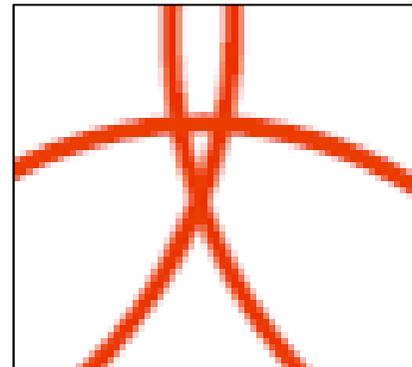
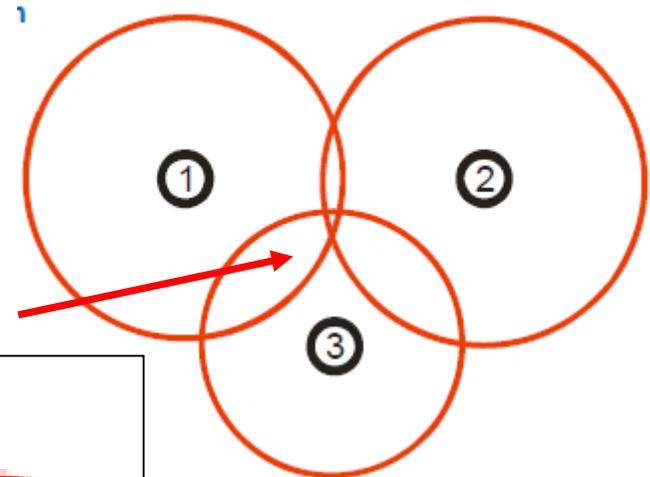
Qualität 60% →

Berechnung aus 2 BL

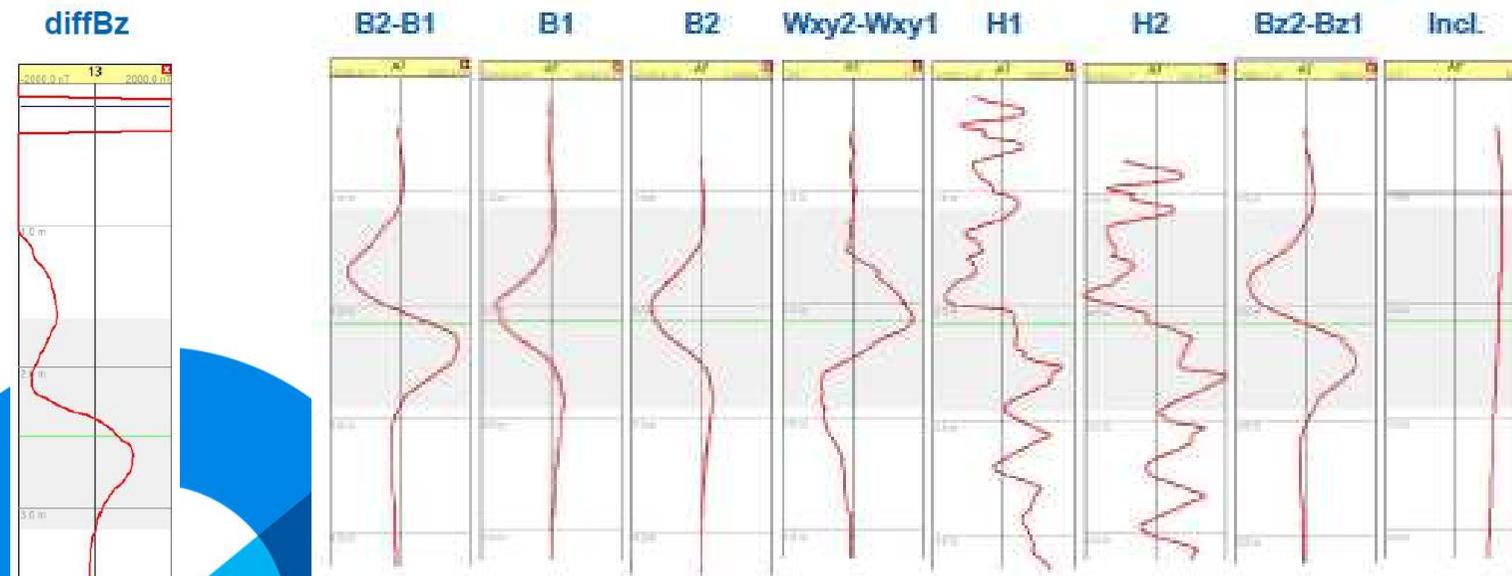
Qualität > 75% →

Gute Berechnung

Schlechte Qualitäten können bedeuten:  
schlechte Lagegenauigkeit der BL  
zu große Abstände zum Objekt  
Objekt zu klein



# UNTERSCHIEDE: VERTIKAL- UND TOTALFELDGRADIOMETER



## ÖRTLICHES RAUSCHEN

Wird der Rauschpegel der örtlichen Umgebung zu groß, muss der Abstand zu einem Objekt verringert werden. Durch die Verringerung des Bohrlochabstandes wird das zu messende Signal (Abnahme des Magnetfeldes  $B_Z = \frac{1}{d^4}$ ;  $B_T = \frac{1}{d^3}$ ) stärker.

Derzeitige Berechnungsgrundlage (BFR-KMR):  
Fleischmann und Wegener 1954:

$$d = \sqrt{3} \times 0,6 \times \sqrt[3]{\frac{V_{Bombe}}{R_{Umgebung}}}$$

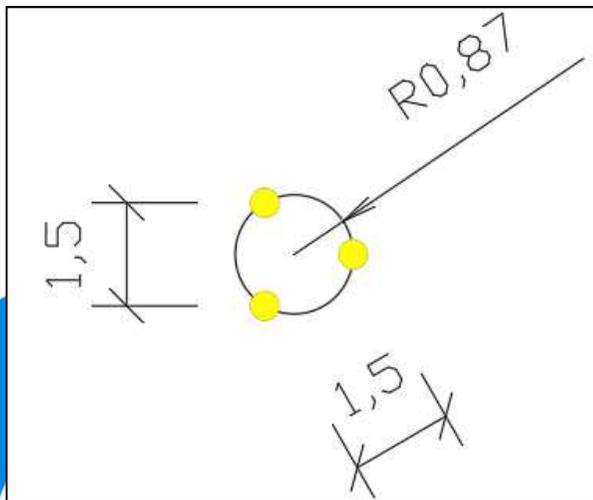
**d=** BL-Abstand im gleichseitigen Dreieck

**V=** Volumen der Bombe [m<sup>3</sup>]

**R=** Signal-/Rauschverhältnis

## BEISPIELE SIMULIERTER MESSGRÖßEN

**Betrachtung der reinen induzierten Magnetisierung  
Abstand 0,866m (maximaler Abstand zum Objekt im BL-Tripel bei 1,50m Kantenlänge)**



Klassifizierung	Am <sup>2</sup>	Zu erwartende Amplitudengröße +/- [nT]
100 lbs	2	150
	8	720
250 lbs	6	540
	20	1800

## BOHRLOCHSONDIERUNG IN DER PRAXIS

Präsentation der Bohrlochsondierung im Aussenbereich

Betrachtung von realen Messdaten aus der Praxis sowie zusätzliche Auswertemöglichkeiten im Bereich der Totalfeldmessungen (Auswertung der Nahfeldkomponenten).

Sie haben weiterführende Fragen?

Fa. Geofact  
Heinrich Krümmel

0228 / 25 71 02

[h.krueffel@geofact.de](mailto:h.krueffel@geofact.de)

Fa. Schollenberger Kampfmittelbergung

Tobias Adamitz

05141 / 88 88 4 53

[tobiasadamitz@schollenberger.de](mailto:tobiasadamitz@schollenberger.de)



**KONTAKT**

SCHOLLENBERGER Kampfmittelbergung GmbH  
Industriestraße 4a  
29227 Celle  
[schollenberger.de](http://schollenberger.de)

**SCHOLLENBERGER  
KAMPFMITTELBERGUNG**



**SOCOTEC**

