

# Oberfinanzdirektion Niedersachsen

Bau und Liegenschaften

30169 Hannover

Waterloostr. 4

Tel.: 0511 / 101 - 3357

Fax: 0511 / 101 - 2499



## Arbeitshilfen Kampfmittelräumung

Sprengversuche 2005

AHKMR\_0010

Abschlussbericht

Hannover, 27. Februar 2012

Im Auftrag

(A. Müller)

Erstellt durch:

Mathias Muckel

Beratender Ingenieur, Sachverständiger

Löwenstr. 16

30175 Hannover

Tel: 0163 / 544 34 34

Hannover, 27. Februar 2012

(M. Muckel)

Mull und Partner

Ingenieurgesellschaft mbH

Joachimstraße 1

30159 Hannover

Tel: 0511 / 123559 - 0

Hannover, 27. Februar 2012

(A. Bernhardt)



Ex. \_\_\_ von \_\_\_



Auftrag: Arbeitshilfen Kampfmittelräumung  
Sprengversuche 2005  
Abschlussbericht

Projektnummer: AHKMR\_0010

Auftragsdatum: 14.06.2010

Auftraggeber: Oberfinanzdirektion Niedersachsen, Waterloostraße 4, 30169 Hannover

Auftragnehmer: Mathias Muckel, Beratender Ingenieur, Sachverständiger  
Löwenstr. 16, 30175 Hannover

Berichtersteller: Mathias Muckel

Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH.  
Joachimstraße 1, 30159 Hannover

Berichtersteller: Andreas Bernhardt

Berichtsdatum: 27.02.2012

Seitenzahl: I – IV und 1 - 49

Abbildungen: 21

Tabellen: 15

Anhänge: Anhang 1 mit 65 Seiten



## Inhalt

1.	Einleitung.....	1
2.	Ziele.....	2
3.	Projektorganisation .....	4
4.	Durchführung.....	5
4.1	Zusammenfassende Beschreibung.....	5
4.2	Beschreibung der Versuche auf Usedom (Phase 1).....	5
4.3	Sprengplatz.....	8
4.4	Visuelle und fachliche Dokumentation.....	9
4.5	Auswahl und Vorbereitung der Kampfmittel .....	10
4.6	Bodenmechanische Untersuchungen / Einbau Kampfmittel.....	13
4.6.1	Einleitung .....	13
4.6.2	Durchführung / Ergebnisse.....	14
5.	Durchgeführte Versuche.....	19
5.1	Messungen des Luftdrucks .....	20
5.1.1	Einleitung .....	20
5.1.2	Ergebnisse .....	20
5.2	Trichterbildung und Ausblasung.....	20
5.2.1	Einleitung .....	20
5.2.2	Ausblasung .....	23
5.2.3	Trichter.....	26
5.2.4	Fazit und Aussicht.....	31
5.3	Splitterwirkung in der Luft und im Boden.....	32
5.3.1	Einleitung .....	32
5.3.2	Ergebnisse .....	32
5.4	Erschütterungsmessungen Boden .....	34



---

5.4.1	Einleitung .....	34
5.4.2	Ergebnisse .....	36
5.4.3	Zusammenfassung der Messergebnisse .....	41
5.4.4	Interpretation der Ergebnisse .....	42
6.	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	45
6.1	Luftdruck .....	45
6.2	Trichter und Ausblasung .....	45
6.3	Splitterwirkung .....	46
6.4	Bodenerschütterungen .....	46
6.5	Fazit .....	46
7.	Empfehlungen .....	48
8.	Literatur .....	49





## 1. Einleitung

Bei der Kampfmittelräumung wird häufig eine kosten- und zeitintensive, vollständige Räumung durchgeführt. Dabei werden Kampfmittel unabhängig von ihrem Typ und ihrer Tiefenlage geborgen und entsorgt, da keine fundierten Kenntnisse über die Detonationswirkung von im Boden liegenden Kampfmitteln vorhanden sind.

Aufgrund dieser fehlenden Daten kann die Gefährdung durch Kampfmittel weder differenziert noch nachvollziehbar beurteilt werden. Die Gefährdungsabschätzungen basieren - bezogen auf die Kampfmittelwirkung - auf subjektiven Einschätzungen. Durch diese individuellen Annahmen werden ähnlich gelagerte Fälle unterschiedlich beurteilt und behandelt. Ein einheitliches Vorgehen, wie es die Arbeitshilfen Kampfmittelräumung fordern und wie es in ähnlichen Fachgebieten (z.B. Boden- und Grundwasserschutz) üblich ist, ist aufgrund dieser Kenntnislücken nicht möglich. Vielmehr wird im Falle von Erkenntnisdefiziten die Gefährdungsabschätzung dann stets konservativ angelegt und damit der am ungünstigsten anzunehmende Fall bewertet. Im Ergebnis führt dies dazu, dass i.d.R. die vollständige Räumung als notwendig erachtet wird.

Für die Gefährdungsabschätzung bei der Kampfmittelräumung werden deshalb exakte und nachvollziehbare Informationen benötigt, um die Wirkung von im Boden detonierenden Kampfmitteln (KM) auf den Menschen beschreiben und beurteilen zu können.

Um diese Wirkungen reproduzierbar ermitteln zu können, wurden Sprengversuche mit verschiedenen Kampfmitteln unter verschiedenen Versuchsbedingungen durchgeführt.

Dieser Bericht beschreibt die organisatorische und fachliche Versuchsdurchführung, stellt die bei den Sprengversuchen gewonnenen Ergebnisse dar und zieht Schlussfolgerungen.

## 2. Ziele

Mit den Sprengversuchen sollte die Wirkung von im Boden detonierenden Kampfmitteln auf den Menschen untersucht werden. Konkret sollte festgestellt werden, ob mit zunehmender Tiefenlage eines detonierenden Kampfmittels die Wirkung kontinuierlich abnimmt und ab einer bestimmten Tiefenlage keine Wirkung mehr eintritt (siehe folgende Abbildung).

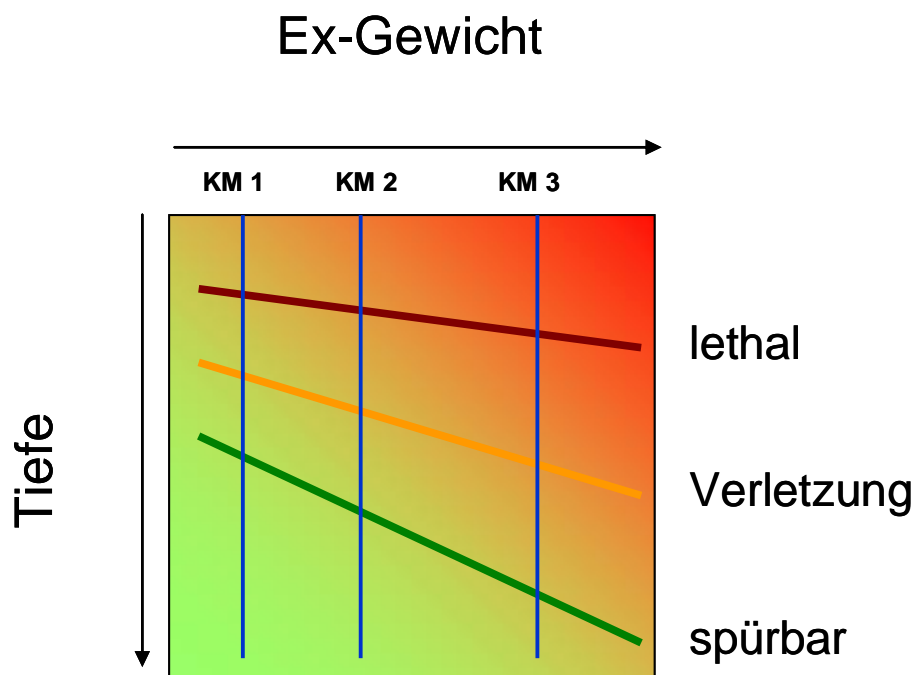


Abb. 1: Schematische Wirkungskurven detonierender Kampfmittel

Die zu ermittelnden Einzelwirkungen waren:

- Wirkung durch erdübertragenen Impuls („Erschütterung“)
- Wirkung durch luftübertragenen Impuls („Druckwelle“)
- Wirkung durch Splitter („Primärsplitter“ und „Sekundärsplitter“)

Ebenfalls zu untersuchen war die Abhängigkeit der Wirkung

- von der Tiefe der Kampfmittel unter Geländeoberkante
- vom Typ und dem Sprengstoffgewicht des Kampfmittels
- vom Bodentyp.

Die Sprengversuche waren mangels Vordaten z.B. zur Auslegung der Sensoren (z.B. Messbereiche) als Vorversuche konzipiert. Sie sollten damit auch dazu dienen, für spätere Versuche

- geeignete Detektoren
- Alternativen für die Vorbereitung und Präparation der Kampfmittel
- mögliche Zündketten

zu ermitteln.

### 3. Projektorganisation

Die Leitstelle für Kampfmittelräumung in der Oberfinanzdirektion Niedersachsen (vormals OFD Hannover) hatte im Mai 2005 ein Konzept für die Sprengversuche vorgelegt. Dieses Konzept wurde vom Bundesministerium der Verteidigung mit Schreiben vom 31.05.2005 gebilligt.

Die Planung der Versuche, deren Durchführung und Auswertung wurden einer Arbeitsgruppe übertragen, die aus folgenden Vertretern bestand:

- Projektleitung:
  - Herr Brakemeier, OFD Niedersachsen
- Versuchsleitung:
  - Herr Bernhardt, Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH, Hannover
  - Herr Muckel, Beratender Ingenieur, Hannover (zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung bei Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH)
- Bedarfsträger Bundeswehr
  - Streitkräfteunterstützungskommando Köln - Herr Oberst Braun
- Fachtechnische Unterstützung:
  - Herr Dr. Unger und Herr Müller, Wehrtechnische Dienststelle 91, Meppen (Beratung)
  - Herr Mollitor und Herr Ziesche, Munitionsbergungsdienst Mecklenburg-Vorpommern (MDB), Schwerin (Bereitstellung des Sprengplatzes und der Kampfmittel, Betreuung der Sprengungen)
  - Herr Dr. Otto, Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Berlin (Messungen Luftdruck)
  - Herr Wode, Ingenieurbüro Wode, Sehnde (bodentechnische Untersuchungen und Einbau der Kampfmittel)
  - Herr Dr. Krummel, geoFact, Bonn (geophysikalische Untersuchungen)
- Filmdokumentation und –produktion:
  - Herr Petermann, ScreenTV, Detmold
  - Herr Sehne, Sehne Filmproduktion, Berlin

In zwei Arbeitsgruppensitzungen am 08.06.2005 und 07.07.2005 wurden fachliche und organisatorische Grundlagen erörtert.

Der Munitionsbergungsdienst (MBD) Mecklenburg-Vorpommern stellte für die Sprengversuche verschiedene Kampfmittel und seinen Sprengplatz in der Mellenthiner Heide auf Usedom zur Verfügung. Dort erfolgten die Versuche zwischen dem 26. und 30.09.2005.

## **4. Durchführung**

### **4.1 Zusammenfassende Beschreibung**

Die Sprengversuche sollten in drei Phasen durchgeführt werden:

Phase 1: Versuche auf dem Sprengplatz des MBD Mecklenburg-Vorpommern auf Usedom.

Ziel: Ermittlung der Wirkung eines großen Spektrums an Kampfmitteln und Vorbereitung der Versuche der Phase 2.

Phase 2: Versuche auf dem Gelände der WTD 91, Meppen.

Ziel: Verifizierung der Ergebnisse der Phase 1 und Gewinnung weiterer Daten durch weitere Untersuchungen.

Phase 3: Wiederholung ausgewählter Versuche der Phase 1 auf einem Sprengplatz mit bindigen Böden.

Die Sprengversuche auf Usedom (Phase 1) wurden im September 2005 erfolgreich durchgeführt. Erste Ergebnisse dieser Versuche wurden auf verschiedenen Tagungen präsentiert.

Die Sprengversuche der Phasen 2 und 3 stehen noch aus und sind auf Basis dieses Berichtes zu konzipieren.

### **4.2 Beschreibung der Versuche auf Usedom (Phase 1)**

Die Sprengversuche auf Usedom wurden gemäß den formulierten Zielen in folgende Teilprojekte gegliedert:

- Auswahl und Vorbereitung des Sprengplatzes
- Auswahl und Vorbereitung der Kampfmittel
- Bodenmechanische Untersuchungen für den Einbau der Kampfmittel
- Erschütterungsmessungen Boden
- Messungen des Luftdrucks
- Splitterwirkung in der Luft und im Boden
- Messungen der Trichterdimensionen
- Visuelle und fachliche Dokumentation

Die Versuche auf Usedom wurden mit Kampfmitteln durchgeführt, die annähernd das übliche Spektrum der bei Flächenräumungen gefundenen Kampfmittel abbilden. Die Munitionsarten wurden so ausgewählt, dass repräsentative deutsche Kampfmittel des Zweiten Weltkriegs untersucht wurden.

Die Kampfmittelart wurde identifiziert. Es war aber nicht möglich, die enthaltenen Explosivstoffe und -massen zu bestimmen.

Für die tiefenabhängigen Sprengungen wurden mehrere Stücke der gleichen Art eingesetzt. Die Zündkette wurde so präpariert, dass möglichst keine zusätzlichen Sprengstoffe zur Wirkung gelangen. Hierzu war es notwendig, die ursprünglich vorhandenen Zünder zu entfernen und durch vergleichbare Sprengkapseln zu ersetzen.

Die Kampfmittel wurden in definierten Tiefen sählig und in ihrer Längsrichtung in Ost-Westrichtung ausgerichtet eingebaut. Dafür wurde zunächst der Tiefenbereich rechnerisch abgeschätzt (RIEDEL et al 1985), bei dem eine sichtbare Wirkung an der Erdoberfläche noch zu erwarten sein würde. Beim Einbau der Kampfmittel wurden durch entsprechende Verdichtung die natürlichen Bodenverhältnisse der Fein- bis Mittelsande wieder hergestellt.

Die Erschütterungen im Boden wurden durch Erschütterungsmessungen bestimmt. Die Messwertaufnehmer wurden auf zwei rechtwinklig zueinander positionierten Profilen angeordnet. Eine Messreihe lag in der Verlängerung der Längsachse des Kampfmittels, die andere Messreihe senkrecht dazu. Der Abstand der Messaufnehmer wurde den zu erwartenden Erschütterungen angepasst. Durch diese Messungen wurde der Impuls und damit die Kraft, die auf den Menschen wirken kann, bestimmt.

Die Luftdruckveränderungen durch die Wirkung der Detonation außerhalb des Bodens wurden durch Druckmessungen in der Atmosphäre bestimmt. Die Untersuchung wurde analog zu den Erschütterungsmessungen durchgeführt.

Wirkte die Detonation außerhalb des Bodens, wurden Art, Größe und Menge von primären und sekundären Splittern bestimmt. Unter primären Splittern werden Teile der Kampfmittel, unter sekundären Splittern z.B. weggeschleuderte Steine verstanden.

Die Splitter wurden hierbei auf einer vor der Sprengung ausgelegten Plastikfolie aufgefangen und deren Wirkung mit Hilfe eines Aluminiumblechs sichtbar gemacht. Das Blech (EN AW 2017A AlCu<sub>4</sub>MgSi T4EN 4857, Maße 0,5 x 1000 x 2000 mm) wurde über dem Versuchsort im Abstand von 0,5 m ü. GOK in zwei Holzrahmen mit Zwingen und Schwerlastböcken fixiert. Der Einsatz und die Spezifikation der Bleche wurden vorab mit der Wehrtechnischen Dienststelle (WTD) 91 abgestimmt, die zur Ermittlung der Gesundheitsgefährdung durch Splitter derartige Bleche einsetzt.

Eine direkte visuelle Beobachtung der Sprengungen war aus Gründen der Arbeitssicherheit nicht möglich. Die Zündung der Kampfmittel erfolgte deshalb aus dem Zündstand auf dem Gelände des MBD. Alle Versuche wurden durch Videoaufzeichnungen dokumentiert. Hierfür kam eine übliche Filmkamera mit Beobachtungsmonitor zum Einsatz. Die Kamera wurde so aufgestellt, dass eine einwandfreie Dokumentation gewährleistet war. Durch einen Beobachtungsmonitor im Zündstand des MBD konnten die Sprengungen direkt beobachtet werden.

Die folgende Abbildung veranschaulicht den Versuchsaufbau.

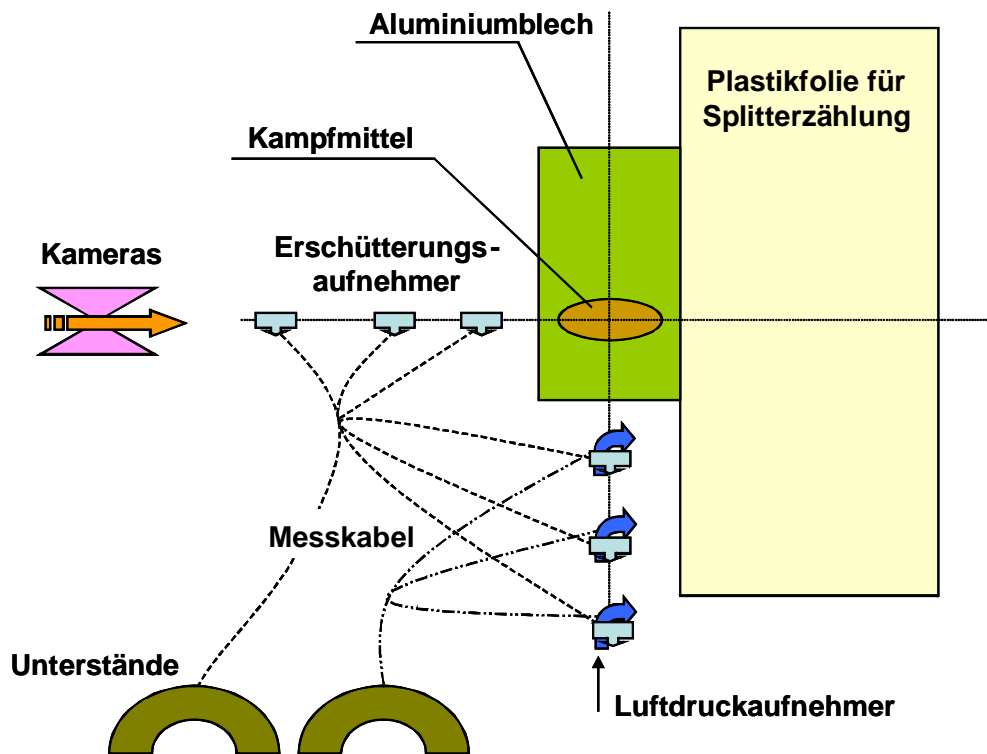


Abb. 2: Aufsichtiger, schematischer Versuchsaufbau (Erläuterungen siehe Text)

Das folgende Foto zeigt den Versuchsaufbau am Versuchsort.



Abb. 3: Versuchsaufbau am Versuchsort mit Holzrahmen/Aluminiumblech und Folie. (Die Tischtennisbälle am Boden dienen ausschließlich der Visualisierung der Sprengauswirkungen.)

Im Folgenden werden die einzelnen Versuche, deren Durchführung und Ergebnisse beschrieben.

### 4.3 Sprengplatz

Der Sprengplatz für die Phase 1 der Sprengversuche liegt in der Mellenthiner Heide auf Usedom. Das Gelände wird durch den MBD als Sammel- und Vernichtungsstelle für in Vorpommern gefundene Kampfmittel genutzt. Die Sprengversuche konnten aufgrund des bestehenden Sicherheitsbereichs sowie der Abzäunung und Bewachung sicher und ohne Einschränkungen durchgeführt werden.



Durch eine Geländebesichtigung am 05.08.2005 wurde eine Fläche bestimmt, die für die Sprengversuche geeignet erschien. Sie ist in dem Panoramafoto abgebildet (s. Abb. 4). Die Fläche war eben, nur wenig bewachsen und allseitig von Wald umgeben. Für die Sprengversuche waren deshalb nur wenige Vorbereitungen notwendig.



Abb. 4: Panoramabild Sprengplatz vor der Freimachung und Herrichtung

#### 4.4 Visuelle und fachliche Dokumentation

Die Arbeiten wurden detailliert dokumentiert.

Die Ergebnisse der Sprengversuche wurden protokolliert und dokumentiert (siehe Anhang 1). Die einzelnen Messwerte wurden durch die am Projekt beteiligten Institutionen und Firmen digital aufgezeichnet und für die spätere Auswertung bereitgestellt. Die digitalen Messwerte liegen vor.

Die Sprengversuche wurden mittels Filmkamera aufgenommen. Die Filmsequenzen wurden anschließend bearbeitet, geschnitten und zu Einzeldokumentationen aufbereitet.

In Ergänzung dazu wurden die übergeordneten Arbeiten ebenfalls filmisch dokumentiert. Hieraus wurde ein ca. 8 minütiger Einführungsfilm erstellt.

Zusätzlich wurden Fotografien gemacht. Die Kameraaufnahmen, der Schnitt und die Filmerstellung erfolgten von

- ScreenTV, Detmold: Herr Petermann (Filmdokumentation und –produktion)
- Sehne Filmproduktion, Berlin: Herr Sehne (Filmdokumentation und –produktion)



Abb. 5: Das Filmteam zeichnet die Präparierung der Kampfmittel auf

#### **4.5 Auswahl und Vorbereitung der Kampfmittel**

Die Wirkung detonierender Kampfmittel wurde mit Hilfe typischer, häufig gefundener Kampfmittel beurteilt. Die Kampfmittel wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Arten von häufig vorkommender Munition des Zweiten Weltkriegs
- verschiedene Sprengstoffgewichte
- Die Kampfmittel können während des Versuchs sicher gehandhabt werden

Durch den MDB wurden folgende Kampfmittel bereitgestellt (siehe Abb. 6):

- 2 cm Sprenggranate
- 3,7 cm Sprenggranate
- 7,5 cm Sprenggranate
- 8,8 cm Sprenggranate
- 8,8 cm Panzersprenggranate
- 10,5 cm Sprenggranate
- 15 cm Sprenggranate



Abb. 6: Die in den Sprengversuchen eingesetzten Kampfmittel

Die Kampfmittel wurden identifiziert und für die Versuche durch den MBD vorbereitet. Hierzu gehörte bei den kleineren Kampfmitteln die Entfernung der Zünder. Hierdurch sollte sichergestellt werden, dass durch die für die Sprengung anzubringende Sprengkapsel möglichst keine oder keine relevante Erhöhung der Explosivstoffmassen eintritt. Damit wurde allerdings in Kauf genommen, dass der ursprüngliche, bauartbedingte Verbund von Zünder und Granate aufgehoben wurde. Aus sicherheitstechnischen Überlegungen war eine andere Versuchsdurchführung jedoch nicht möglich.

Der Austausch des ursprünglichen Zünder durch eine – im Einzelnen nicht bekannte – Sprengkapsel wird zu einer Veränderung der Detonationswirkung geführt haben. Das Ausmaß dieser Veränderung ist nicht bekannt und kann auch nicht abgeschätzt werden. Möglich ist, dass

- die Sprengkraft durch die neue Sprengkapsel erhöht wurde
- die Detonationswirkung durch die Zerstörung des bauartbedingten Verbundes von Zünder und Granate verringert wurde.

Bei den für die Sprengung genutzten Kampfmitteln wurde von folgenden Nettoexplosivstoffmassen ausgegangen, die vom MBD oder der Dresdener Sprengschule (DSS) genannt wurden:

Tabelle 1: Eingesetzte Kampfmittel

lfd. Nr.	Kampfmittel	Erläuterungen (Quelle)
1	2 cm Sprenggranate	6,2 g Nettoexplosivstoffmasse (NEM) (DSS)
2	3,7 cm Sprenggranate	26 g NEM (DSS)
3	7,5 cm Sprenggranate	550 g NEM (MBD)
4	8,8 cm Sprenggranate	900 g NEM (MBD)
5	8,8 cm Panzersprenggranate	nicht eingesetzt
6	10,5 cm Sprenggranate	Im Gegensatz zur ursprünglichen Ansprache stellte sich beim Versuch heraus, dass es sich um eine Beobachtungsgranate gehandelt hat
7	15 cm Sprenggranate	5.600 g NEM (MBD)

Die Kampfmittel wurden vor Ort gewogen und ihre Länge bestimmt (s. Tabelle 2).

Bei den 2 cm SprGr lagen möglicherweise zwei verschiedene Typen vor, die sich in Länge und Gewicht unterschieden:

- Granaten der Versuche V13, V14 und V15: Gewicht ca. 113 gr, Länge ca. 7,1 cm (Ausnahme V014 mit 103 gr). Hierbei könnte es sich um Br.Sprgr.Patr.LSpur.Z gehandelt haben, die 0,39 gr Brandmaterial und ca. 3,56 gr PETN/Wachs-Gemisch enthielten.
- Granaten der restlichen Versuche: Gewicht ca. 85 gr, Länge ca. 6,2 cm. Diese Granaten können möglicherweise der SprGr.Patr. für die Flugzeug-Bordkanone 151 mit ca. 17 gr PETN/Wachs-Gemisch zugeordnet werden.

Bei den 3,7 cm Granaten lagen möglicherweise ebenfalls zwei unterschiedliche Typen vor, was die unterschiedlichen Gewichte vermuten lassen: Die Granaten der Versuche V08 und V18 waren 444 bzw. 446 gr schwer, die Gewichte der restlichen 6 Granate lag zwischen 431 und 435 gr. Diese unterschiedlichen Gewichte konnten keinen verschiedenen Typen der 3,7 cm Granaten zugeordnet werden.

Eine sichere und damit eindeutige Zuordnung war anhand der genannten Gewichts- und Längenangaben nicht möglich. Insofern wurde bei der Auswertung der Messdaten – auch unter Würdigung der versuchsbedingten Streuung der Ergebnisse – auf eine typendifferenzierende Auswertung der Daten verzichtet.

Tabelle 2: Ergebnis der Gewichts- und Längenbestimmung

Kal.	Sorte	Gewicht [g]	Länge [cm]	Versuch
2 cm	SprGr	85,0	6,2	V01
		84,9	6,2	V02
		84,9	6,2	V05
		113,0	7,1	V13
		103,0	7,1	V14
		113,0	7,1	V15
		84,9	6,2	V16
3,7 cm	SprGr	435	9,4	V03
		446	9,4	V08
		432	9,5	V09
		433	9,5	V10
		-*	-*	V11
		431	9,5	V17
		444	9,5	V18
		433	9,5	V19
		431	9,5	V20
7,5 cm	SprGr	5.513	25,9	V04
		5.923	26,8	V07
8,8 cm	SprGr	-*	30,0	V06
			30,5	V12
10,5 cm	SprGr	-*	39,0	V21
15 cm	SprGr	-*	58,2	V22

\* nicht bestimmt

## 4.6 Bodenmechanische Untersuchungen / Einbau Kampfmittel

### 4.6.1 Einleitung

Die Zusammensetzung des Untergrundes, seine bodenmechanischen Eigenschaften sowie die Bodenfeuchte sind wesentliche Faktoren, die die Wirkung von im Untergrund detonierenden Kampfmitteln bestimmen. Bodenbestimmende Parameter sind

- Korngröße, –verteilung / -zusammensetzung
- Schichtmächtigkeiten / Orientierung
- Porosität und Wassergehalt
- Lagerungsdichte
- Scherfestigkeit / Steifigkeit / Plastizität

Es ist nachvollziehbar, dass sich die Auswirkungen bei einer Untergrunddetonation in bindigen Ablagerungen anders darstellen als z.B. in locker gelagerten Sanden oder Kiesen. Das betrifft nicht nur den Boden- und Splitterauswurf sondern insbesondere auch die Fortpflanzung der durch den Stoßimpuls (Detonation) ausgehenden Kompressions- und Scherwellen.

Als zweiter Aspekt war ein unter Arbeitsschutzaspekten sicheres Verfahren zu entwickeln, mit dem die Kampfmittel so eingebaut werden konnten, dass die natürliche Lagerungsdichte wieder erreicht wurde. Damit sollte vermieden werden, dass durch eine unnatürliche Lagerungsdichte oder durch ausgeprägte Dichtegrenzen zwischen wieder eingebautem und anstehendem Sediment bevorzugte Wegsamkeiten für Splitter, Detonationsgase etc. entstehen und dadurch die Versuchsergebnisse verfälscht würden.

## 4.6.2 Durchführung / Ergebnisse

### 4.6.2.1 Vor Beginn der Feldversuche

Im Vorfeld der Feldversuche wurden folgende Bodenparameter durch das Ingenieurbüro Wode (Sehnde) zur weiteren Planung der Sprengungen bestimmt (Schurf und Probenahme erfolgten am 05.08.2005) (WODE 2005):

- Bodenaufbau, inkl. Körnungslinien
- Lagerungsdichte  $\rho$
- Proctordichte  $\rho_{Pr}$  /  $w_{Pr}$
- Wassergehalt  $w_n$

Der Bodenaufbau ist wie folgt:

## Schurf 1

0.00 GOK)

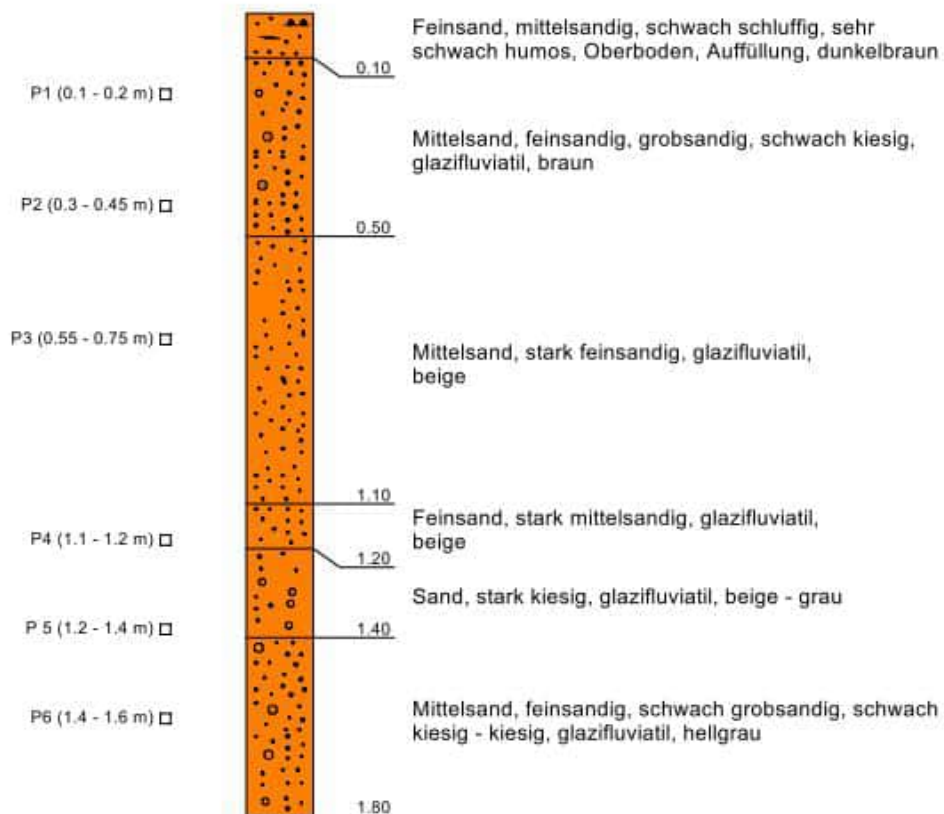


Abb. 7: Untergrundaufbau Sprengplatz

Zur sedimentologischen Charakterisierung wurden insgesamt 6 Proben aus dem Schurf 1 einer Nasssiebung unterzogen. Bis zu der Endtiefe des Baggerschurfes von 1,80 m besteht der Untergrund im Wesentlichen aus Sand in unterschiedlicher Korngröße und unterschiedlichen Beimengungen. Feinkörnige Anteile befinden sich nur in dem oberen Bodenhorizont. Gemäß den Körnungslinien liegt der kf-Wert nach Beyer in der Größenordnung von  $10^{-4}$  m/s.

Die weiteren Bodenkennwerte sind wie folgt (s. Tab. 3):

Tabelle 3: Bodenmechanische Kennwerte aus Mischproben (MP)

<b>Bodenmechanische Kennwerte</b>	<b>MP 1</b>	<b>MP 2</b>	<b>MP 3</b>
Lagerungsdichte $\rho_{\min} / \rho_{\max}$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1,511 - 1,870	1,431 - 1,709	1,686 - 1,981
Proctordichte $\rho_{Pr} / w_{Pr}$ [g/cm <sup>3</sup> / %]	1,792 / 12,0	1,610 / 12,4	1,884 / 10,3
Wassergehalt $w_n$ [% der TS]	3,2 - 3,9	3,5 - 7,3	3,3
Bodengruppe DIN 18196	SE <sup>*1</sup>	SE	SE – SW <sup>*2</sup>
Kornzusammensetzung	Mittelsand, feingrobsandig, schwach kiesig	Fein- bis Mittelsand	Sand, kiesig

\*1 Grobkörniger Boden, enggestufte Sande, \*2 Grobkörniger Boden, weitgestufte Sand-/Kiesgemische

Es galt, die mittlere Lagerungsdichte auch während des Feldversuches nach Einbau der Kampfmittel zu erreichen.

#### 4.6.2.2 Feldversuche

Die Sprenggruben wurden je nach zu erreichender Tiefe mit zwei unterschiedlichen Arbeitsgängen angelegt (siehe Abbildung 8a bis 8d):

- Händischer Aushub der Grube mit einer Solltiefe < 50 cm (= flache Sprenggrube)  
 Nach dem losen Überschütten des eingebrachten Kampfmittels mit ausgehobenem Sediment in einer Mächtigkeit von ca. 30 cm (bzw. bis zur GOK) wurde das eingebrachte Sediment durch den Einsatz von Körpergewicht verdichtet. Nach dem voll-ständigen Verfüllen der Grube bis oberhalb der GOK (leichte Aufwölbung) wurde mit einer Handwalze (10 Walzengänge) nochmals verdichtet.  
 Diese Arbeitsweise wurde vorab an einer Versuchgrube erprobt. Die Wiederherstellung einer gleichartigen Lagerung wurde über die Dichtebestimmung nachgewiesen.
- Aushub der Grube mit Minibagger mit einer Sohltiefe > 50 cm (= tiefe Sprenggrube). Die Verfüllung der maschinellen Grube wurde in zwei Verfahrensweisen ausgeführt:



- Lagenweises Einbringen des Sandes durch den Bagger und Verdichten mit der Handwalze durch Vor- und Rücklauf über die flache Schurfseite (10 Walzengänge).
- Maschineller Aushub ohne abgeflachte Grubenseite und das lagenweise Wiederbringen des Sandes. Die Verdichtung der einzelnen Lagen erfolgte durch statisches Andrücken mit der Baggerschaufel (unter Einsatz des Baggergewichts von ca. 1,5 t).

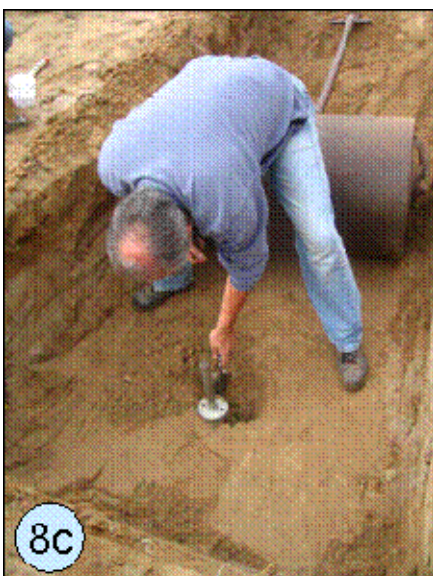


Abb. 8: Einbau der Kampfmittel

Abb. 8a: Herstellen einer „tiefen“ Sprenggrube

Abb. 8b: Verdichten des Bodens nach Einbringung des Kampfmittels

Abb. 8c: Entnahme Bodenprobe

Abb. 8d: Wiegung der Sedimentprobe zur Dichtebestimmung

Beide Verfahrenweisen erbrachten nachweislich ausreichende Verdichtungsgrade des wiederverfüllten Sandes.

Zudem wurde der Verdichtungsgrad (Lagerungsdichte) des anstehenden Sandes mittels des Leichten Fallgewichtsgeschützes (Dynamischer Plattendruckversuch nach TP BF-StB, Teil B 8.3) überprüft. Die gemessenen Werte zwischen  $E_{vd} = 15$  und  $30 \text{ MN/m}^2$  bilden eine zusätzliche Bestätigung der in den Dichtebestimmungen ermittelten Verdichtungsgrade zwischen 93 und 96 %  $D_{pr}$ .

Bis auf den Nachmittag am 28.09.2005, an dem es ab ca. 15:30 h regnete, war das Wetter trocken. Der Boden war am 28.09.2005 nach Beginn des Regens und am 29.09.2005 feucht. Hierbei ist zu anzuzeigen, dass die Feststellung der Bodenfeuchte ein subjektiver Eindruck ist.

Unter homogenen Infiltrationsbedingungen (keine preferenziellen Fließwege) kann die Eindringtiefe eines Niederschlagsereignisses aus der Feldkapazität und der Anfangsfeuchte abgeschätzt werden. Folgende Randbedingungen werden getroffen:

- Standort: Usedom, Grundwasserfern
- Bodenart: Mittelsand
- Bemessungsregen: einstündiges Ereignis, Wiederkehrintervall: 1 Jahr: 13,5 mm
- Anfangsfeuchte: Permanenter Welkepunkt, 3-10 Vol % oder 3-10 l/m<sup>2</sup> und Dezimeter (dm) Tiefe
- Endfeuchte: Feldkapazität, 9-25 Vol %, 9-25 l/m<sup>2</sup> und dm Tiefe
- Speichergröße: 6-15 Vol % , 6-15 l/m<sup>2</sup> und dm Tiefe

Nach der Berechnung

Eindringtiefe [dm] = Bemessungsniederschlag/Speichergröße

können folgende Eindringtiefen ermittelt werden:

Maximale Eindringtiefe:  $13,5 \text{ l/m}^2 / 6,0 \text{ l/m}^2 \text{ dm} = 2,2 \text{ dm} = 22 \text{ cm}$

Minimale Eindringtiefe:  $13,5 \text{ l/m}^2 / 15,0 \text{ l/m}^2 \text{ dm} = 0,9 \text{ dm} = 9 \text{ cm}$

Mittlere Eindringtiefe:  $13,5 \text{ l/m}^2 / 10,5 \text{ l/m}^2 \text{ dm} = 1,3 \text{ dm} = 13 \text{ cm}$

Nach dieser Abschätzung beträgt die Tiefe der Bodenfeuchte im Mittel 13 cm (Voraussetzung: der Boden war vorher trocken). Daraus resultiert, dass die Niederschläge auf die Versuche keinen messbaren oder beobachtbaren Einfluss hatten.

## 5. Durchgeführte Versuche

Zwischen dem 26.09.2005 und 30.09.2005 wurden insgesamt 22 Versuche durchgeführt (siehe Tabelle 4). Die Ergebnisse der Versuche sind in Anhang 1 detailliert dokumentiert (der Versuch V21 wurde nicht dokumentiert, da es sich nicht wie angegeben um eine 10,5 cm Spreng-, sondern um eine 10,5 cm Beobachtungsgranate handelte, die beim Sprengversuch keine Wirkung entfaltete).

Tabelle 4: Kenndaten der einzelnen Versuche

Versuch	Kaliber	Tiefe m u GOK	Datum	Detonation (Uhrzeit)	Alu-Blech	Bodenfeuchte
V01	2 cm	0,50	26.09.2005	15:30	ja	trocken
V02	2 cm	0,30	26.09.2005	16:20	ja	trocken
V03	3,7 cm	0,50	26.09.2005	17:00	ja	trocken
V04	7,5 cm	1,50	27.09.2005	12:00	ja	trocken
V05	2 cm	0,10	27.09.2005	14:14	ja	trocken
V06	8,8 cm	1,50	27.09.2005	15:18	ja	trocken
V07	7,5 cm	0,70	27.09.2005	17:10	ja	trocken
V08	3,7 cm	0,70	28.09.2005	11:45	ja	trocken
V09	3,7 cm	0,50	28.09.2005	12:45	ja	trocken
V10	3,7 cm	0,30	28.09.2005	13:58	ja	trocken
V11	3,7 cm	1,00	28.09.2005	15:46	ja	feucht
V12	8,8 cm	1,00	28.09.2005	16:47	ja	feucht
V13	2 cm	0,50	29.09.2005	10:50	ja	feucht
V14	2 cm	0,30	29.09.2005	11:52	ja	feucht
V15	2 cm	0,10	29.09.2005	12:35	ja	feucht
V16	2 cm	0,10	29.09.2005	13:18	nein	feucht
V17	3,7 cm	0,70	29.09.2005	14:10	nein	feucht
V18	3,7 cm	0,50	29.09.2005	15:21	nein	feucht
V19	3,7 cm	0,30	29.09.2005	16:06	nein	feucht
V20	3,7 cm	0,01	30.09.2005	10:15	ja	trocken
V21	10,5 cm	1,50	30.09.2005	11:30	nein	trocken
V22	15 cm	1,50	30.09.2005	12:02	nein	trocken

## **5.1 Messungen des Luftdrucks**

### **5.1.1 Einleitung**

Die Luftdrücke, die bei den jeweiligen Detonationen entstanden, wurden gemessen. Hierdurch sollten die dadurch verursachten Auswirkungen auf den Menschen ermittelt werden.

Zur Messung des Luftdrucks wurden zwei Mikrophone in 3 und 5 m Abstand vom Detonationszentrum aufgestellt. Sie dienten zur Spitzendruckmessung der Luftstoßwelle.

### **5.1.2 Ergebnisse**

Die Analyse der Werte zeigt eine zunehmende Erhöhung des Spitzendruckes mit zunehmendem Abstand vom Detonationszentrum.

Eine derartige Zunahme ist physikalisch nicht nachvollziehbar, denn genau das Gegenteil wäre zu erwarten. Eine plausible Erklärung für diese Messwerte konnte nicht gefunden werden.

Wegen der Unstimmigkeit der Messungen wird auf deren Interpretation verzichtet.

Die Luftstoßwelle als wichtiger Teil der Gefährdungsabschätzung ist in einem Folgeversuch erneut zu untersuchen.

## **5.2 Trichterbildung und Ausblasung**

### **5.2.1 Einleitung**

Bei der Umsetzung eines Kampfmittels im Erdreich kann es zur Ausblasung von Bodenmaterial (= sekundäre Splitter) kommen. Es gilt daher zu klären, ab welcher Detonationstiefe ein sich umsetzendes Kampfmittel Boden auswirft. Weiterhin entstehen an der Oberfläche Trichter durch weg geschleudertes Bodenmaterial oder durch Einsturz unterirdischer Hohlräume. Die folgenden Abbildungen zeigen die verschiedenen Auswirkungen:



Abb. 9: max. Auswirkung V06 (linkes Bild)



Abb. 10: max. Auswirkung V12 (rechtes Bild)

Bei V06 (s. Abb. 9) hebt sich der Boden über den Detonationsort an, Material wird in geringem Maße verlagert. Der entstandene unterirdische Hohlraum wird durch nachsackendes Erdreich verfüllt, es bildet sich ein Trichter (s. Abb. 11). Im Gegensatz dazu steht die Trichterbildung durch Ausbläser (s. V12 in Abb. 10), bei der das Bodenmaterial weggeschleudert und verlagert wird (s. Abb. 12).



Abb. 11: entstandener Trichter V06 (linkes Bild)



Abb. 12: entstandener Trichter V12 (rechtes Bild)

Zwischen diesen beiden Auswirkungen sind die Übergänge fließend.

Abhängig ist die Wirkung an der Oberfläche von der

- Explosivstoffmasse
- Explosivstoffart
- Bodenfestigkeit (inkl. Wassergehalt)
- Tiefenlage des Detonationsortes

Die folgende Abbildung verdeutlicht die wesentlichen Ereigniszonen bei der Detonation.

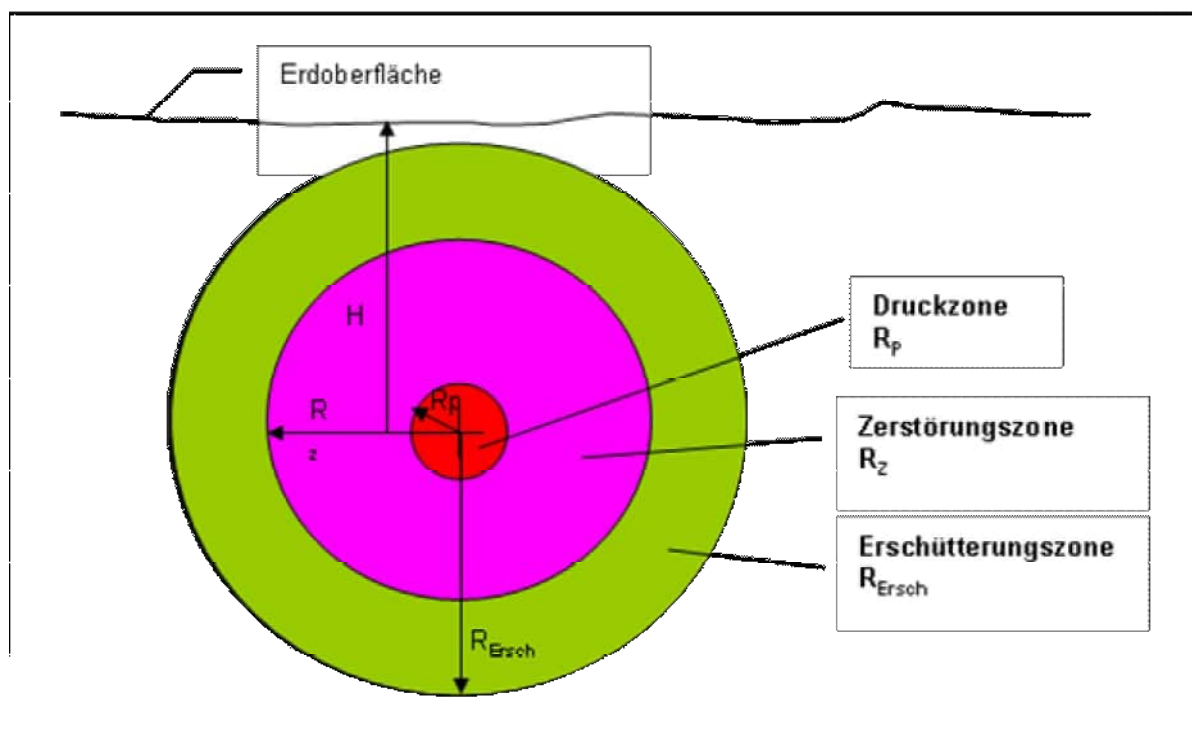


Abb. 13: Darstellung der Zonierung unter Normalbedingungen

Nach RIEDEL et. al. (1985) ist die Druckzone „der unmittelbare Bereich um die Sprengladung, in dem es durch sehr hohen Druck, der mit großer Geschwindigkeit die Materie stoßartig belastet, zur vollständigen Deformation des Gefüges kommt. In der anschließenden Zerstörungszone erfolgte eine starke Schwächung der Materialstruktur durch das Entstehen bleibender Deformationen, die sich ausgehend vom Widerstandsvermögen des Materials, durch Risse, Aufspaltungen und Brüche bemerkbar macht. Im Bereich der Erschütterungszone ist die Druckwirkung bereits soweit abgebaut, dass sie sich nur noch in seismischen Wellen ausbreitet“.

Reicht die Zerstörungszone an die Erdoberfläche ( $H \leq R_z$ ) kommt es zu Ausbläsern. Das Volumen der Druckzone ist geringer als das Volumen der Detonationsgase. Durch den entstehenden Überdruck bildet sich eine Ausblasöffnung und Boden wird herausgehoben. Nach Druckausgleich mit der Umgebung fällt ein Teil des Bodenmaterials wieder in den Trichter zurück. Bei der äußeren Zone  $R_{\text{Ersch}}$  ist der Druck durch die Detonation soweit abgebaut, dass er sich nur noch in Wellen ausbreitet, die keine Deformationen, aber Erschütterungen hervorrufen. Dabei können bauliche Anlagen, die innerhalb dieser Zone liegen, beschädigt werden.

## 5.2.2 Ausblasung

### 5.2.2.1 Beobachtungen

Nach Versuche wurde anhand der Filmaufnahmen pro Versuch nach individueller, visueller Einschätzung der Auswurf wie folgt klassifiziert: kein Auswurf, geringer Auswurf (kugelförmig), mittlerer Auswurf (kugelförmig / strahlenartig), starker Auswurf (strahlenartig). Zur Darstellung der Einschätzung werden in der Abbildungsreihe 14 Beispiele wiedergegeben:



Abb. 14: Beispiel für geringen Auswurf (V01) (linkes Bild), für mittleren Auswurf (V08) (mittleres Bild) und für starken Auswurf (V10) (rechtes Bild)

Die Übergänge sind fließend und nicht scharf voneinander zu trennen. Dennoch bildet diese Einschätzung einen ersten Anhaltspunkt für die Oberflächenwirkung Ausbläser. Das Ergebnis ist in der folgenden Tabelle 5 wiedergegeben (eine kaliber- und tiefenbezogene Aufstellung s. Tab. 7):

Tabelle 5: Ergebnis der Beobachtungen

Versuch	Kaliber	Einbautiefe m u GOK	Beobachtung Auswurf
V01	2 cm	0,50	gering
V02	2 cm	0,30	mittel
V03	3,7 cm	0,50	stark
V04	7,5 cm	1,50	kein
V05	2 cm	0,10	stark
V06	8,8 cm	1,50	gering
V07	7,5 cm	0,70	mittel
V08	3,7 cm	0,70	mittel
V09	3,7 cm	0,50	mittel
V10	3,7 cm	0,30	stark
V11	3,7 cm	1,00	kein
V12	8,8 cm	1,00	stark
V13	2 cm	0,50	gering
V14	2 cm	0,30	gering
V15	2 cm	0,10	stark
V16	2 cm	0,10	stark
V17	3,7 cm	0,70	mittel
V18	3,7 cm	0,50	mittel
V19	3,7 cm	0,30	stark
V22	15 cm	1,50	stark

### 5.2.2.2 Rechnerische Annäherung Zerstörungszone

Neben der reinen Beobachtung kann der Radius der Zerstörungszone näherungsweise durch folgende Formel bestimmt werden (RIEDEL 1985):

$$R_Z = 1,13 \cdot \sqrt[3]{\frac{L}{f_{Bod}}} \quad (1)$$

- $R_Z$  = Radius Zerstörungszone in m
- 1,13 = Koeffizient für geballte Ladungen
- L = Ladungsmenge Explosivstoff in kg
- $f_{Bod}$  = Festigkeitswert Boden in kg/m<sup>3</sup>



Die Bestimmung von  $R_Z$  betrachtet ausschließlich die sprengspezifische Material- und Wellenwirkung ausgehend vom unterflurigen Detonationsort. D.h. es geht um die Zerstörung der umgebenden Materialstruktur (hier Sand).

Die Bestimmung von  $R_Z$  ergibt folgendes Ergebnis (s. Tab. 6):

Tabelle 6: Ergebnis  $R_Z$

Kaliber	L [kg]	Bodenart	$R_Z$ [m]
2 cm	0,0062	Sand	0,20
3,7 cm	0,026	Sand	0,32
7,5 cm	0,55	Sand	0,89
8,8 cm	0,90	Sand	1,05

Die Resultate aus den Beobachtungen (s. Tab. 7) korrelieren in unterschiedlichem Maße mit den  $R_Z$ -Berechnungen. Bspw. wurde beim Kaliber 2 cm  $R_Z = 0,20$  m näherungsweise bestimmt. Der strahlenförmige Auswurf bei der Versuchsreihe beginnt bei einer Einbautiefe von ca. 0,10 m. Die Einbautiefe 0,30 m zeigt ein unterschiedliches Verhalten. Bei einer Einbautiefe von 0,50 m ist nur eine geringe Oberflächenwirkung sichtbar.

Bei Kaliber 3,7 cm mit  $R_Z = 0,32$  m ist dagegen bei einer Einbautiefe von 0,50 m noch teilweise strahlenförmiger Auswurf zu verzeichnen.

Tabelle 7: Gegenüberstellung Beobachtung und  $R_Z$

Versuch	Kaliber	Einbautiefe (m u. GOK)	Beobachtung Auswurf	$R_Z$
V05	2 cm	0,10	stark	0,20 m
V15		0,10	stark	
V16		0,10	stark	
V02		0,30	mittel	
V14		0,30	gering	
V01		0,50	gering	
V13		0,50	gering	
V10	3,7 cm	0,30	stark	0,32 m
V19		0,30	stark	
V03		0,50	stark	

V09		0,50	mittel	
V18		0,50	mittel	
V08		0,70	mittel	
V17		0,70	gering	
V11		1,00	kein	
V07	7,5 cm*	0,70	mittel	0,89 m
V04		1,50	kein	
V12	8,8 cm*	1,00	stark	1,05 m
V06		1,50	gering	

\* Wegen der geringen Stichprobenanzahl und der teilweise unterschiedlichen Ergebnisse der Gewichts- und Längenbestimmung ist ein Vergleich nicht zulässig. Die Kaliber sind nur aus Gründen der Vollständigkeit aufgeführt.

### 5.2.2.3 Ergebnisdiskussion

Bei Tiefen größer als  $R_z$  dürften an der Geländeoberfläche keine Ausbläser stattfinden. Für die 2 cm Messreihe trifft dies annähernd zu, sofern geringe Sedimentbewegungen für  $R_z$  noch tolerierbar sind. Dies ist in erster Annäherung auch zulässig, da der Rechenansatz nicht dazu dient, jegliche Kornbewegung auszuschließen. Er dient ausschließlich dazu, die militärische Aufgabenstellung, z.B. Gräben in definierter Tiefe zu sprengen, zu erfüllen.

Bei der Reihe Kal. 3,7 cm dagegen sind die Abweichungen  $R_z$  von den Beobachtungen auffällig. Erst bei einer Einbautiefe von 1,00 m war keine Sedimentbewegung beobachtbar und eine geringe Auswirkung nur einmal bei V17 feststellbar.

Ursachen hierfür sind möglicherweise die mangelnde Verdichtung des überlagernden Bodenmaterials, die Nutzung des gleichen Versuchsortes, die Zusatzwirkung durch Sprengkapsel und/oder unterschiedliche Explosivstoffmassen.

Ob der Unterschied zwischen den Versuchsreihen 2 cm und 3,7 cm Granaten im Rahmen der Toleranz liegt bzw. die Näherungslösung angewendet werden kann, ließe sich nur durch weitere Versuche klären.

## 5.2.3 Trichter

### 5.2.3.1 Beobachtungen

Die Trichteraufnahme erfolgte direkt nach Versuche händisch mit Gliedermaßstab. Bestimmt wurden Tiefe und Durchmesser.

Die in der Tabelle wiedergegebene Trichtertiefe ist die Tiefe, die nach dem Ereignis gemessen wurde und darf nur in Zusammenhang mit dem beobachteten Auswurf und dem Einsatz des Aluminiumblechs gesehen werden. Zum einen wird die Tiefe durch den ausgeblasenen Nachfall vermindert und zum anderen verstärkt sich dieser Effekt durch den Abprall der auftretenden Sandkörner am Blech. D.h., dass die gemessene Tiefe nicht die tatsächliche Tiefe ist. Für die Interpretation stehen somit nur Versuche zur Verfügung, bei denen das Blech nicht zum Einsatz kam (5 Versuche) oder der Bodenauswurf gering ist (5 Versuche). Für die Versuchsreihen stehen inklusive der Doppelungen (kein Blech und geringer Auswurf) bei Kal. 2 cm 4 Stichproben und bei Kal. 3,7 cm 3 Stichproben zur Verfügung.

Der nachfolgende Ansatz der rechnerischen Annäherung basiert daher nur auf wenigen Stichproben.

Tabelle 8: Ergebnisse der Trichteraufnahme

Versuch	Kaliber	Einbau- tiefe m u GOK	Trichter		Beobachtung Auswurf	Alu-Blech
			Radius m	Tiefe m u GOK		
V05	2 cm	0,10	0,40	0,18	stark	ja
V15		0,10	0,20	0,03	stark	ja
V16		0,10	0,40	0,09	stark	nein
V02		0,30	0,20	0,01	mittel	ja
V14		0,30	0	0	gering	ja
V01		0,50	0,20	0,02	gering	ja
V13		0,50	0	0	gering	ja
V10	3,7 cm	0,30	0,50	0,35	stark	ja
V19		0,30	0,80	0,30	stark	nein
V03		0,50	0,50	(k. Angabe)	stark	ja
V09		0,50	0,40	0,06	mittel	ja
V18		0,50	0,60	0,06	mittel	nein
V08		0,70	0,10	0,07	mittel	ja
V17		0,70	0,40	0,05	gering	nein
V11	7,5 cm	1,00	0,00	0,00	kein	ja
V07		0,70	0,60	0,05	mittel	ja
V04		1,50	0,00	0,00	kein	ja

V12	8,8 cm	1,00	1,20	0,36	stark	ja
V06		1,50	0,70	0,15	gering	ja
V22	15 cm	1,50	1,50	0,50	stark	nein

### 5.2.3.2 Rechnerische Annäherung und Ergebnisinterpretation

#### Bestimmung Wirkungswert W

Eine belastbare Regelmäßigkeit über Tiefe und Durchmesser ist nicht erkennbar. Es zeigt sich aber, dass bei keinem oder nur sehr geringem Erdauswurf sich auch keine Trichter durch Ausbläser oder Einsturz bilden.

Rechnerisch kann sich mit Hilfe einer Formel genähert werden, die den Wirkungswert W einer Sprengladung bestimmt. In RIEDEL 1985 wird hierzu eine Näherungslösung angegeben, die zum Ziel hat, einen definierten Trichter in Größe und Tiefe zu erzeugen (z.B. beim Grabenbau). Ist hierbei  $W < 1$  ist lt. RIEDEL 1985 davon auszugehen, dass kein Trichter entsteht. Die Formel lautet wie folgt:

$$(0,4 + 0,6 W^3) = \frac{L}{f_{Bod}} \quad (2)$$

W = Wirkungswert (dimensionslos)

$(0,4 + 0,6 W^3)$  = Koeffizient

$f_{Bod}$  = Festigkeitswert Boden in  $\text{kg/m}^3$

L = Ladungsmenge Explosivstoff in kg

Der berechnete Koeffizient wird den Tabellenwerten (in RIEDEL 1985, Tab. 8.8) von W in Beziehung gesetzt. So entspricht beispielsweise der Koeffizient 2,05 dem Wirkungswert W von 1,40. Da W in diesem Beispiel größer als 1 ist, bedeutet dies Trichterbildung.

Näherungsweise kann dies auf die Versuche V13, V14 und V17 angewendet werden, bei denen sich keine Trichter bildeten und der Erdauswurf nur gering oder nicht vorhanden war (siehe folgende Abbildung 15).



Abb. 15: Beispiele für Versuche ohne oder mit nur geringem Auswurf. Von links nach rechts: V13 – V14 – V17

Nach Formel (2) ergeben sich folgende Ergebnisse (s. Tabelle 9):

Tabelle 9: Berechnung von W

Kaliber	L kg	Einbautiefe m u GOK	Koeffizient	W (ca.)	Trichtertiefe m
2 cm	0,0062	0,10	5,59	1,90	0,09 – 0,18
		0,30	0,21	0,00	0,00 – 0,01
		0,50	0,05	0,00	0,00 – 0,02
3,7 cm	0,026	0,30	0,87	0,92	0,30 – 0,35
		0,50	0,19	0,00	0,06
		0,70	0,07	0,00	0,05 – 0,07
		1,00	0,02	0,00	0,00
7,5 cm	0,55	0,70	1,44	1,20	0,05
		1,50	0,15	0,00	0,00
8,8 cm	0,90	1,00	0,81	0,85	0,36
		1,50	0,24	0,00	0,15

Es deutet sich an, dass die errechneten Koeffizienten mit dem dazugehörigen W grundsätzlich zu gering sind. Beispielsweise sollten sich nach dieser Berechnung beim Kaliber 3,7 cm bereits ab 0,3 m Tiefe keine Trichter mehr bilden. Die Versuche ergaben demgegenüber, dass sich noch bei 0,7 m Tiefe Trichter gebildet haben.

### Berechnung der Detonationstiefe ohne Auswurf

Rechnerisch kann sich auch mit Hilfe einer Formel zur Kavernenbildung genähert werden. In dem Handbuch zur Berechnung von Grabenschutzbauwerken (1974) wird folgende Berechnung angegeben:

$$H_0 = 2,2 * B^{-1/9} * L^{1/3} \quad (3)$$

$H_0$  = Abstand GOK / Detonationsort in m

2,2 = Koeffizient

-1/9 = Koeffizient

B = Bodenkennwert (Literaturwert aus Handbuch 1974)

L = Ladungsmenge Explosivstoff in kg

Mit Hilfe dieser Formel soll gewährleistet werden, dass es durch den Einsatz von Sprengmitteln ausschließlich zur Kavernenbildung ohne Auswurf kommt. Eine Trichterbildung durch Ausbläser soll ausgeschlossen werden. Somit umfasst  $H_0$  alle 3 Zonen gem. Abbildung 13. Formel (3) ergibt folgendes Ergebnis:

Tabelle 10: Berechnung von  $H_0$

Kaliber	L kg	$H_0$		Einbautiefe mit geringer / keiner Auswirkung (gem. Tab. 8)
		von m	bis m	
2 cm	0,0062	0,35	0,37	0,50 m
3,7 cm	0,026	0,57	0,59	1,00 m
8,8 cm	0,9	1,85	1,92	1,50 m

Das bedeutet z. B. bei Kal. 3,7 cm, dass es bei einer Einbautiefe von 0,59 m zu keinen Ausbläsern kommen dürfte. Wie die Versuchsergebnisse in Tab. 8 zeigen, kommt es erst bei einer Einbautiefe von 1,00 m nicht mehr zu Ausbläsern. Bei 0,50 m ist dagegen ein starker bis mittlerer Auswurf zu beobachten.

Die Ursachen hierfür können an den bereits eingangs beschriebenen Versuchsbedingungen liegen: Verdichtung, gleicher Detonationsort, unterschiedliche Explosivstoffmassen und -zusammensetzungen, zusätzliche Wirkung durch die Art des Explosivstoffes des Zünders und dessen Masse.

Andererseits ist aber auch die Frage nach der Eignung solcher Näherungen bei Kampfmitteln mit geringen Explosivstoffmassen zu beantworten. Dies ließe sich nur durch weitere Versuche klären.

#### **5.2.4 Fazit und Aussicht**

Grundsätzlich hat sich die Erwartung bestätigt, dass die Detonationswirkung an der Oberfläche mit der Explosivstoffmasse zunimmt, aber mit dem Abstand des Detonationsortes von der Geländeoberfläche abnimmt.

Die Trichterbildung kann auf zweierlei Arten erfolgen: durch Ausblasen von Bodenmaterial oder durch Einsturz unterirdischer Hohlräume.

Den beobachteten Ereignissen Trichterbildung und Bodenauswurf wurden Rechenansätze aus der kommerziellen und militärischen Sprengtechnik gegenübergestellt. Diese Ansätze haben zum Ziel, bei Vorgaben von Trichter- und Kavernengrößen die notwendige Explosivstoffmenge zu berechnen. Bei den Sprengversuchen dagegen waren die Explosivstoffmengen annähernd bekannt, die Auswirkung der Detonationen aber nicht.

Es hat sich gezeigt, dass die rechnerische Näherung an die Beobachtungen und Messungen ein mit Einschränkungen weiter zu verfolgender Weg ist. Ein Großteil der Einzelversuche korreliert mit Schwankungen weitgehend mit dem rechnerischen Ansatz. Dennoch ist festzuhalten, dass die Stichprobenanzahl zu gering ist und einige Abweichungen innerhalb der Versuchsreihen nicht mit den rechnerischen Lösungen korrespondieren bzw. nicht erklärt werden können. Hierfür können verschiedene Ursachen verantwortlich sein: die im Einzelnen unbekannte Explosivstoffmasse und –zusammensetzung, geringe Unterschiede in der Wiederverdichtung des überlagernden Bodenmaterials oder die zusätzliche Wirkung durch den nachträglich aufgebrachten Zünder. Auch ist die grundsätzliche Anwendbarkeit der vorgestellten Näherungslösungen für Kampfmittel mit geringen Explosivstoffmassen zu hinterfragen. Es ist davon auszugehen, je größer die Sprengstoffmassen sind, umso vernachlässigbarer sind vermutlich die anderen Parameter wie bspw. Verdichtung.

Nicht betrachtet wurde der Einfluss einer möglichen Verdämmung. Den herangezogenen Formeln liegt die geballte, weitgehend unverdämmte Sprengladung zu Grunde. Hierfür ergibt sich die Verdämmung aus dem umgebenden Material (Erdreich, Bauwerk etc.). Die zur Wirkung gebrachten Kampfmittel sind aber zusätzlich mit Metall in unterschiedlicher Stärke und sehr wahrscheinlich auch unterschiedlicher Zusammensetzung ummantelt. Durch diese Ummantelung ist gewährleistet, dass der Sprengstoff vollständig durchdetoniert und gegenüber der unverdämmten Ladung ein höherer Impuls erzeugt wird. Damit erreicht im Vergleich verdämmter zu unverdämmter Sprengladung die verdämmte Ladung eine größere

Wirkung beim Bodenauswurf. Künftigen Versuchen bliebe es vorbehalten, die Belastbarkeit der Formeln mit weiteren Kampfmitteln in anderen Bodenzusammensetzungen zu überprüfen.

## 5.3 Splitterwirkung in der Luft und im Boden

### 5.3.1 Einleitung

Für die Bewertung der Splitterwirkung wurden in Abhängigkeit des visuellen Befundes nach jedem Versuch folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Traten die Splitter offensichtlich an die Erdoberfläche aus, wurde deren Wirkung mit Hilfe der Aluminiumbleche erfasst.
- Traten Splitter offensichtlich nicht an die Erdoberfläche aus, wurde senkrecht über dem Detonationsort mit Handschachtung der Boden aufgegraben und die gefundenen Splitter in ihrer Tiefenlage unter Geländeoberkante bestimmt.

### 5.3.2 Ergebnisse

In der folgenden Tabelle 11 sind die Beobachtungen und Messungen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 11: Splitterbildung

Versuch	Kaliber	Einbautiefe m u GOK	Splitter <sup>*1</sup> m u GOK	Aluminiumblech <sup>*2</sup>
V05	2 cm	0,10	> 0,00	Deutliche Abdrücke
V15		0,10	> 0,00	Deutliche Abdrücke
V16		0,10	> 0,00	Deutliche Abdrücke
V02		0,30	0,30	-
V14		0,30	0,30	-
V01		0,50	0,50	-
V13		0,50	0,50	-
V10	3,7 cm	0,30	> 0,00	Deutliche Abdrücke
V19		0,30	> 0,00	(Kein Aluminiumblech eingesetzt)
V03		0,50	0,01	-
V09		0,50	0,02	-



V18		0,50	0,05	-
V08		0,70	0,30	-
V17		0,70	0,65	-
V11		1,00	1,00	-
V07	7,5 cm	0,70	0,01	-
V04		1,50	1,40	-
V12	8,8 cm	1,00	> 0,00	Leichte Abdrücke (Aluminiumblech aus Rahmen gerissen)
V06		1,50	1,40	-

\*1 Splitterbildung in m unter Geländeoberkante. Bei > 0,00 m treten Splitter in die Atmosphäre ein.

\*2 Visuelle Beobachtung

Bei einigen Versuchen war die Wirkung auf die Aluminiumbleche so groß, dass diese aus dem Rahmen gerissen und teilweise zerstört wurden. Die Wirkung einzelner Splitter bei derartigen Fällen kann nicht mit den Versuchen verglichen werden, bei denen die Aluminiumbleche in der Halterung verblieben.

In der folgenden Abbildung wurden die Ergebnisse für die 2 cm SprGr und 3,7 cm SprGr grafisch dargestellt.

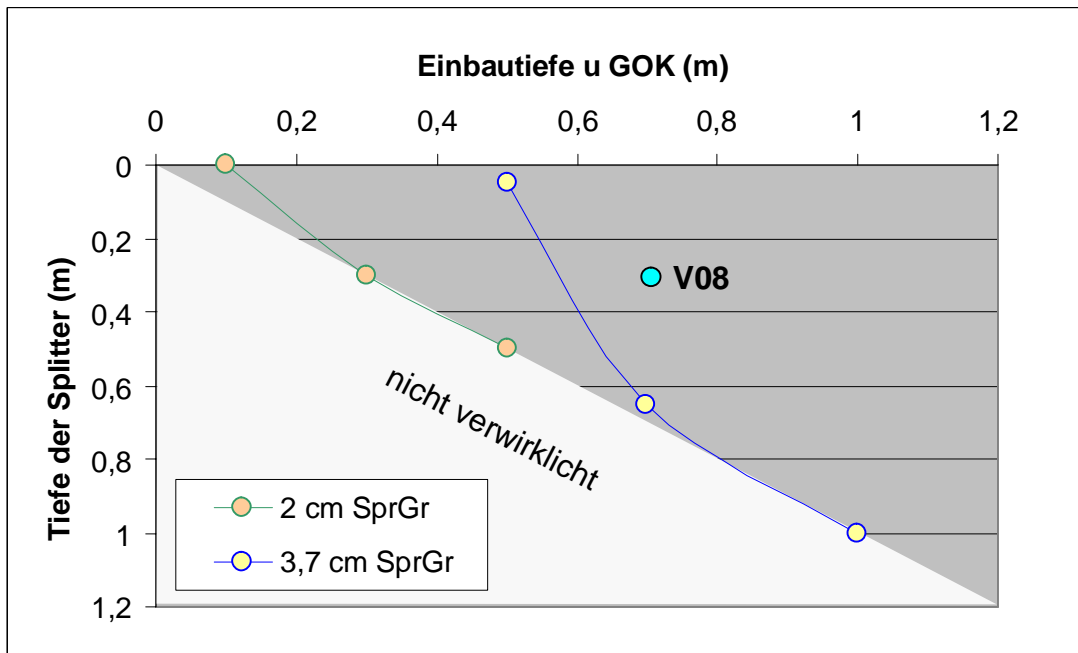


Abb. 16: Abhängigkeit der Splittertiefe von der Detonationstiefe.

Bei der Versuchsreihe 2 cm SprGr korrelieren die Splittertiefen mit den Detonationstiefen annähernd linear. Splitter traten bei einer Einbautiefe von 0,30 m u GOK nicht aus. Sie fanden sich bei diesen Versuchen noch am Ort der Detonation. Bei einer Einbautiefe von 0,10 m traten die Splitter aus dem Boden aus. Deshalb kann derzeit nicht genau die Einbautiefe angegeben werden, bei der die Splitter gerade nicht mehr aus dem Untergrund austreten würden. Diese Beobachtungen decken sich mit der Berechnung des Radius der Zerstörungszone  $R_z$  (s.o.). Danach sollte die Zerstörungszone bis zu einer Einbautiefe von 0,2 m unter Geländeoberkante bis an die Erdoberfläche reichen, wodurch ein Austritt von Splittern möglich wäre.

Der  $R_z$ -Wert liegt für 3,7 cm SprGr bei ca. 0,32 m. Die Versuche ergaben, dass bei einer Einbautiefe von weniger als 0,5 m unter Geländeoberkante Splitter aus dem Untergrund austraten. Bei größerer Einbautiefe wurde keine Splitterwirkung an der Geländeoberkante beobachtet (einen Ausreißer stellt der Versuch V08 dar; die Gründe für das Versuchsergebnis sind derzeit nicht bekannt). Insofern gibt es eine deutliche Abweichung zwischen der berechneten Zerstörungszone und den experimentell ermittelten Werten.

Die beiden Versuche mit den 8,8 cm SprGr brachten sehr unterschiedliche Ergebnisse. Bei einer Einbautiefe von 1,5 m fanden sich die Splitter erst bei ca. 1,40 m u GOK. Demgegenüber führte die Detonation in 1,0 m Tiefe zur Zerstörung des Versuchsrahmens und des Aluminiumblechs. Möglicherweise ist dieser deutliche, nicht zu erwartende Unterschied auf unterschiedliche Explosivstoffe bzw. Explosivstoffmassen zurückzuführen.

## 5.4 Erschütterungsmessungen Boden

### 5.4.1 Einleitung

Die Erschütterungsmessungen im Boden wurden von der Fa. geoFact GmbH, Bonn, konzipiert und durchgeführt (geoFact 2006).

Hierzu wurden für jeden Versuch zwei senkrecht zueinander angeordnete Reihen von Erschütterungsaufnehmern aufgebaut. Die Erschütterungsaufnehmer waren mit kalibrierten Geschwindigkeits- oder Beschleunigungssensoren ausgestattet, so dass die Bodenbewegungen direkt in Millimeter pro Sekunde bzw. G (in  $m/s^2$ ) gemessen werden konnten. Jede Reihe enthielt 3 Messwertaufnehmer. Deren Abstände vom Detonationsort lagen zwischen 1 und 7 m.

Durch die Anordnung der Aufnehmer in zwei senkrecht angeordneten Profilen sollte untersucht werden, ob die Bodenbewegungen, z.B. aufgrund der asymmetrischen Form der Kampfmittel, richtungsabhängig sind. Aufgrund der teilweisen Übersteuerung der

Erschütterungsaufnehmer und der indirekten Kalibrierung der Geophone (s.u.) wurde auf eine Untersuchung der Anisotropie verzichtet.

Da bei den Erschütterungsaufnehmern die Gefahr bestand, dass die in der Nähe des Detonationsortes liegenden Aufnehmer übersteuern könnten und damit keine brauchbaren Messwerte liefern würden, wurde ein weiteres Messprofil mit Geophonen eingerichtet. Dem Vorteil der geringeren Übersteuerungsempfindlichkeit stand der Nachteil gegenüber, dass die Geophone nicht kalibriert waren. Die Kalibrierung der Messwerte der Geophone erfolgte über den Vergleich mit den Messwerten der Erschütterungsaufnehmer, denn einige der Geophone waren direkt neben den kalibrierten Aufnehmern installiert worden. Der Abstand der Geophone betrug 1 Meter, die Profillänge 7 m.

Alle Detektoren waren mit Dreikomponenten-Schwingungsaufnehmern bestückt, so dass die Bodenbewegungen in allen drei Raumrichtungen gemessen werden konnten.



Abb. 17: Anlegen der geophysikalischen Messeinrichtungen (die gelb-roten Detektoren sind die Vertikalgeophone, die gelben die Horizontalgeophone. In der Plastiktüte befindet sich der Beschleunigungsaufnehmer, der dazugehörige Datenaufnehmer ist als roter Kasten in der Plastikbox zu erkennen.)

## **5.4.2 Ergebnisse**

Durch die Detonation eines Kampfmittels im oder auf dem Boden wird der Untergrund reversibel (elastisch) und irreversibel (inelastisch) verformt. Die irreversible Verformung ist unter anderem durch Zerstörung und Kraterbildung im unmittelbaren Umfeld des Versuchsortes zu erkennen. Die reversible Verformung ist die Ausbreitung elastischer Wellen, die zu Erschütterungen oder Schwingungen im Boden führen. Auch diese Bodenbewegungen können Menschen verletzen.

Um mögliche Auswirkungen zu beurteilen, sind die Maximalwerte der gemessenen Bodenerschütterungen in Abhängigkeit der Entfernung vom Detonationsort relevant. Diese werden im Folgenden weiter betrachtet.

Hinweis zu den folgenden Tabellen dieses Kapitels: Es wurden die Maximalwerte aufgeführt, die mit den kalibrierten Erschütterungsaufnehmern gemessen wurden. Da diese im Nahbereich einer Detonation häufig übersteuert waren, wurden dort die Messwerte der Geophone verwendet. Es ist zu bemerken, dass diese aus der Korrelation mit den Messwerten der Erschütterungsaufnehmer, die im Fernbereich gemessen wurden, abgeleitet wurden. Bei einigen unmittelbar vergleichbaren Werten scheinen die zurückgerechneten Geophonmessungen teilweise zu hohen Werten geführt zu haben.

### **5.4.2.1 2 cm SprGr**

Die Beschleunigungsmessung zeigt die aus den verschiedenen Wellenanteilen resultierende Bodenbewegung in der Umgebung des Detonationszentrums bis 7 m Entfernung (geoFact 2006). Aufgrund der hohen Dämpfungswerte des trockenen Sandbodens klingen die Bodenwellen schnell ab.

Tabelle 12: Geophysikalische Messungen am Beispiel Kaliber 2 cm (dargestellt sind die Vektorsummen der drei Richtungskomponenten der Erschütterungsaufnehmer. Die gepunktet unterstrichenen Werte wurden von den Messwerten der Geophone abgeleitet, da die Erschütterungsaufnehmer an diesen Stellen übersteuert waren)

Ver- such	Tiefe [m]	Entfernung vom Detonationsort											
		1 m	3 m	5 m	7 m	1 m	3 m	5 m	7 m	1 m	3 m	5 m	7 m
		Geschwindigkeit (m/sec)				Beschleunigung in G				Verschiebung ( $\mu\text{m}$ )			
V05	0,10	<u>28</u>	5,7	3,2	2,6	<u>0,75</u>	0,16	0,09	0,05	<u>230</u>	28,5	19,4	14,5
V15	0,10	30	8,3	4,9		1,27	0,32	0,26		139,1	39,1	22,1	
V16	0,10	37,1	8,5	5,5		1,64	0,35	0,31		144,4	40,2	22,8	
V02	0,30		23,9		8,8		1,35		0,39		79		35
V14	0,30	19,3	5	3,3		0,84	0,23	0,19		86,3	26,7	15,3	
V01	0,50	105,2	26,5	10,7		2,94	1,43	0,38		599,7	84,2	34,4	
V13	0,50	54,8	7,4	5,9		2,2	0,34	0,29		219,9	43,5	25,3	

Werden die einzelnen Werte für gleiche Einbautiefen verglichen, können deutliche Unterschiede festgestellt werden:

- Einbautiefe 0,10 m: die Versuche V15 und V16 haben zu sehr ähnlichen Werten geführt, die jedoch deutlich höher als die Messwerte des Versuchs V05 sind.
- Einbautiefe 0,30 m: der Versuch V14 hat deutlich niedrigere Werte als der Versuch V02 erbracht.
- Einbautiefe 0,50 m: der Versuch V13 hat deutlich geringere Werte als der Versuch V01 ergeben.

Die Versuche V13 bis V16 haben am gleichen Versuchsort stattgefunden. Es ist derzeit unklar, ob diese Bedingungen für die unterschiedlichen Messwerte verantwortlich sind. Ein weiterer Grund können auch unterschiedliche Explosivstoffmassen sein.

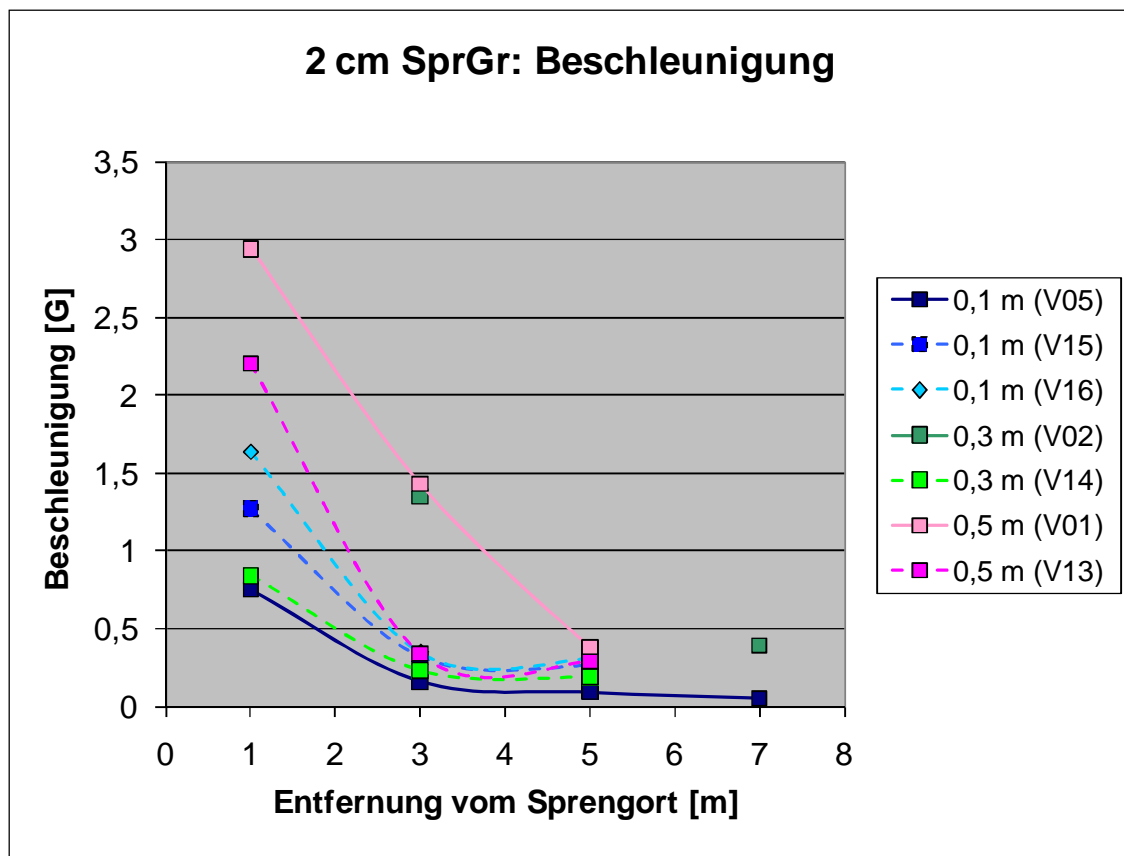


Abb. 18: Abhängigkeit Lage Detonationsort und Beschleunigung bei Kal. 2 cm: durchgezogene Linie = Versuche bei trockenen Bodenverhältnissen, gestrichelte Linie: Versuche bei feuchten Bodenverhältnissen bei / nach Regen, Quadrate: Versuche mit Abdeckung durch Aluminiumblech, Karos: Versuche ohne Abdeckung durch Aluminiumblech.

Die Messungen in 0,1 m und 0,5 m Tiefe zeigen die zu erwartende Zunahme von Geschwindigkeit, Beschleunigung und Verschiebung mit zunehmender Tiefe der Detonation an. Dies ist deshalb zu erwarten, weil bei 0,1 m Einbautiefe ein größerer Teil der Energie in die Atmosphäre entweicht. Bei einer Einbautiefe von 0,5 m verbleibt die Energie vollständig im Untergrund. Die Messungen bei 0,3 m Einbautiefe passen nicht in dieses Muster: Der Versuch V14 zeigt Werte, die denen einer Einbautiefe von 0,1 m, der Versuch V02 denen einer Einbautiefe von 0,5 entsprechen (siehe Abbildung 18).

#### 5.4.2.2 3,7 cm SprGr

Die Ergebnisse für die Versuche mit 3,7 cm SprGr sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 13: Geophysikalische Messungen am Beispiel Kaliber 3,7 cm (dargestellt sind die Vektorsummen der drei Richtungskomponenten der Erschütterungsaufnehmer. Die gepunktet unterstrichenen Werte wurden von den Messwerten der Geophone abgeleitet, da die Erschütterungsaufnehmer an diesen Stellen übersteuert waren)

Ver- such	Tiefe [m]	Entfernung vom Detonationsort											
		1 m	2 m	4 m	6 m	1m	2 m	4 m	6 m	1m	2 m	4 m	6 m
			3 m	5 m	7 m		3 m	5 m	7 m		3 m	5 m	7 m
Geschwindigkeit (mm/sec)				Beschleunigung in G				Verschiebung (µm)					
V10	0,30	<u>140</u>	54,2	20,5	15,2	<u>4,6</u>	1,66	0,57	0,46	<u>1020</u>	380,8	133,8	87,7
V19	0,30	<u>510</u>	27,9	12,7		<u>38,6</u>	0,63	0,31		<u>2350</u>	211	89,3	
V03	0,50	<u>245</u>	54,3		22,2	<u>16,8</u>	2,34		0,76	<u>1700</u>	237,8		82,7
V09	0,50	<u>220</u>	65,3	22,8	16,6	<u>10,4</u>	1,64	0,65	0,54	<u>1200</u>	451,8	142,6	87,3
V18	0,50	<u>500</u>	30	13,4		<u>38,2</u>	0,69	0,50		<u>2300</u>	214,9	98,9	
V08	0,70	<u>350</u>	25,2	19,9		<u>24,8</u>	0,89	0,70		<u>1150</u>	151,2	89,2	
V17	0,70	<u>820</u>	28,5	14,3		<u>74,9</u>	0,76	0,53		<u>2500</u>	202,9	105,7	
V11	1,00		128,6 28,4	17,1	11,8		10,1 0,84	0,70	0,46		370,0 48,5	82,3	63,5

Im Gegensatz zu den Ergebnissen mit 2 cm SprGr sind die Werte - abhängig von der Einbautiefe - vergleichbar. So liegt die Geschwindigkeit in 3 m Entfernung von Detonationsort zwischen 27,9 und 30,0 mm/sec, die Beschleunigung zwischen 0,63 und 0,89 G und die Verschiebung zwischen 148,5 und 214,9 µm.

Werden die Beschleunigungen in Abhängigkeit von der Entfernung zum Detonationsort aufgetragen, ergibt sich eine sehr gute Korrelation. Die stetige, zunächst deutliche Abnahme, die ab einer Entfernung von ca. 4 bis 5 m nur noch unwesentlich ist, ist in der folgenden Abbildung zu erkennen.

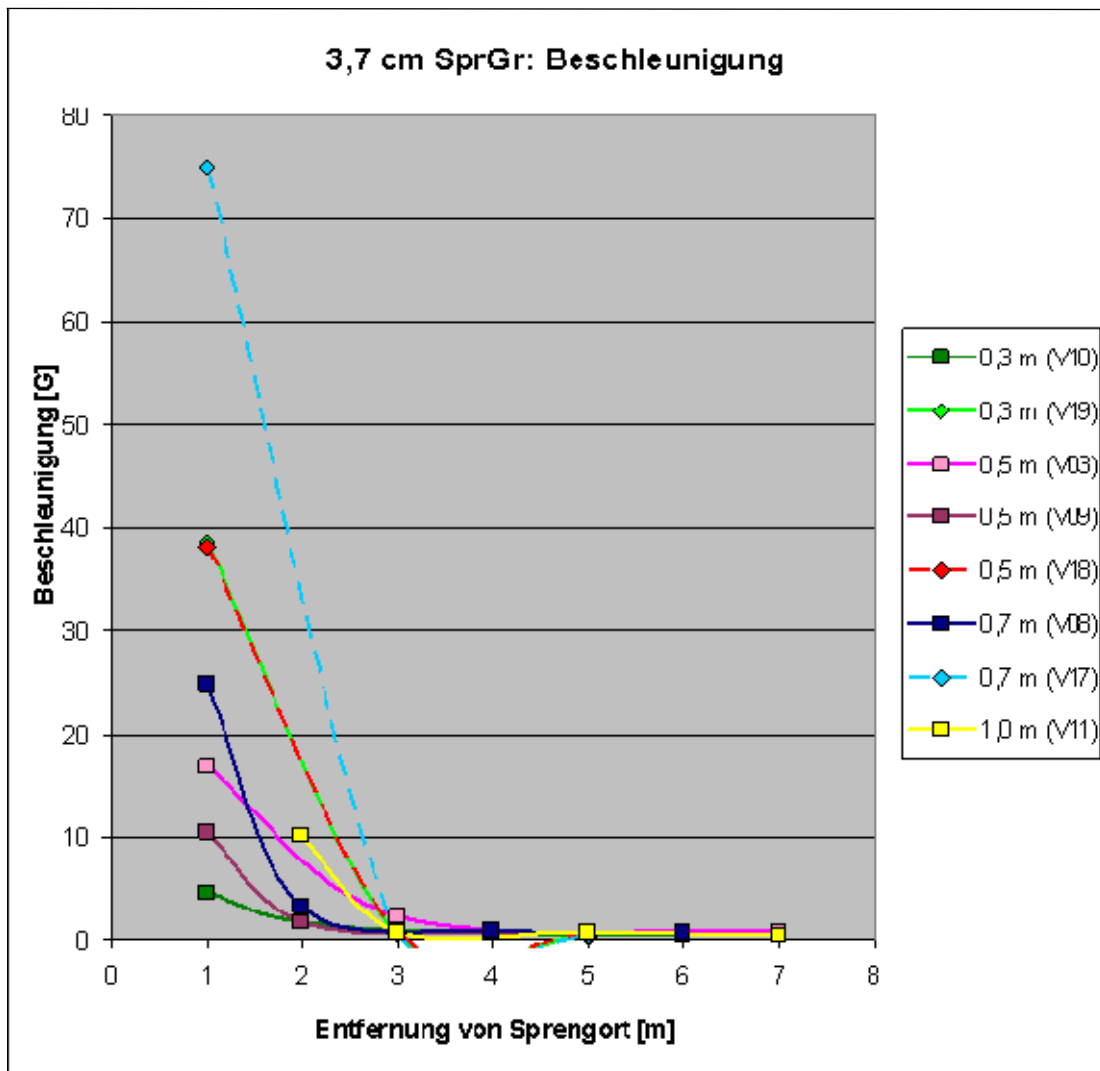


Abb. 19: Abhängigkeit Lage Detonationsort und Beschleunigung bei Kal. 3,7 cm: durchgezogene Linie = Versuche bei trockenen Bodenverhältnissen, gestrichelte Linie: Versuche bei feuchten Bodenverhältnissen bei / nach Regen, Quadrate: Versuche mit Abdeckung durch Aluminiumblech, Karos: Versuche ohne Abdeckung durch Aluminiumblech.

Es wird deutlich, dass mit zunehmender Einbautiefe die Beschleunigungen höher sind. Dies war zu erwarten und wird mit den Versuchen bestätigt. Gleichzeitig wird aber auch deutlich, dass bei feuchten Bodenverhältnissen (Versuche V17, V18 und V19) deutlich höhere Beschleunigungen entstehen, als bei den gleich tief ausgelösten Detonationen bei trockenen Bodenverhältnissen.



### 5.4.2.3 7,5 cm SprGr und 8,8 cm SprGr

Die Ergebnisse für die Versuche mit 7,5 cm SprGr und 8,8 cm SprGr sind in den beiden folgenden Tabellen zusammengestellt:

Tabelle 14: Ergebnisse der Sprengungen 7,5 cm SprGr (dargestellt sind die Vektorsummen der drei Richtungskomponenten der Erschütterungsaufnehmer)

Ver- such	Tiefe [m]	Entfernung vom Detonationsort											
		2 m	3 m	5 m	7 m	2m	3m	5m	7m	2m	3m	5m	7m
		Geschwindigkeit (mm/sec)				Beschleunigung in G				Verschiebung (µm)			
V07	0,70	104	44,0	19,6	14,8	4,5	1,03	0,63	0,39	720,7	298,8	165	107,3
V04	1,50	155	70,3	45,4	36,4	5,6	3,41	1,43	2,43	691,7	359,4	206,5	206,5

Tabelle 15: Ergebnisse der Sprengungen 8,8 cm SprGr (dargestellt sind die Vektorsummen der drei Richtungskomponenten der Erschütterungsaufnehmer. Die gepunktet unterstrichenen Werte wurden von den Messwerten der Geophone abgeleitet, da die Erschütterungsaufnehmer an diesen Stellen übersteuert waren)

Ver- such	Tiefe [m]	Entfernung vom Detonationsort											
		2m	3m	5m	7m	2m	3m	5m	7m	2m	3m	5m	7m
		Geschwindigkeit (mm/sec)				Beschleunigung in G				Verschiebung (µm)			
V12	1,00	880,3	<u>132</u>	85,6	<u>37,6</u>	131,7	<u>3,17</u>	3,19	<u>1,76</u>	2041	<u>834,3</u>	424,4	<u>244,9</u>
V06	1,50	398,8	<u>119,7</u>	81,8	<u>36,5</u>	27,3	<u>5,34</u>	2,58	<u>2,10</u>	2313	<u>589</u>	431,5	<u>238</u>

Da jeweils nur zwei Versuche in unterschiedlichen Tiefen durchgeführt wurden, lassen sich keine vergleichenden Auswertungen anstellen.

Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Messungen für die 8,8 cm SprGr in 3 m und 7 m aufgrund der Detektoreigenschaften übersteuert sind. Sie besitzen deshalb nur eingeschränkte Aussagekraft.

### 5.4.3 Zusammenfassung der Messergebnisse

Als durchschnittliche Beschleunigungen sind in einem Meter Entfernung von Detonationsort – unabhängig von der Einbautiefe – folgende Werte zu erwarten:

- 2,0 cm SprGr: ca. 1 bis ca. 3 G
- 3,7 cm SprGr: bis zu ca. 75 G
- 7,5 cm SprGr: bis zu 5,6 G in zwei Metern Entfernung vom Detonationsort
- 8,8 cm SprGr: bis zu 131,7 G in zwei Metern Entfernung vom Detonationsort

Es wird deutlich, dass mit zunehmendem Sprengstoffgewicht die Beschleunigungen steigen. In den Sandböden klingen diese Beschleunigungen vergleichsweise schnell, offenbar exponentiell, ab. Bereits bei einer Entfernung von ca. 4 m vom Detonationsort liegen die Beschleunigungen bei den Detonationen der 2 cm und 3,7 cm SprGr unter 1 G.

Mit zunehmender Einbautiefe steigen die Beschleunigungen an. Dies war zu erwarten, da bei flach detonierenden Kampfmitteln ein größerer Teil der freigesetzten Energie in die Atmosphäre geht.

Offensichtlich hat der Feuchtegehalt eines Sandbodens einen signifikanten Einfluss auf die Beschleunigung. Die Detonationen der 3,7 cm SprGr, die nach einem Regen erfolgten, ergaben wesentlich höhere Beschleunigungen als vergleichbare Detonationen im trockenen Boden.

## 5.4.4 Interpretation der Ergebnisse

### 5.4.4.1 Auswirkungen auf den Menschen

Eindeutige Grenzwerte, ab denen beispielsweise eine Beschleunigung zu Verletzungen beim Menschen führen, existieren nicht. Dies ist in den sehr verschiedenen Ausprägungen des menschlichen Körperbaus begründet, die wiederum u.a. vom Alter, Geschlecht, Trainingsgrad etc. abhängen.

Dennoch gibt es Anhaltspunkte, mit denen es möglich ist, eine Tendenz aufzuzeigen. Nach mündlichen Aussagen der WTD 91 Meppen sind folgende Beschleunigungswerte bekannt, deren Wirkungen sich teilweise aus eigenen Erfahrungen nachvollziehen lassen:

0,3 G Pkw-Anfahrt

1,5 G Verkehrsflugzeug beschleunigt

4 G Achterbahn fahren

8 G Schleudertrauma kann entstehen

10 G Ohnmacht kann eintreten

Zudem wurde mitgeteilt, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 5 bis 10 % ab ca. 5 G Verstauchungen an Füßen bzw. Beinen, ab ca. 20 G Frakturen des Fußes auftreten können.

In den beiden folgenden Grafiken wurden zusammenfassend, die maximal ermittelten bzw. abgeschätzten Beschleunigungen dargestellt.

Danach liegen die Beschleunigungen, die durch Detonationen von 2 cm SprGr hervorgerufen wurden, in einem Bereich, der wohl nicht oder nur bei ungünstigen Konstellationen zu Verletzungen des Menschen führen würde.

Die Beschleunigungen, die bei Detonationen von 3,7 cm SprGr entstehen können, liegen – in Abhängigkeit der Tiefe der Detonation – bis zu einer Entfernung von ca. 2 m in einer Größenordnung, die Verletzungen des Menschen, wie z.B. Fußfrakturen, sehr wahrscheinlich machen.

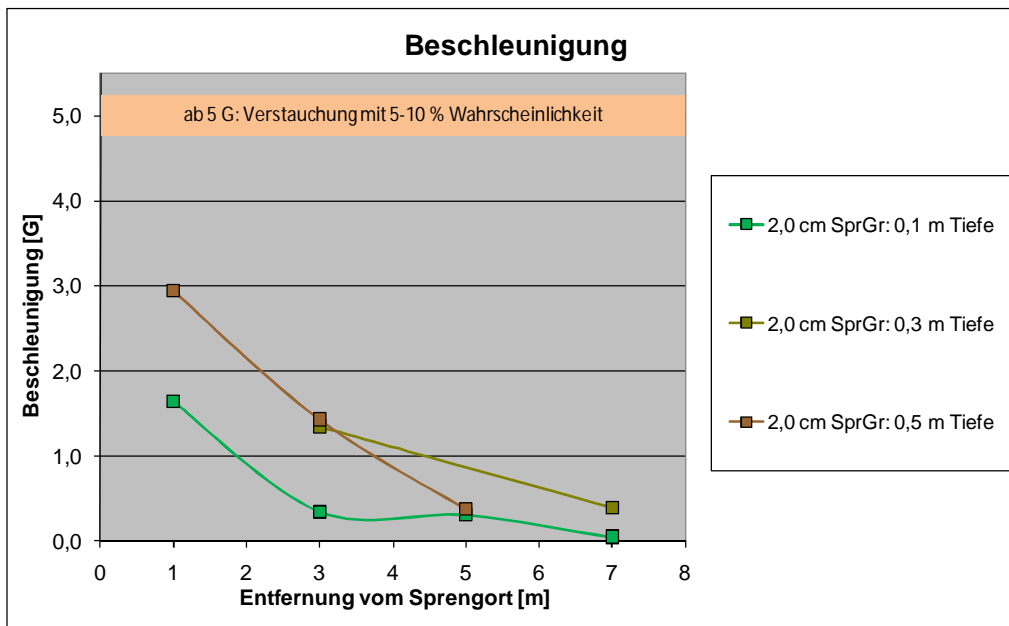


Abb. 20: Beschleunigung bei Kaliber 2 cm

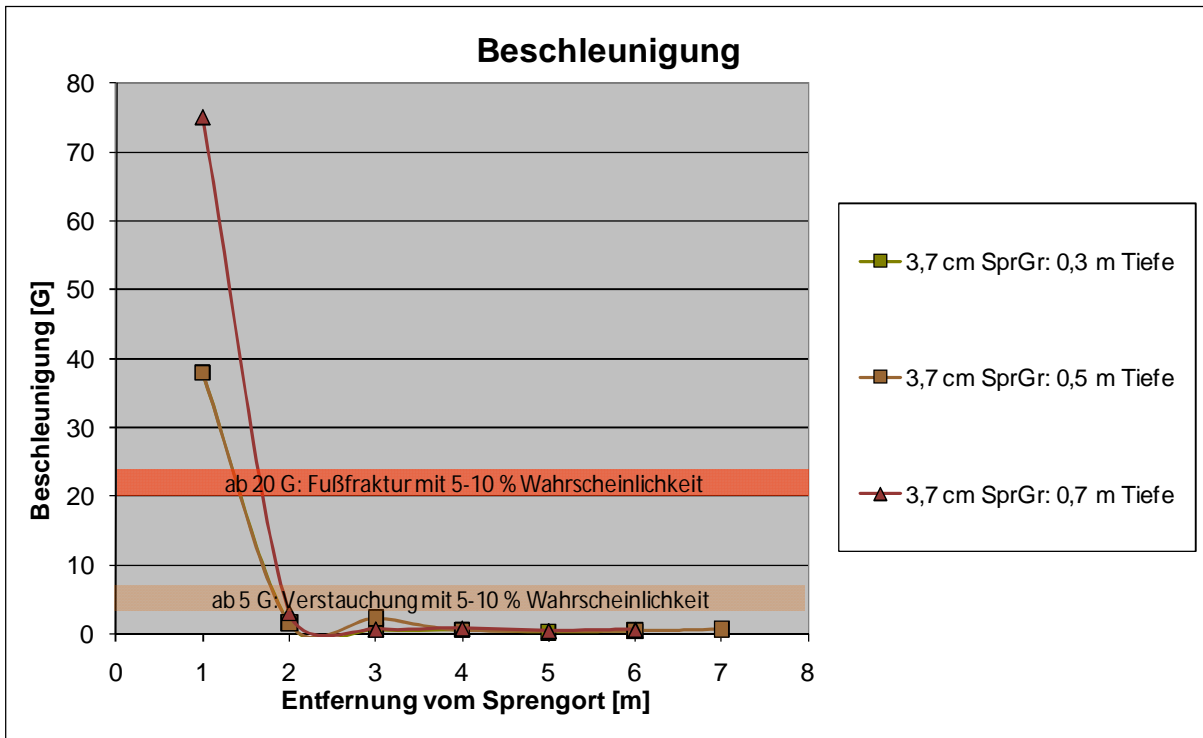


Abb. 21: Beschleunigung bei Kaliber 3,7 cm

Die Auswirkungen einer Beschleunigung von 137 G auf den Menschen, die bei der Detonation einer 8,8 cm SprGr in einem Meter Tiefe und 2 m Entfernung von Detonationsort gemessen wurde, sind derzeit nicht bekannt.

## **6. Zusammenfassung der Ergebnisse**

Mit den Sprengversuchen auf Usedom konnten erste Daten für die Auswirkung von im Erdreich detonierenden Kampfmitteln, in Abhängigkeit von der Explosivstoffmasse und Tiefenlage, ermittelt werden. Hierzu wurden Originalkampfmittel aus dem 2. Weltkrieg unter realen Fundsituationen bei den Versuchen zur Detonation gebracht. Alle Messeinrichtungen waren bis auf die Messung des Luftdrucks über die gesamte Dauer voll funktionsfähig. Für die meisten Versuche wurden schlüssige Ergebnisse erzielt, die im Folgenden zusammengefasst werden.

### **6.1 Luftdruck**

Die Messungen des Luftdrucks schlugen fehl; sie lieferten keine interpretierbaren Ergebnisse.

### **6.2 Trichter und Ausblasung**

Grundsätzlich hat sich die Erwartung bestätigt, dass die Detonationswirkung an der Oberfläche mit der Explosivstoffmasse zunimmt, aber mit dem Abstand des Detonationsortes von der Geländeoberfläche abnimmt.

Den beobachteten Ereignissen Trichterbildung und Bodenauswurf wurden Rechenansätze aus der kommerziellen und militärischen Sprengtechnik gegenübergestellt. Es hat sich gezeigt, dass die rechnerische Näherung an die Beobachtungen und Messungen ein mit Einschränkungen weiter zu verfolgender Weg ist. Ein Großteil der Einzelversuche korreliert mit Schwankungen weitgehend mit dem rechnerischen Ansatz. Dennoch ist festzuhalten, dass die Stichprobenanzahl zu gering ist und einige Abweichungen innerhalb der Versuchsreihen nicht mit den rechnerischen Lösungen korrespondieren. Eine Einflussgröße könnte die Verdämmung sein: Den herangezogenen Formeln liegt die geballte (= unverdämmte) Sprengladung zu Grunde. Die zur Wirkung gebrachten Kampfmittel sind mit Metall in unterschiedlicher Stärke und möglicherweise unterschiedlicher Zusammensetzung ummantelt. Ein Teil der Detonationsenergie wird dafür aufgewendet, diese Ummantelung aufzusprengen und steht der Trichterbildung nicht mehr zur Verfügung. Eine Quantifizierung ist jedoch mit den hier durchgeführten Versuchen nicht möglich.

### **6.3 Splitterwirkung**

Für die 2 cm und 3,7 cm Granaten konnten die Tiefenlagen bestimmt werden, ab denen bei einer Detonation im Untergrund mit Splintern an der Geländeoberfläche gerechnet werden muss. Diese Tiefe liegt bei 2 cm Granaten zwischen 0,1 und 0,3 m unter Geländeoberkante. Eine genauere Angabe ist mangels entsprechender Versuche nicht möglich. Bei 3,7 cm Granaten liegt diese Tiefe bei ca. 0,5 m unter Geländeoberkante. Die jeweils zwei Versuche mit 7,5 cm und 8,8 cm Granaten ergaben stark voneinander abweichende Tiefen der Splitterlage. Auf Basis von jeweils nur zwei Versuchen kann keine allgemeingültige Aussage über derartige Tiefen gemacht werden.

### **6.4 Bodenerschütterungen**

Die durch die Detonationen hervorgerufenen Erschütterungen können schädigend auf den Menschen wirken. Das Ausmaß der Schädigung hängt vom Kampfmittel (Nettoexplosivstoffmasse), Ort der Detonation (Tiefe und Entfernung vom Schutzgut) und den bodenmechanischen Eigenschaften ab. In Sandböden klingen z.B. die Beschleunigungen des Bodens, die durch die Detonation ausgelöst werden, bereits nach kurzer Distanz ab. Insofern wird derzeit davon ausgegangen, dass die Detonation von 2 cm Granaten keine oder nur unter ungünstigen Umständen schädliche Wirkungen durch Bodenerschütterungen hervorrufen. Die 3,7 cm Granaten verursachten dagegen Beschleunigungen, die noch bei einer Distanz vom Detonationsort zum Menschen von ca. 1 bis 2 m z.B. zu Fußfrakturen führen können.

### **6.5 Fazit**

Mit den Sprengversuchen konnten – bis auf den Aspekt Luftdruck/Luftstoß – die wesentlichen Daten für die Beurteilung der Wirkungen von im Untergrund detonierenden Kampfmitteln auf den Menschen ermittelt werden. Hieraus lassen sich die notwendigen Daten für die Gefährdungsabschätzung von mit derartigen Kampfmitteln belasteten Flächen ableiten.

Deshalb sind aus Sicht der Gefährdungsabschätzung für 2 cm und 3,7 cm Granaten für Sandböden derzeit keine weiteren Untersuchungen notwendig, auch wenn die absolute Anzahl der Versuche aus grundsätzlichen statistischen Überlegungen zur notwendigen Anzahl von Versuchen als zu gering betrachtet werden muss.

Die sehr unterschiedlichen Ergebnisse für die Versuche mit 7,5 cm und 8,8 cm Granaten lassen keine sicheren Schlussfolgerungen zu.

Hinsichtlich der Wirkung derartiger Detonationen in bindigen Böden liegen keine Daten vor. Aus den Messungen im Sandboden können keine unmittelbaren Rückschlüsse für bindige Böden gezogen werden, denn es ist davon auszugehen, dass

- die Kohäsion bindiger Böden die Splitterwirkung gegenüber Sanden verringern sollte
- in Abhängigkeit der Steifigkeit bindiger Böden Bodenerschütterungen ein größeres Ausmaß annehmen können als in Sandböden.

## 7. Empfehlungen für weitere Untersuchungen

In den letzten Jahren gewonnene Informationen deuten im Gegensatz zum Kenntnisstand vor Beginn der Sprengversuche darauf hin, dass sowohl bei deutschen Dienststellen als auch bei alliierten Dienststellen und Archiven Berichte von vergleichbaren Versuchen, die im Rahmen der Munitionsentwicklung und –erprobung während und nach dem Zweiten Weltkrieg erfolgten, verfügbar sind oder sein könnten. Diese sollten recherchiert und ausgewertet werden. Hierdurch ist zu erwarten, dass die Datengrundlage zur Bewertung der Detonationsauswirkungen deutlich verbessert werden kann.

Die Fortführung der technischen Versuche sollte sich auf nicht handhabungsfähige Kampfmittel konzentrieren. Die Gefahr, dass handhabungsfähige Kampfmittel ohne Direktkontakt bei Bodeneingriffen im Untergrund zur Umsetzung gelangen, kann weitgehend ausgeschlossen werden.

Sprengversuche an manchen Arten nicht handhabungsfähiger Kampfmittel sind sinnvoll, da es bei diesen schon ohne Direktkontakt bei Bodeneingriffen zur Umsetzung kommen könnte. Möglicherweise sind diese auch schon durch Erschütterungen von der Oberfläche aus zur Detonation zu bringen.

Allerdings können hierfür keine „Originalkampfmittel“ verwendet werden. Zur Gewährleistung des Arbeitsschutzes bei der Versuchsdurchführung sind handhabungssichere Alternativkampfmittel zu verwenden. Die Versuche sollten dann als Worst-Case- Betrachtung aufgebaut werden, um die Akzeptanz der Untersuchungsergebnisse für die Gefährdungsabschätzung sicher zu stellen.

Auch zeigte sich mit den durchgeführten Sprengversuchen, dass eine Vielzahl von Parametern die Ergebnisse beeinflussen (Munitionsart, Sprengstoffeigenschaften, Auswirkung der Zündvorrichtung, Verdämmung des Kampfmittels, Bodenart, Verdichtung etc.). Dadurch ist eine starke Streuung der Messergebnisse zu erwarten. Eine verlässliche Fehleranalyse und die Ermittlung reproduzierbarer und belastbarer Ergebnisse ist daher nur dann möglich, wenn die Auswahl, Präparierung und Charakterisierung der verwendeten Kampfmittel sehr sorgfältig erfolgt und die Klassifizierung und Herstellung des Bodens am Einbauort wie schon bei den vorangegangenen Versuchen hohen Qualitätsansprüchen genügt.



## 8. Literatur

ohne Verfasser (1974): Handbuch zur Berechnung von Grabenschutzbauwerken (Originaltitel: Rukovodstvo po raščetu fortifikacionnych sooruzenij kotlovannovo tipa) - Moskau (unveröffentlicht)

Riedel et al. (1985): Militärische Sprengtechnik - Militärverlag der DDR, Berlin

geoFact GmbH (10/2006): Testsprengungen Usedom - Geophysikalische Messungen - Ergebnisbericht der geoFact GmbH, Bonn (unveröffentlicht)

Wode (08/2005): Hinweise zum Erdbau – Ingenieurbüro Wode, Sehnde (unveröffentlicht)



# **Anhang 1**

## **Dokumentation der Versuchsergebnisse**

**Versuche V01 bis V20 und V22**



# Erläuterungen

Die Versuche V01 bis V20 und V22 und die gewonnenen Ergebnisse werden im Folgenden dokumentiert. Die Dokumentation umfasst die Gliederungspunkte:

1. Allgemeine Angaben zum Versuch („Kopfdaten“)
2. Angaben zum Kampfmittel
3. Ergebnisse des Versuchs
  - 3.1. Allgemeine Angaben
  - 3.2. Ergebnisse
    - 3.2.1. Auswirkungen / Beobachtungen
    - 3.2.2. Ergebnis Splitterwirkung
    - 3.2.3. Ergebnis Luftstoßwelle
    - 3.2.4. Ergebnis Erderschütterungen

Jede Versuchsdokumentation umfasst bei einer einheitlichen inhaltlichen Darstellung drei Seiten.



### 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V01  
 Kampfmittel: 2 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 26.09.2005, 15:30 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzündler (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,50 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: heiter  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

### 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

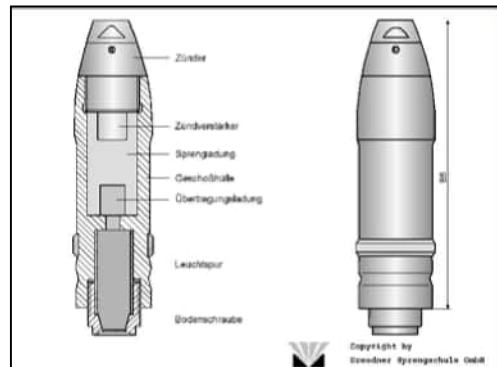


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank <sup>1</sup>	Messungen
Bezeichnung	2 cm Sprenggranate Lsp	-
Länge [cm]	8,0	6,2
Gesamtgewicht [kg]	0,115	0,085
Explosivstoffmasse [kg]	0,0062	-

### 3. Versuch

#### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

Trichterbildung:  Ja  Nein

Trichterdurchmesser: 0,02 m

Trichtertiefe: 0,20 m u.GOK

Auswurf Folie:  Ja  Nein \_\_\_\_\_ m Streuung

Sonstige Beobachtungen: -

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein

Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein

Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein

Tiefe oberster Splitter: 0,50 m u.GOK

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messungen durchgeführt:  Ja  Nein

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	-
Druck in 5 m Entfernung	-



### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

(Tabelle Maximalamplituden der seismischen Auslagen nicht vorhanden)

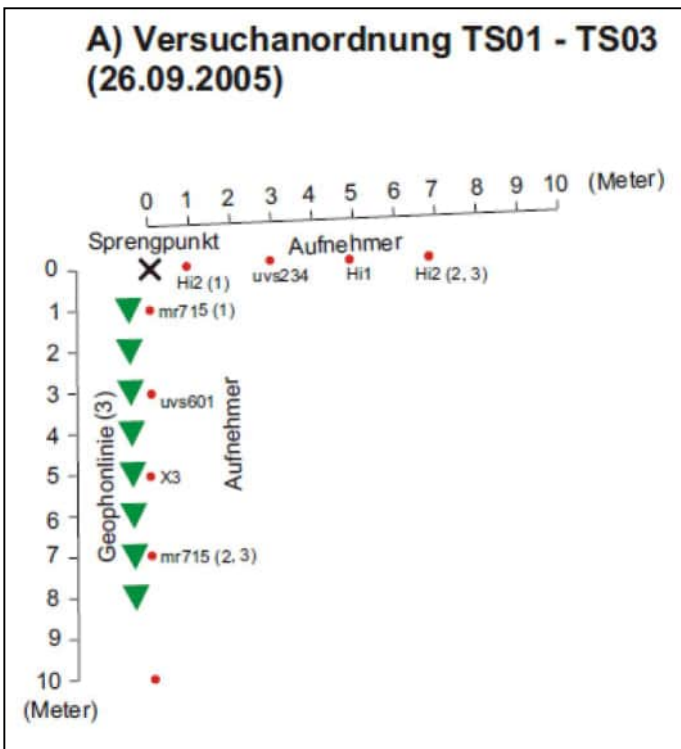


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

Versuch		maxV	maxA	maxU		
<b>TS01</b>						
mr715	L ( 1.0 m)	105.2 mm/s	2.94 G	599.7 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
	T	18.9	9.4	0.38	18.7	104.1
L	62.6	12.5	1.12	18.7	480.8	15.6
Z	95.3	15.6	2.69	53.1	422.3	15.6
x3	L ( 3.0 m)	26.5 mm/s	1.43 G	84.2 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
	T	2.9	56.3	0.13	66.7	7.9
L	13	21.9	0.43	53.1	46.4	18.7
Z	25.5	40.6	1.4	100	70.2	34.4
uvs234	L ( 5.0 m)	10.7 mm/s	0.38 G	34.4 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
	T	2.6	74.3	0.14	89.9	5.5
L	9.2	43	0.34	43	23.7	39.1
Z	7.7	31.3	0.34	89.9	31.6	23.5
hi2	L ( 1.0 m)	83.4 mm/s	0.67 G	412.6 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
	T	4	15.6	0.06	21.9	32.2
L	45.4*	9.3*	0.47*	15.7*	302.4*	15.6*
Z	70.0*	6.3*	0.52*	15.6*	285.0*	12.5*
hi1	L ( 3.0 m)	13.0 mm/s	0.26 G	59.8 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
	T	2.1	40.6	0.05	43.8	9.3
L	4.2	46.9	0.11	50	28.8	15.7
Z	13	40.6	0.29	43.7	59.2	34.4
uvs601	L ( 5.0 m)	10.7 mm/s	0.38 G	34.4 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
	T	2.6	74.3	0.14	89.9	5.5
L	9.2	43	0.34	43	23.7	39.1
Z	7.7	31.3	0.34	89.9	31.6	23.5

Tab.1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, F= Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

TS01	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
mr715	1.0 m	4,89	22,02	22,73
hi2	1.0 m	14,48	1,44*	18,37*
x3	3.0 m	0,78	2,57	4,78
hi1	3.0 m	1,57	0,56	3,65
uvs601	5.0 m	1,94	0,57	1,9

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = maximale Schwingstärke)



### 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V02  
 Kampfmittel: 2 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 26.09.2005, 16:20 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzündler (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,30 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: heiter  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

### 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

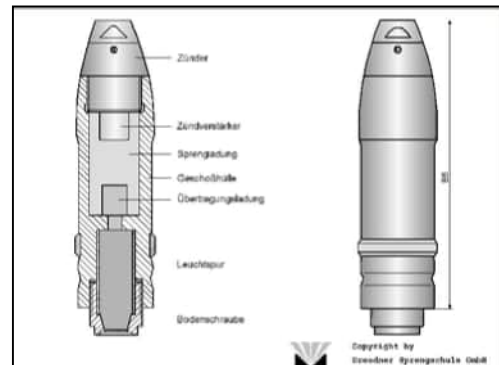


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank <sup>1</sup>	Messungen
Bezeichnung	2 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	8,0	6,2
Gesamtgewicht [kg]	0,115	0,085
Explosivstoffmasse [kg]	0,0062	-

### 3. Versuch

#### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule GmbH

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

Trichterbildung:  Ja  Nein

Trichterdurchmesser: 0,01 m

Trichtertiefe: 0,20 m u.GOK

Auswurf Folie:  Ja  Nein 0,40 m Streuung

Sonstige Beobachtungen: Ein großer Teil der herausgeworfenen Erde ist durch Abprallen am Blech wieder in den Trichter zurückgefallen.

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein

Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein

Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein

Tiefe oberster Splitter: 0,30 m u.GOK

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	-
Druck in 5 m Entfernung	-

### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

(Tab. Maximalamplituden der seismischen Auslagen nicht vorhanden)

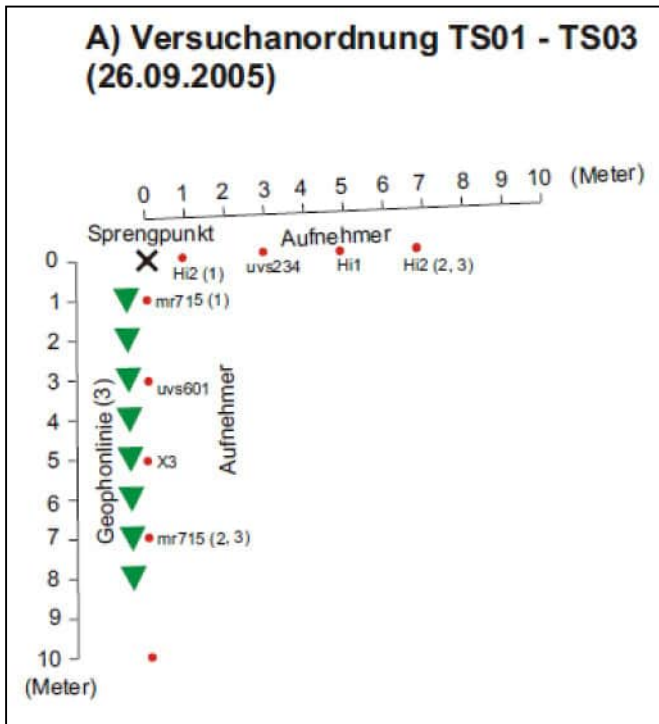


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

Versuch		Vmax	Amax	Umax			
<b>TS02</b>							
x3	L ( 3.0 m)	23,9 mm/s	1,36 G	79,0 $\mu$ m			
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T		2,5	69,7	0,12	68,8	5,6	59,4
L		11,6	53,1	0,43	53,1	45,1	18,7
Z		23,5	37,5	1,3	96,9	70,5	31,3
<b>mr715</b>							
mr715	L ( 7.0 m)	8,8 mm/s	0,39 G	35,0 $\mu$ m			
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T		2	37,5	0,07	84,3	6,6	34,4
L		6,5	34,4	0,24	96,9	26,5	31,2
Z		6,9	65,6	0,33	93,8	25,8	21,9
<b>hi1</b>							
hi1	C ( 3.0 m)	12,8 mm/s	0,31 G	62,8 $\mu$ m			
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	( $\mu$ m)	(Hz)
T		1,8	40,6	0,04	43,7	7,3	37,5
L		4,8	46,9	0,13	50	30,9	15,7
Z		12,8	37,5	0,29	43,7	62,3	34,4
<b>uvs601</b>							
uvs601	C ( 5.0 m)	10,0 mm/s	0,39 G	31,6 $\mu$ m			
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	( $\mu$ m)	(Hz)
T		2,9	58,6	0,14	101,6	4,5	43
L		8,4	43	0,35	43	20,3	39,1
Z		6,5	31,3	0,29	36,1	30,3	27,3
<b>hi2</b>							
hi2	C ( 7.0 m)	4,7 mm/s	0,09 G	29,2 $\mu$ m			
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	( $\mu$ m)	(Hz)
T		1	40,6	0,03	40,7	5	37,5
L		3,6	34,4	0,07	37,5	17,9	28,1
Z		4,1	25	0,07	28,1	22,9	21,9

Tab.1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung. F= Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

TS02	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
x3	3.0 m	0,58	2,89	4,61
hi1	3.0 m	1,59	0,54	3,6
uvs601	5.0 m	1,85	0,5	1,67
mr715	7.0 m	0,59	1,8	1,74
hi2	7.0 m	1,22	0,33	1,24

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = maximale Schwingstärke)



## 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V03  
 Kampfmittel: 3,7 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 26.09.2005, 17:00 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzündler (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,50 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: heiter  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

## 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

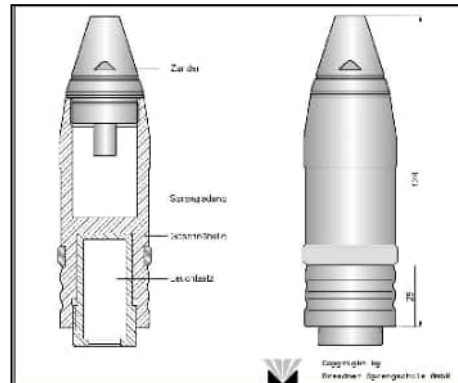


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank <sup>1</sup>	Messungen
Bezeichnung	3,7 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	12,8	9,4
Gesamtgewicht [kg]	0,623	0,435
Explosivstoffmasse [kg]	0,050*	-

\* Angabe MBD Mecklenburg-Vorpommern

## 3. Versuch

### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule GmbH

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

Trichterbildung:  Ja  Nein

Trichterdurchmesser: keine Angabe

Trichtertiefe: 0,50 m

Auswurf Folie:  Ja  Nein

Sonstige Beobachtungen: -

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein

Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein

Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein

Tiefe oberster Splitter: 0,01 m u.GOK

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	-
Druck in 5 m Entfernung	-



### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

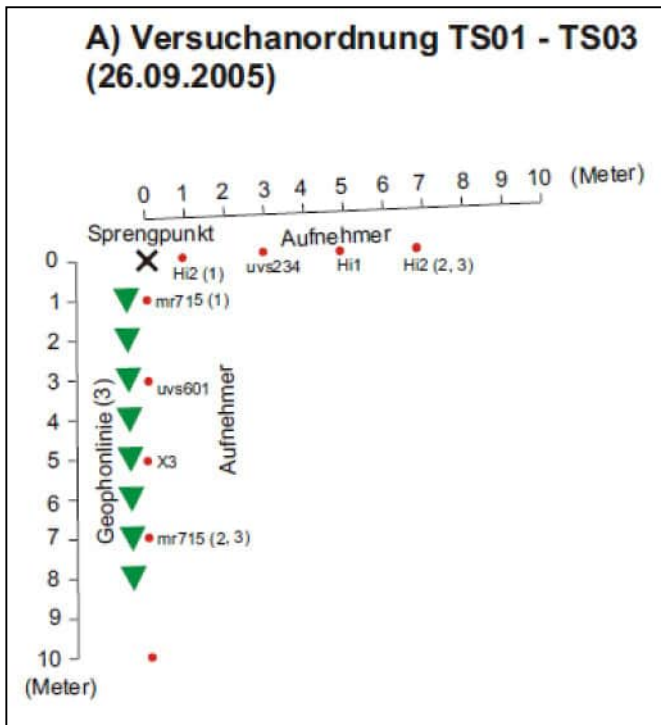


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

Versuch		V <sub>max</sub>	A <sub>max</sub>	U <sub>max</sub>			
TS03	x3	L ( 3.0 m)	54.3 mm/s	2.34 G	237.8 μm		
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
	T	3.5	82.5	0.14	86.6	9.9	18.7
	L	25.4	18.7	0.73	21.9	153.6	15.6
	Z	49.9	37.5	2.31	71.9	185.7	31.2
mr715	L ( 7.0 m)	22.2 mm/s	0.76 G	82.7 μm			
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
	T	5.5	34.4	0.2	53.1	21.2	34.4
	L	13.4	31.2	0.38	31.3	59.6	28.1
	Z	18	59.4	0.73	62.5	78.2	18.7
hi1	C ( 3.0 m)	36.2 mm/s	0.62 G	169.3 μm			
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
	T	6.1	40.6	0.17	43.8	24.4	37.5
	L	22.1	9.3	0.41	43.8	160.3	15.6
	Z	30.5	8.2	0.46	40.6	102.1	12.5
uvs601	C ( 5.0 m)	18.9 mm/s	0.60 G	103.3 μm			
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
	T	4	7.8	0.12	66.4	12.8	15.6
	L	15.3	35.2	0.54	58.6	62	35.2
	Z	16.9	27.4	0.54	51.3	99.6	19.6
hi2	C ( 7.0 m)	11.7 mm/s	0.23 G	79.4 μm			
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
	T	1.6	37.5	0.03	37.5	7.8	34.4
	L	8.1	28.1	0.19	31.3	50.3	25
	Z	8.4	21.9	0.14	25	60.9	18.8

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer. V<sub>max</sub> = max. Geschwindigkeit, A<sub>max</sub> = max. Beschleunigung, U<sub>max</sub> = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

TS03	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
x3	3.0 m	0,62	6,42	12,1
hi1	3.0 m	7,31	1,66	8,1
uvs601	5.0 m	4,97	0,84	3,59
mr715	7.0 m	1,46	3,98	4,51
hi2	7.0 m	3,12	0,48	2,99

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = maximale Schwingstärke)

Versuch		Seismometer, ...														Gesamtauslenkung		Geschwindigkeit (v) in mm/s		Beschleunigung (a) in Milli g/s		Verschiebung (u) in mm		
MaxVec(v), t0(v), MaxVec(a), t0(a), MaxVec(u), t0(u), ...																X-Komponente		Y-Komponente		Z-Komponente				
Xmax(v), Fx(v), Xmax(a), Fx(a), Xmax(u), Fx(u), ...																Ymax(v), Fy(v), Ymax(a), Fy(a), Ymax(u), Fy(u), ...		Zmax(v), Fz(v), Zmax(a), Fz(a), Zmax(u), Fz(u), ...						
Geophon	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)
	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz
<b>TS03</b>																								
P1	244,2	0,0	16781,8	0,0	1716,3	0,1	77,1	11,7	2107,1	31,2	540,0	11,7	157,0	15,6	6498,8	19,5	1625,5	11,7	208,4	42,9	16590,3	43,0	693,9	15,6
P2	82,3	0,0	1463,2	0,0	369,6	0,0	10,8	19,6	406,7	37,7	41,5	15,6	62,4	19,6	3353,0	27,4	360,5	15,6	76,0	43,0	7343,7	46,3	176,0	39,1
P3	42,1	0,0	3370,7	0,0	133,3	0,0	6,7	62,5	392,0	70,3	27,2	19,5	27,8	19,6	1438,1	58,6	126,6	15,6	37,4	39,0	3044,2	66,4	111,5	31,3
P4	40,0	0,0	1901,9	0,0	104,3	0,0	8,2	78,1	638,1	82,0	14,8	74,2	31,2	66,4	1800,0	70,3	37,7	15,6	33,3	50,8	1258,2	54,7	95,5	27,4
P5							5,9	58,6	553,0	218,8	12,1	54,7							21,0	31,2	899,9	66,4	63,2	27,3
P6	22,9	0,0	1153,4	0,0	75,3	0,0	4,9	58,6	422,9	156,2	9,2	31,2	21,0	31,3	1011,7	70,3	73,3	31,2	16,5	58,6	714,4	62,5	47,2	27,3
P7	36,4	0,0	2265,6	0,0	148,9	0,1	3,9	62,5	410,4	191,4	8,6	31,2	16,4	31,2	1190,5	128,9	52,5	27,3	33,4	23,5	2259,3	62,5	142,7	19,5
P8	35,2	0,0	1926,6	0,0	121,4	0,0	2,2	62,5	178,0	183,6	6,0	27,4	13,2	31,2	924,0	148,4	45,9	27,3	34,5	58,6	1686,9	70,3	116,8	19,5

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



### 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V04  
 Kampfmittel: 7,5 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 27.09.2005, 12:00 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzündler (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 1,50 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: heiter  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

### 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

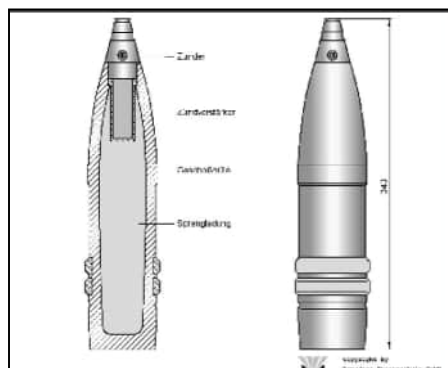


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben MBD M-V	Messungen
Bezeichnung	7,5 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	33,4*	25,9
Gesamtgewicht [kg]	5,7	5,513
Explosivstoffmasse [kg]	0,550	-

\* Angabe DSS-Datenbank<sup>1</sup> für Sprenggranate 42 (beispielhaft)

### 3. Versuch

#### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule GmbH

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

Trichterbildung:  Ja  Nein

Trichterdurchmesser: -

Trichtertiefe: -

Auswurf Folie:  Ja  Nein

Sonstige Beobachtungen: Boden hebt sich leicht an. Kamera nimmt Erschütterungen auf.

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein

Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein

Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein

Tiefe oberster Splitter: 1,40 m u.GOK

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 12:07 h

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	0,38
Druck in 5 m Entfernung	0,54

### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

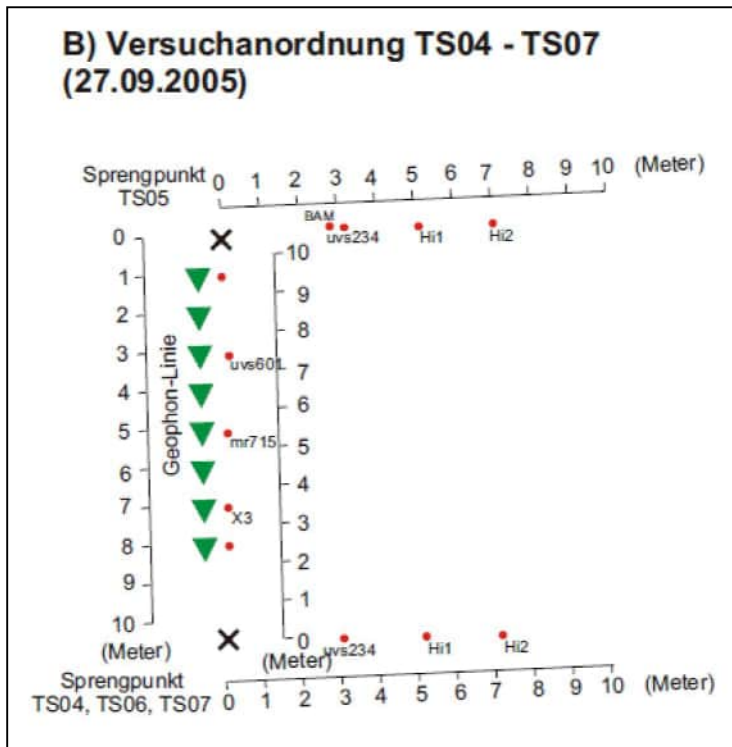


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

Versuch		Vmax	Amax	Umax		
<b>TS04</b>						
x3	L ( 3.4 m)	70.3 mm/s	3.41 G	359.4 μm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	7,1	0	0,34	68,8	29,6	12,5
L	36,3	15,6	0,98	18,8	252,6	15,6
Z	64,6	34,3	3,26	53,1	254,8	28,2
<b>mr715</b>						
mr715	L ( 5.4 m)	45.4 mm/s	1.43 G	206.5 μm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	5,6	62,5	0,2	62,5	25	18,7
L	21,5	12,5	0,44	37,5	103,8	15,6
Z	44,4	28,1	1,35	65,8	186,7	21,9
<b>uvs234</b>						
uvs234	C ( 3.0 m)	36.4 mm/s	2.43 G	204.8 μm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
T	11	39,1	0,43	50,8	47,1	31,3
L	25,6*	11,7*	1,73*	54,7*	174,2*	15,6*
Z	25,8*	31,3*	1,67*	46,9*	152,9*	27,4*
<b>hi1</b>						
hi1	C ( 5.1 m)	21.3 mm/s	0.39 G	138.4 μm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
T	6,4	31,3	0,12	34,4	31,8	28,1
L	13,6	12,5	0,31	43,7	71,2	12,5
Z	18,7	25	0,36	28,2	132	18,8
<b>hi2</b>						
hi2	C ( 7.1 m)	15.1 mm/s	0.33 G	103.5 μm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
T	2,4	21,9	0,06	25	17,9	21,9
L	9,2	31,2	0,24	43,8	47,3	12,5
Z	12	21,9	0,23	31,2	96,5	15,6

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer. Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

TS04	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
uvs234	3.0 m	9,29	8,66*	3,10*
x3	3.4 m	1,97	10,8	16,77
hi1	5.1 m	4,74	1,95	6,29
mr715	5.4 m	1,57	5,17	10,11
hi2	7.1 m	3,14	0,94	4,2

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = maximale Schwingstärke)

Versuch		Seismometer, ...																						
MaxVec(v), t0(v), MaxVec(a), t0(a), MaxVec(u), t0(u), ...		Gesamtauslenkung								Geschwindigkeit (v) in mm/s														
Xmax(v), Fx(v), Xmax(a), Fx(a), Xmax(u), Fx(u), ...		X-Komponente				Beschleunigung (a) in Milli g/s				Y-Komponente				Verschiebung (u) in mm										
Ymax(v), Fy(v), Ymax(a), Fy(a), Ymax(u), Fy(u), ...		Y-Komponente				Z-Komponente																		
Zmax(v), Fz(v), Zmax(a), Fz(a), Zmax(u), Fz(u), ...		Z-Komponente																						
Geophon	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)
	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz
TS04																								
P1	16,2	0,1	797,6	0,0	80,7	0,1	5,1	43,0	256,0	74,2	17,7	23,5	15,6	27,3	619,3	43,0	75,1	23,5	14,1	39,1	753,8	70,3	48,4	39,0
P2	19,5	0,0	963,4	0,0	72,0	0,1	5,1	74,2	320,0	74,2	17,6	27,3	17,9	27,3	569,8	82,0	60,4	27,3	19,1	46,9	906,2	117,2	57,8	23,4
P3	20,4	0,0	1268,9	0,0	75,6	0,1	3,1	27,3	311,6	148,4	13,5	23,4	17,1	27,4	887,1	78,1	58,0	27,4	18,9	39,1	1081,1	66,4	61,6	23,5
P4	28,3	0,0	1568,1	0,0	92,1	0,0	8,2	50,8	606,2	125,0	20,8	46,9	22,1	31,3	1194,2	50,8	80,5	31,2	26,3	66,4	1197,5	66,4	81,6	27,3
P5							6,0	31,3	445,0	156,3	19,7	23,5					28,7	31,2			2074,8	62,5	89,4	27,3
P6	45,5	0,0	3060,7	0,0	152,4	0,0	8,8	58,6	933,1	136,7	24,0	23,4	35,3	54,7	1684,6	58,6	151,4	15,6	41,9	31,3	2547,5	58,6	124,6	31,2
P7	109,7	0,0	8224,0	0,0	423,8	0,0	12,3	50,8	588,4	109,4	32,8	39,1	51,9	43,0	2380,8	113,3	232,7	15,6	107,7	31,3	8163,4	50,8	421,5	27,3
P8	155,0	0,0	5592,2	0,0	691,7	0,0	10,5	101,5	573,1	101,6	38,4	15,6	69,8	19,5	3601,2	70,3	339,1	15,6	154,0	35,2	5525,8	50,8	682,2	31,3

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



### 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V05  
 Kampfmittel: 2 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 27.09.2005, 14:14 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzündler (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,10 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: heiter  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

### 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

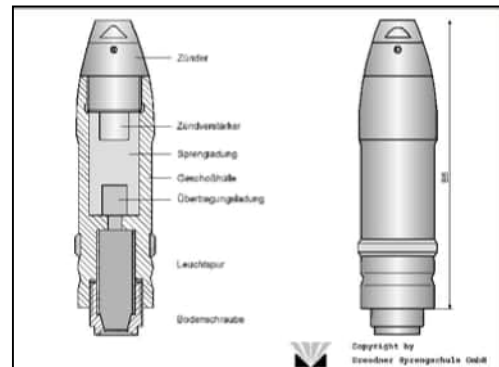


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank <sup>1</sup>	Messungen
Bezeichnung	2 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	8,0	6,2
Gesamtgewicht [kg]	0,115	0,085
Explosivstoffmasse [kg]	0,0062	-

### 3. Versuch

#### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule GmbH

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

- Trichterbildung:  Ja  Nein  
 Trichterdurchmesser: 0,40 m  
 Trichtertiefe: 0,18 m u.GOK  
 Auswurf Folie:  Ja  Nein 0,50 m Streuung  
 Sonstige Beobachtungen: -

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

- Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein  
 Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein  
 Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein  
 Tiefe oberster Splitter: -

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 14:16 h

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	-
Druck in 5 m Entfernung	-



### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

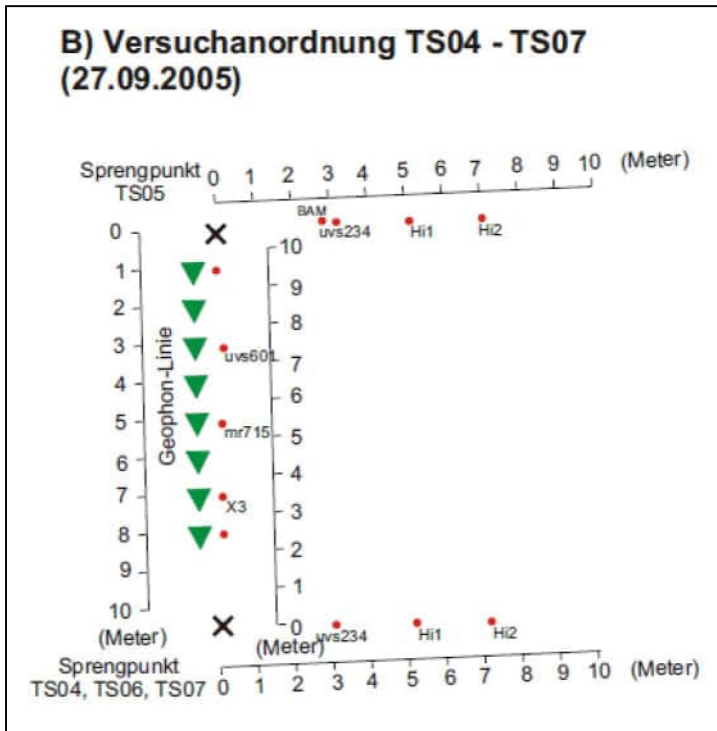


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

Versuch		Vmax	Amax	Umax		
<b>TS05</b>						
uvs601	L ( 3.0 m)	5,7 mm/s	0,16 G	28,5 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	1,3	62,5	0,05	62,5	3,5	58,6
L	4,2	43	0,1	43	19	19,5
Z	5,7	35,2	0,14	43	27,7	27,3
<b>mr715</b>						
L ( 5.0 m)	3,2 mm/s	0,09 G	19,4 µm			
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	0,4	59,4	0,02	62,5	1,2	43,8
L	2,9	40,6	0,06	43,7	13,6	28,1
Z	2,8	28,1	0,07	37,5	17,2	25
<b>x3</b>						
L ( 7.0 m)	2,6 mm/s	0,05 G	14,5 µm			
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	0,4	62,5	0,02	112,5	1,2	40,6
L	2,4	31,3	0,05	37,5	11,6	28,1
Z	2,2	28,1	0,05	43,7	12,5	21,9
<b>hi1</b>						
C ( 5.1 m)	2,7 mm/s	0,06 G	16,5 µm			
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	0,5	37,5	0,01	40,6	2,5	25
L	1,5	37,5	0,03	40,6	7,8	34,3
Z	2,4	28,2	0,06	37,5	16	25
<b>hi2</b>						
C ( 7.1 m)	2,5 mm/s	0,05 G	14,5 µm			
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	0,6	37,5	0,01	40,6	3,2	28,1
L	1,7	28,1	0,04	34,4	9,6	25
Z	2,1	28,1	0,04	28,2	13,4	25

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer. Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente.

TS05	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
uvs601	3,0 m	1,53	0,41	1,06
mr715	5,0 m	0,1	0,81	0,89
hi1	5,1 m	0,45	0,14	0,81
x3	7,0 m	0,1	0,68	0,64
hi2	7,1 m	0,56	0,2	0,7

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = maximale Schwingstärke)

Versuch		Seismometer, ...																Gesamtauslenkung				Geschwindigkeit (v) in mm/s			
MaxVec(v), t0(v), MaxVec(a), t0(a), MaxVec(u), t0(u), ...		X-Komponente								Y-Komponente								Beschleunigung (a) in Mill g/s				Verschiebung (u) in mm			
Xmax(v), Fx(v), Xmax(a), Fx(a), Xmax(u), Fx(u), ...		Xmax(v)								Xmax(a)								Xmax(u)							
Ymax(v), Fy(v), Ymax(a), Fy(a), Ymax(u), Fy(u), ...		Ymax(v)								Ymax(a)								Ymax(u)							
Zmax(v), Fz(v), Zmax(a), Fz(a), Zmax(u), Fz(u)		Zmax(v)								Zmax(a)								Zmax(u)							
Geophon	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)	
	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	
TS05																									
P1	29,3	0,0	683,3	0,0	230,5	0,0	8,6	23,4	188,4	27,3	69,9	19,5	27,4	19,6	642,2	23,5	215,2	15,7	10,6	27,3	273,8	31,2	67,0	23,4	
P2							1,3	58,6	64,5	58,6	6,3	23,4	5,1	27,3	169,8	31,2	34,7	19,6							
P3	5,5	0,0	141,0	0,0	26,1	0,1	1,1	58,6	36,7	58,6	3,2	39,1	3,2	43,0	115,1	46,9	17,8	23,5	4,6	39,1	116,5	43,0	20,4	31,3	
P4	4,3	0,1	108,2	0,0	21,2	0,1	0,8	58,6	36,4	58,6	2,1	42,9	3,4	43,0	101,9	43,0	15,6	39,1	3,3	35,2	75,9	39,1	15,2	31,2	
P5							0,7	42,9	26,0	43,0	3,0	39,1							2,6	35,2	59,5	39,1	12,0	27,4	
P6	2,8	0,1	78,0	0,1	15,4	0,1	0,5	39,1	15,7	39,1	1,9	39,1	2,3	35,2	71,2	39,1	12,7	31,2	2,4	39,0	57,1	43,0	10,7	27,4	
P7	5,3	0,1	140,8	0,1	32,2	0,1	0,5	39,1	18,9	43,0	1,8	39,1	2,0	35,1	57,7	35,2	11,8	31,2	5,3	27,4	140,5	31,3	32,1	23,5	
P8	4,9	0,1	118,2	0,1	28,2	0,1	0,3	39,1	10,4	62,5	1,1	39,1	1,8	27,4	41,9	35,1	10,5	27,3	4,8	27,4	116,8	43,0	28,1	23,4	

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



### 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V06  
 Kampfmittel: 8,8 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 27.09.2005, 15:18 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzündler (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 1,50 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: heiter  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

### 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

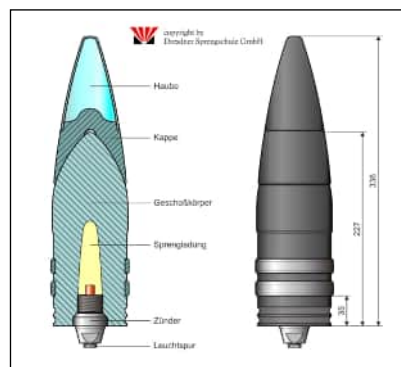


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben MBD M-V	Messungen
Bezeichnung	8,8 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	41,5*	30
Gesamtgewicht [kg]	9,0	-
Explosivstoffmasse [kg]	0,900	-

\* Angabe DSS-Datenbank<sup>1</sup> für Sprenggranate 43

### 3. Versuch

#### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule GmbH

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

Trichterbildung:  Ja  Nein

Trichterdurchmesser: 0,70 m

Trichtertiefe: 0,15 m

Auswurf Folie:  Ja  Nein

Sonstige Beobachtungen: Abb. 3b zeigt die maximale Anhebung des Versuchsgestells. Der Bodenauswurf dagegen nimmt noch zu, bei gleichzeitiger Senkung des Gestells.

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein

Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein

Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein

Tiefe oberster Splitter: 1,40 m u.GOK

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 15:27 h (?)

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	0,42
Druck in 5 m Entfernung	0,64

### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

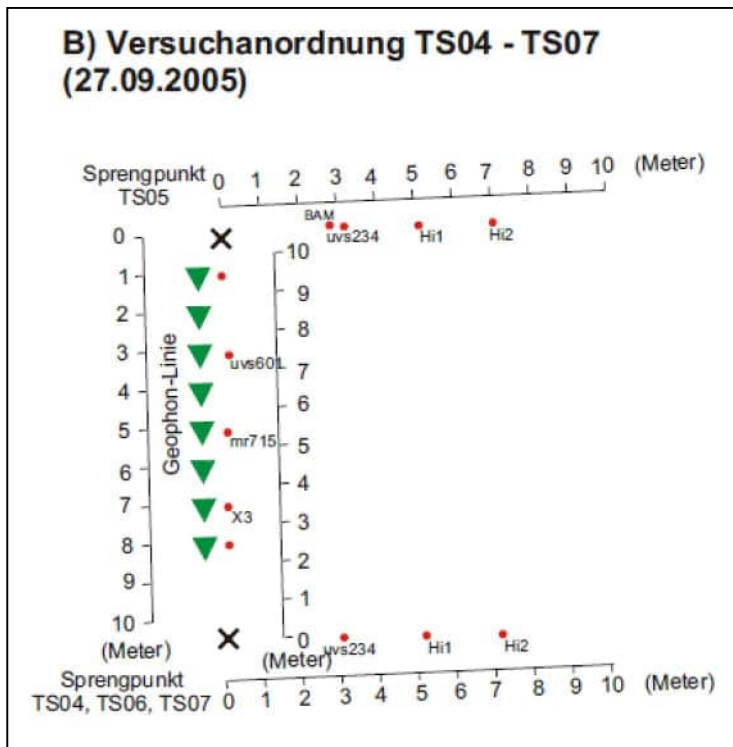


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

Versuch		Vmax	Amax	Umax		
<b>TS06</b>						
x3	L ( 3.4 m)	119,7 mm/s	5,34 G	589,0 μm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	17,5	0	0,5	25	98,7	12,5
L	76,4	9,4	1,5	12,5	483,2	12,5
Z	103,4°	28,1°	5,11°	31,3°	442,6°	25,0°
<b>mr715</b>						
mr715	L ( 5.4 m)	81,8 mm/s	2,58 G	431,5 μm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	10,4	21,8	0,23	46,3	58,8	15,6
L	40	9,4	0,82	31,2	250,5	12,5
Z	75,3	25	2,49	40,6	389,1	21,9
<b>uvs601</b>						
uvs601	L ( 7.4 m)	36,5 mm/s	2,10 G	238,0 μm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	11	23,4	0,26	54,7	56,4	19,5
L	25,6°	27,3°	0,81°	31,2°	160,1°	11,7°
Z	25,6°	39,0°	2,01°	39,1°	177,8°	15,6°
<b>hi1</b>						
hi1	C ( 5.1 m)	37,1 mm/s	0,66 G	294,7 μm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
T	10,8	18,8	0,22	37,5	79	18,7
L	34,8	9,3	0,51	37,5	168,8	12,5
Z	35,6	21,9	0,54	25	282,1	18,8
<b>hi2</b>						
hi2	C ( 7.1 m)	32,0 mm/s	0,59 G	235,6 μm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
T	7	18,8	0,12	34,4	47,4	18,7
L	18,5	9,4	0,37	40,6	96,8	12,5
Z	30	18,8	0,49	21,9	224,2	15,6

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

TS06	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
x3	3.4 m	4,51	23,99	28,77°
hi1	5.1 m	10,82	3,68	12,54
mr715	5.4 m	2,47	11,75	20,2
hi2	7.1 m	6,61	2,41	9,34
uvs601	7.4 m	9,14	2,81°	8,15°

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = maximale Schwingstärke)

Versuch	Seismometer, ...										Gesamtauslenkung										Geschwindigkeit (v) in mm/s									
	MaxVec(v), t0(v), MaxVec(a), t0(a), MaxVec(u), t0(u), ...										X-Komponente										Beschleunigung (a) in Milli g/s									
	Xmax(v), Fx(v), Xmax(a), Fx(a), Xmax(u), Fx(u), ...										Y-Komponente										Verschiebung (u) in mm									
	Ymax(v), Fy(v), Ymax(a), Fy(a), Ymax(u), Fy(u), ...										Z-Komponente																			
	Zmax(v), Fz(v), Zmax(a), Fz(a), Zmax(u), Fz(u), ...																													
Geophon	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)						
	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz						
<b>TS06</b>																														
P1	27,4	0,1	1450,9	0,0	165,8	0,1	10,5	43,0	304,1	39,1	42,3	19,6	26,4	23,5	994,9	31,3	142,4	23,4	24,9	39,1	1232,3	50,8	104,8	35,2						
P2	37,1	0,0	2140,0	0,0	169,2	0,1	8,3	39,1	415,1	58,6	29,7	23,4	26,8	27,4	1461,0	35,1	137,0	23,4	34,4	42,9	2036,4	43,0	120,6	19,5						
P3	43,3	0,0	2595,6	0,0	167,0	0,1	6,0	31,2	308,5	121,1	28,5	15,6	35,6	27,4	1913,6	109,4	131,6	27,3	35,2	39,1	2280,9	105,5	124,5	23,4						
P4	44,5	0,0	3061,9	0,0	191,8	0,0	14,2	46,9	931,8	121,0	38,5	46,9	36,3	31,3	1563,2	43,0	166,0	27,4	42,0	39,1	3024,1	50,8	163,6	27,3						
P5							7,9	23,5	737,0	132,8	48,9	23,4							69,9	35,2	5924,5	42,9	173,5	27,3						
P6	89,6	0,0	7223,5	0,0	403,3	0,0	14,1	27,3	1369,1	89,9	61,1	23,4	84,0	39,1	2946,7	43,0	403,2	11,8	84,8	35,2	7042,9	39,1	242,5	27,4						
P7	265,3	0,0	19124,9	0,0	1000,2	0,0	18,7	27,4	821,8	82,0	104,3	23,4	94,9	15,7	3840,4	66,4	610,9	11,8	264,9	27,4	19115,9	35,1	901,0	23,5						
P8	398,8	0,0	27280,2	0,0	2312,6	0,0	23,9	19,6	865,5	23,5	124,8	15,7	108,8	15,6	5585,6	50,8	875,3	11,7	385,6	31,2	27229,7	31,3	2208,5	11,7						

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



### 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V07  
 Kampfmittel: 7,5 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 27.09.2005, 17:10 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzünder (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,70 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: heiter  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

### 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

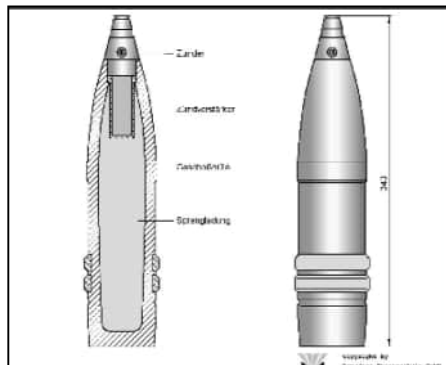


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben MBD M-V	Messungen
Bezeichnung	7,5 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	33,4*	26,8
Gesamtgewicht [kg]	5,76*	5,923
Explosivstoffmasse [kg]	0,550	-

\* Angabe DSS -Datenbank<sup>1</sup> für Sprenggranate 42 (beispielhaft)

### 3. Versuch

#### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule GmbH

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

Trichterbildung:  Ja  Nein

Trichterdurchmesser: 0,60 m

Trichtertiefe: 0,05 m

Auswurf Folie:  Ja  Nein

Sonstige Beobachtungen: Abb. 3b zeigt den größten Druck auf das Blech

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein

Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein

Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein

Tiefe oberster Splitter: 0,01 m u.GOK

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 17:13 h

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	1,20
Druck in 5 m Entfernung	1,55



### 3.2.4 Ergebnis Erdschütterungen

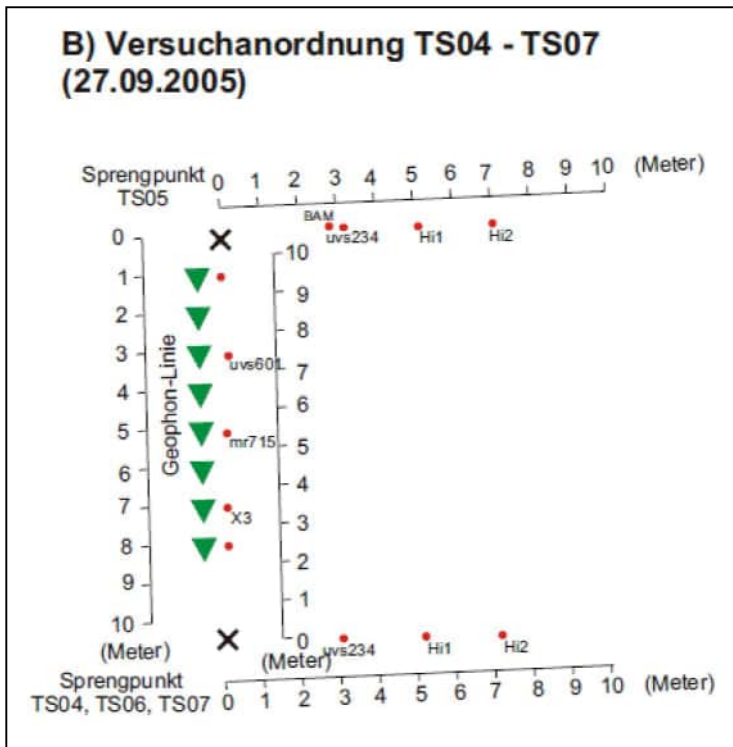


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

Versuch		Vmax	Amax	Umax
<b>TS07</b>				
x3	L ( 3.4 m)	44.0 mm/s	1.03 G	298.8 µm
	v	f	a	fa
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)
T	4,4	31,2	0,13	34,3
L	27,7	15,6	0,59	21,8
Z	37,1	25	0,95	43,8
mr715	L ( 5.4 m)	19.6 mm/s	0.63 G	165.0 µm
	v	f	a	fa
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)
T	2,6	31,3	0,11	87,5
L	14	12,5	0,37	62,5
Z	18,7	21,9	0,61	25
uvs601	L ( 7.4 m)	14.8 mm/s	0.39 G	107.3 µm
	v	f	a	fa
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)
T	2,3	62,5	0,09	62,5
L	8,9	27,3	0,26	27,4
Z	14,2	19,5	0,37	23,4
uvs234	C ( 3.0 m)	30.5 mm/s	1.15 G	296.5 µm
	v	f	a	fa
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)
T	7,5	11,7	0,32	35,1
L	25,8*	11,8*	0,96*	15,7*
Z	18,2	23,4	0,68	43
hi1	C ( 5.1 m)	19.2 mm/s	0.32 G	138.7 µm
	v	f	a	fa
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)
T	4,7	18,8	0,08	31,3
L	7,4	12,5	0,09	15,6
Z	18,5	18,8	0,31	25
hi2	C ( 7.1 m)	14.8 mm/s	0.21 G	101.8 µm
	v	f	a	fa
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)
T	3,6	21,9	0,05	25
L	5,9	21,9	0,08	25
Z	14	18,7	0,2	21,9

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

TS07	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
uvs234	3.0 m	5,85	10,81*	2,36
x3	3.4 m	0,99	0,93	9,72
hi1	5.1 m	2,69	1,4	5,77
mr715	5.4 m	0,6	3,39	6,84
hi2	7.1 m	2,09	1,08	4,32
uvs601	7.4 m	4,63	0,64	2,55

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = maximale Schwingstärke)

Versuch	Seismometer, ...		Gesamtauslenkung										Geschwindigkeit (v) in mm/s				Beschleunigung (a) in Milli g/s				Verschiebung (u) in mm			
	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)
	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz
<b>TS07</b>																								
P1	8,9	0,1	354,2	0,1	56,6	0,1	1,7	54,7	73,1	70,3	9,8	19,5	8,2	23,5	342,0	27,3	51,3	23,4	5,0	23,4	237,5	82,1	27,8	19,5
P2	7,7	0,0	321,9	0,0	51,3	0,1	2,6	27,3	108,0	97,7	8,7	23,4	6,9	27,3	208,3	27,4	42,0	23,4	7,3	23,5	303,6	62,5	41,0	19,6
P3	8,4	0,0	542,2	0,0	49,5	0,1	1,5	27,3	122,5	97,7	7,8	27,3	7,8	27,3	368,9	140,6	33,0	23,5	7,0	27,3	390,6	66,4	49,2	23,4
P4	11,6	0,0	677,3	0,0	58,8	0,1	3,0	62,5	235,7	66,4	8,1	27,3	10,2	62,5	576,7	66,4	42,9	27,3	10,0	23,5	427,6	31,2	55,0	23,4
P5							2,0	31,2	169,1	144,5	5,4	27,3					11,4	27,4	586,1	31,3	69,5	31,3	69,5	23,4
P6	19,7	0,0	1135,5	0,0	109,1	0,1	4,3	31,3	437,4	179,7	10,7	31,2	17,7	19,5	807,1	66,4	79,4	15,6	17,9	31,2	822,0	43,0	85,8	23,5
P7	79,0	0,0	2183,6	0,0	422,7	0,1	5,7	35,1	409,8	132,9	16,6	11,7	33,5	19,5	1292,7	70,3	183,8	15,6	72,2	23,5	2168,6	42,9	382,6	19,6
P8	104,0	0,0	4496,0	0,0	720,7	0,1	9,3	15,6	528,1	113,3	38,0	11,8	79,3	15,6	2144,8	35,2	414,7	15,6	96,4	43,0	4312,8	46,9	662,0	11,7

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



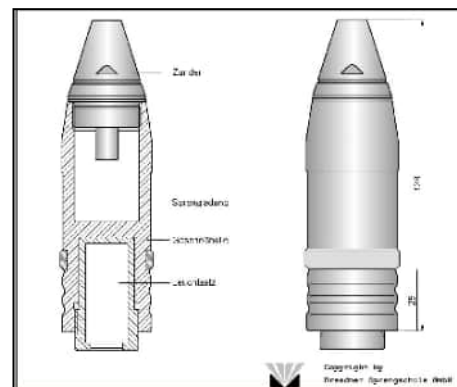
## 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V08  
 Kampfmittel: 3,7 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 28.09.2005, 11:45 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzünder (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,70 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: heiter  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

## 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank <sup>1</sup>	Messungen
Bezeichnung	3,7 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	12,8	9,4
Gesamtgewicht [kg]	0,623	0,446
Explosivstoffmasse [kg]	0,050*	-

\* Angabe MBD M-V

## 3. Versuch

### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule GmbH

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung

Abb. 3b: Maximale Auswirkung

Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

Trichterbildung:  Ja  Nein

Trichterdurchmesser: 0,10 m

Trichtertiefe: 0,07 m u.GOK

Auswurf Folie:  Ja  Nein

Sonstige Beobachtungen: -

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein

Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein

Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein

Tiefe oberster Splitter: 0,30 m u.GOK

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 11:49 h

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	0,36
Druck in 5 m Entfernung	0,40

### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

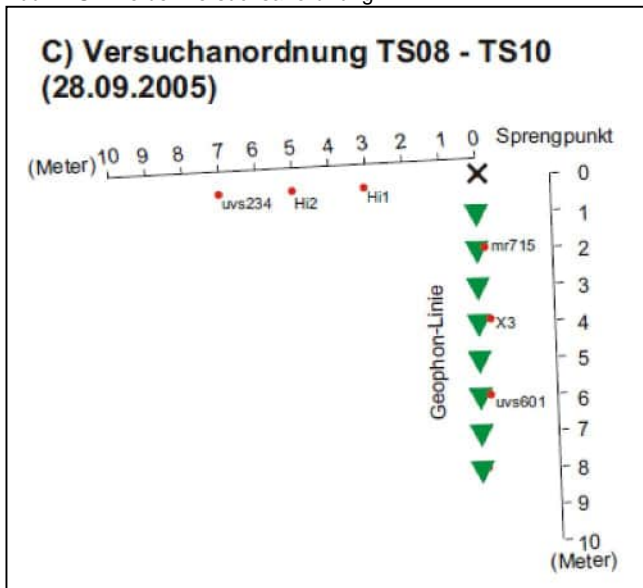


Abb. 4: Skizze der Versuchsdatenblatt

TS08	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
mr715	2.0 m	6,57	21,78	14,61
hi1	3.0 m	8,23	1,77	8,78
x3	4.0 m	1,62	3,86	6,89
hi2	5.0 m	2,35	1,21	5,22
uvs601	6.0 m	4,47	1,4	3,51
uvs234	7.0 m	3,54	1,23	3,11

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = max. Schwingstärke)

Versuch	Vmax	Amax	Umax			
<b>TS08</b>						
mr715	L ( 2.0 m)	103.4 mm/s	3.16 G	540.2 µm		
	v	v	a	fa		
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)		
T	22	18,8	0,66	34,4	159,2	15,6
L	76,3	12,5	1,53	18,8	518,8	15,6
Z	85,7	37,5	2,77	40,6	236,7	12,5
x3	L ( 4.0 m)	25.2 mm/s	0.89 G	151.2 µm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	8	34,4	0,14	37,5	31,8	21,8
L	16,3	12,5	0,59	65,7	69,6	15,6
Z	22,7	25	0,76	50	148,4	18,8
uvs601	L ( 6.0 m)	19.9 mm/s	0.70 G	89.2 µm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	6,3	31,3	0,15	39,1	23,6	23,5
L	15,1	31,3	0,64	70,3	53,5	27,4
Z	15,8	19,6	0,38	27,4	82,8	19,5
hi1	C ( 3.0 m)	33.1 mm/s	0.55 G	199.1 µm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	6,1	31,3	0,12	34,4	28,1	31,2
L	25,4	9,4	0,42	15,6	174,7	15,6
Z	32,8	6,2	0,51	34,4	146,1	21,9
hi2	C ( 5.0 m)	15.6 mm/s	0.35 G	110.1 µm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	3,3	34,3	0,08	34,4	14,9	31,3
L	7	12,5	0,15	40,6	44,4	15,6
Z	15,5	25	0,34	31,2	109,3	21,9
uvs234	C ( 7.0 m)	15.0 mm/s	0.45 G	79.0 µm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	5,5	31,3	0,21	50,8	15,7	31,2
L	12	27,4	0,34	50,8	48,5	27,3
Z	14,1	19,6	0,43	74,2	62	19,5

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

Versuch	Seismometer, ...		Gesamtauslenkung		Geschwindigkeit (v) in mm/s																			
	MaxVec(v), t0(v), MaxVec(a), t0(a), MaxVec(u), t0(u), ...		X-Komponente		Beschleunigung (a) in Mill g/s																			
	Xmax(v), Fx(v), Xmax(a), Fx(a), Xmax(u), Fx(u), ...		Y-Komponente		Verschiebung (u) in mm																			
	Ymax(v), Fy(v), Ymax(a), Fy(a), Ymax(u), Fy(u), ...		Z-Komponente																					
	Zmax(v), Fz(v), Zmax(a), Fz(a), Zmax(u), Fz(u)																							
Geophon	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)
	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz
TS08																								
P1	349,8	0,0	24798,5	0,0	1122,5	0,0	88,9	15,6	6739,3	113,3	288,7	11,7	144,3	15,7	12396,6	23,4	1054,9	11,7	315,5	39,0	21447,6	128,9	830,7	15,6
P2	124,6	0,0	9722,7	0,0	431,7	0,0	28,6	39,1	1532,9	97,8	134,7	15,6	71,3	19,5	3254,3	35,1	429,0	15,6	119,6	39,1	9541,6	43,0	244,2	35,2
P3	40,1	0,0	3104,2	0,0	145,1	0,0	14,9	39,0	792,9	39,1	58,2	35,1	34,4	19,5	2115,4	66,4	136,8	15,6	32,9	39,1	2684,7	54,7	109,3	31,3
P4	31,8	0,0	1307,2	0,0	98,9	0,0	7,9	35,2	496,5	39,1	29,8	31,3	24,3	66,4	1017,5	70,3	82,7	15,6	27,9	46,9	1213,1	54,6	98,6	27,4
P5							8,1	35,1	567,3	39,0	35,5	27,3	35,3	15,7	3141,6	437,5	245,8	11,7						
P6	19,2	0,0	979,6	0,0	59,6	0,0	6,9	35,2	408,4	58,6	26,9	27,4	16,8	31,3	940,5	66,4	51,3	31,2	11,5	27,3	531,1	62,5	46,6	23,4
P7	27,9	0,0	1151,0	0,0	161,7	0,1	5,7	35,2	256,6	39,1	23,7	27,4	12,5	31,2	757,6	66,4	45,4	27,3	24,7	23,4	864,5	62,5	156,8	19,5
P8	25,8	0,0	956,6	0,0	126,2	0,1	4,8	31,3	193,9	39,1	22,6	23,5	11,6	27,4	566,7	62,5	47,1	27,3	23,6	23,4	875,8	74,2	125,8	19,5

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



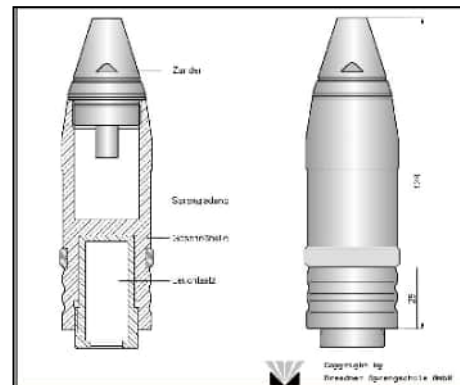
## 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V09  
 Kampfmittel: 3,7 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 28.09.2005, 12:45 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzündler (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,50 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: leicht bewölkt  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

## 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank <sup>1</sup>	Messungen
Bezeichnung	3,7 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	12,8	9,5
Gesamtgewicht [kg]	0,623	0,432
Explosivstoffmasse [kg]	0,050*	-

\* Angabe MBD Mecklenburg-Vorpommern

## 3. Versuch

### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule GmbH

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

Trichterbildung:  Ja  Nein

Trichterdurchmesser: 0,40 m

Trichtertiefe: 0,06 m u.GOK

Auswurf Folie:  Ja  Nein

Sonstige Beobachtungen: Abb. 3b zeigt den Zeitpunkt des größten Drucks auf das Alu-Blech, nicht den höchsten Bodenauswurf.

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein

Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein

Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein

Tiefe oberster Splitter: 0,02 m u.GOK

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 12:50 h

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	0,45
Druck in 5 m Entfernung	0,48



### 3.2.4 Ergebnis Erdschütterungen

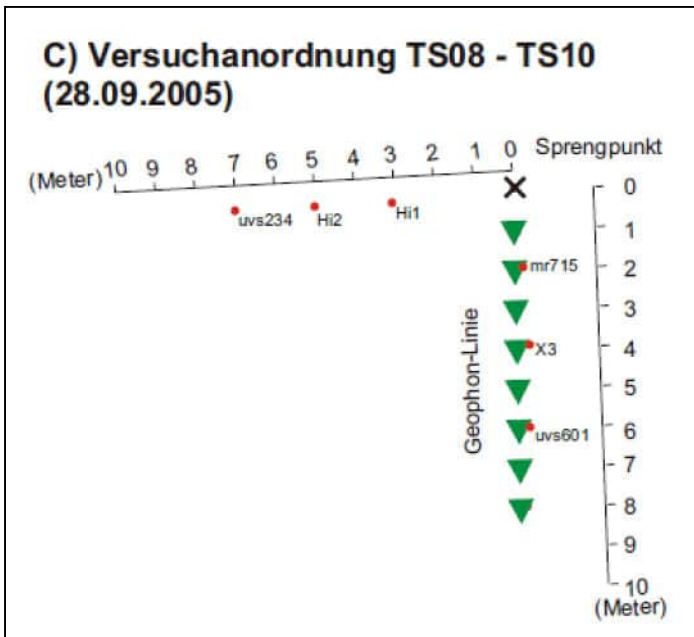


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

TS09	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
mr715	2,0 m	6,42	17,25	12,56
hi1	3,0 m	6,78	2,14	6,68
x3	4,0 m	1,57	3,39	6,41
hi2	5,0 m	2,03	1,61	5,04
uvs601	6,0 m	4,05	1,18	2,84
uvs234	7,0 m	3,13	1,38	2,62

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = max. Schwingstärke)

Versuch	Vmax	Amax	Umax			
<b>TS09</b>						
mr715	L ( 2,0 m)	65,3 mm/s	1,64 G	451,8 µm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	23,3	18,7	0,56	37,5	150,1	15,6
L	54,5	15,6	1,05	19,8	417,3	15,6
Z	42,2	37,5	1,34	43,7	218,4	15,6
x3	L ( 4,0 m)	22,8 mm/s	0,65 G	142,8 µm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	7,1	37,5	0,17	40,6	30,7	21,9
L	12,4	12,5	0,51	68,8	52,8	15,6
Z	20,3	25	0,54	28,1	139,7	19,8
uvs601	L ( 6,0 m)	16,6 mm/s	0,54 G	87,3 µm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	5,5	35,2	0,19	39,1	18,6	23,4
L	10,6	31,2	0,46	74,2	44,6	23,5
Z	16,1	23,4	0,29	27,3	81,2	19,5
hi1	C ( 3,0 m)	24,1 mm/s	0,47 G	174,3 µm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	6,8	31,3	0,15	34,4	38,8	28,1
L	21	9,4	0,24	18,7	141	15,6
Z	21,7	6,2	0,43	40,6	110,5	25
hi2	C ( 5,0 m)	17,1 mm/s	0,30 G	103,9 µm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	4,5	31,3	0,09	34,4	23,2	31,2
L	6,5	12,5	0,1	40,6	37,6	15,6
Z	16,8	25	0,29	31,2	103,2	18,8
uvs234	C ( 7,0 m)	12,5 mm/s	0,39 G	76,2 µm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	4,4	31,2	0,16	31,3	22	27,4
L	8,6	27,4	0,25	70,3	46	23,5
Z	10,8	19,6	0,39	23,5	65,7	19,5

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

Versuch	MaxVec(v)		t0(v)	MaxVec(a)		t0(a)	MaxVec(u)		t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)
Geophon	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	
<b>TS09</b>																											
P1	220,5	0,0	10395,4	0,0	1166,8	0,0	37,7	15,6	1122,1	23,4	309,1	11,7	144,1	15,6	8246,7	23,4	1059,9	11,7	168,6	43,0	8527,0	46,9	733,4	15,6			
P2	66,3	0,0	3114,3	0,0	354,1	0,0	19,9	39,1	1143,4	109,4	77,5	15,6	60,4	19,5	1711,3	23,5	347,7	15,6	40,3	42,9	2589,2	58,6	128,5	39,0			
P3	33,2	0,0	1496,8	0,0	125,4	0,0	13,8	39,0	709,2	39,1	50,8	35,2	20,8	19,5	1207,1	78,1	85,6	15,6	31,8	39,0	1249,7	58,6	111,8	31,2			
P4	26,3	0,0	1084,4	0,0	86,7	0,0	8,8	39,0	419,9	39,1	32,0	35,2	18,3	66,4	897,2	70,3	58,8	15,6	20,0	31,2	638,8	54,7	84,8	27,3			
P5							8,1	39,0	458,5	62,5	34,7	27,4	38,2	15,7	2779,7	23,5	255,9	11,7									
P6	14,4	0,0	781,2	0,0	57,6	0,1	6,7	39,0	357,8	74,2	24,2	27,4	12,3	31,2	721,7	74,2	41,5	27,3	10,2	27,3	414,0	70,3	41,4	23,4			
P7	22,4	0,1	895,1	0,0	145,2	0,1	4,7	39,1	248,8	54,7	19,9	27,3	9,2	27,4	536,5	70,3	44,1	23,4	21,8	23,4	712,4	70,3	144,7	19,5			
P8	17,7	0,1	946,5	0,1	142,8	0,1	3,4	27,4	145,8	39,1	18,3	23,4	7,8	27,3	410,3	62,5	44,5	23,4	16,9	19,6	937,5	74,2	142,4	19,5			

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



## 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V10  
 Kampfmittel: 3,7 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 28.09.2005, 13:58 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzündler (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,30 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: bewölkt  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

## 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

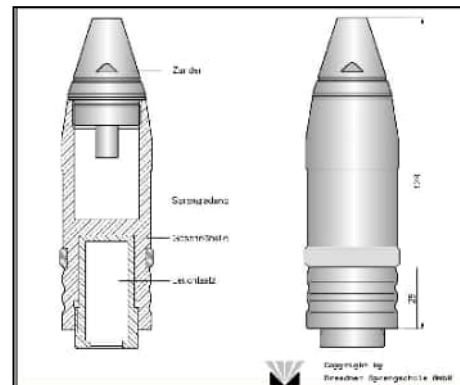


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank <sup>1</sup>	Messungen
Bezeichnung	3,7 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	12,8	9,5
Gesamtgewicht [kg]	0,623	0,433
Explosivstoffmasse [kg]	0,050*	-

\* Angabe MBD Mecklenburg-Vorpommern

## 3. Versuch

### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule GmbH

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

Trichterbildung:  Ja  Nein

Trichterdurchmesser: 0,50 m

Trichtertiefe: 0,35 m u.GOK

Auswurf Folie:  Ja  Nein

Sonstige Beobachtungen: -

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein

Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein

Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein

Tiefe oberster Splitter: Splitter treten aus

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 13:55 h

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	0,44
Druck in 5 m Entfernung	0,48

### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

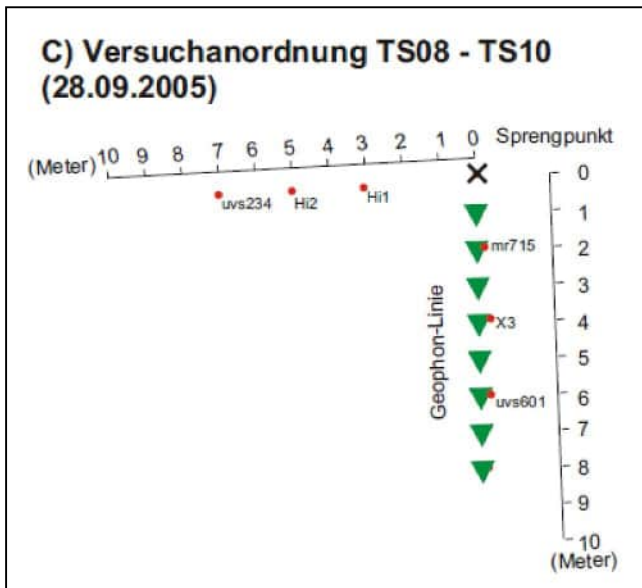


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

Versuch		V <sub>max</sub>	A <sub>max</sub>	U <sub>max</sub>		
<b>TS10</b>						
mr715	L ( 2.0 m)	54,2 mm/s	1,66 G	380,8 μm		
	v	f	a	f <sub>a</sub>	u	f <sub>u</sub>
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T		19,2	31,3	0,57	40,6	130,8
L		39,7	15,6	0,98	21,9	32,1
Z		39,5	37,5	1,49	40,6	199,6
<b>x3</b>						
x3	L ( 4.0 m)	20,5 mm/s	0,57 G	133,8 μm		
	v	f	a	f <sub>a</sub>	u	f <sub>u</sub>
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T		4,9	37,5	0,15	40,6	26,8
L		10,8	12,5	0,41	71,9	47,3
Z		18,4	25	0,53	28,2	130,8
<b>uvs601</b>						
uvs601	L ( 6.0 m)	15,2 mm/s	0,46 G	87,7 μm		
	v	f	a	f <sub>a</sub>	u	f <sub>u</sub>
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T		4,8	35,1	0,15	39,1	18,2
L		9,2	31,2	0,42	74,2	44,5
Z		14,8	23,4	0,24	23,4	81,1
<b>hi1</b>						
hi1	C ( 3.0 m)	22,7 mm/s	0,40 G	148,6 μm		
	v	f	a	f <sub>a</sub>	u	f <sub>u</sub>
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
T		5,8	34,4	0,11	34,4	26,3
L		16,7	12,5	0,23	18,7	114,1
Z		18,2	28,1	0,38	40,6	91,5
<b>hi2</b>						
hi2	C ( 5.0 m)	15,7 mm/s	0,31 G	97,8 μm		
	v	f	a	f <sub>a</sub>	u	f <sub>u</sub>
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
T		4,2	34,3	0,09	34,4	22,3
L		6,2	12,5	0,09	37,5	33,2
Z		15,1	21,9	0,3	31,2	96,8
<b>uvs234</b>						
uvs234	C ( 7.0 m)	11,6 mm/s	0,36 G	78,2 μm		
	v	f	a	f <sub>a</sub>	u	f <sub>u</sub>
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
T		4,8	31,3	0,19	31,3	22,3
L		8,8	27,4	0,23	31,2	47,3
Z		10,1	19,6	0,33	23,4	62,9

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (V<sub>max</sub> = max. Geschwindigkeit, A<sub>max</sub> = max. Beschleunigung, U<sub>max</sub> = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

TS10	Distanz	KBF <sub>max</sub> (T)	KBF <sub>max</sub> (L)	KBF <sub>max</sub> (Z)
mr715	2.0 m	5,71	13,18	11,51
hi1	3.0 m	5,55	1,7	5,96
x3	4.0 m	1,36	2,88	6,02
hi2	5.0 m	1,92	1,47	4,78
uvs601	6.0 m	3,92	1,08	2,74
uvs234	7.0 m	2,9	1,4	2,77

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBF<sub>max</sub> = max. Schwingstärke)

Versuch	MaxVec(v)		t0(v)	MaxVec(a)		t0(a)	MaxVec(u)		t0(u)	Xmax(v)		Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)		Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)		Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)	
Geophon	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz			
<b>TS10</b>																															
P1	137,1	0,0	4585,9	0,0	1030,4	0,0	24,9	15,6	556,2	19,5	261,2	11,8	112,5	15,7	4235,0	23,4	968,3	11,7	103,8	35,1	3096,4	50,8	533,8	15,6							
P2	59,4	0,0	1758,0	0,0	285,9	0,0	16,0	39,1	1073,3	58,6	70,3	35,1	48,3	19,5	1434,3	23,4	280,1	15,6	34,9	39,1	1347,7	43,0	118,0	35,2							
P3	30,5	0,0	1225,1	0,0	120,1	0,0	10,3	39,0	597,7	39,1	48,1	35,1	15,5	19,5	880,8	70,3	69,3	15,6	29,0	35,2	816,8	43,0	111,2	31,2							
P4	23,4	0,0	852,1	0,0	81,9	0,0	7,5	39,0	290,3	39,1	29,8	35,2	14,3	70,3	892,9	70,3	47,7	15,6	18,7	31,2	510,6	46,9	79,9	27,3							
P5							6,8	35,2	370,3	39,1	29,1	27,4	23,3	15,7	897,0	23,5	206,7	11,7													
P6	12,5	0,0	717,0	0,0	58,8	0,1	5,8	39,0	314,2	62,5	21,7	27,4	10,7	31,3	690,3	74,2	42,0	23,5	9,4	23,5	340,9	70,3	41,0	23,4							
P7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	27,4	548,5	74,2	45,4	23,4	21,3	23,4	635,4	70,3	145,4	19,5			
P8	18,4	0,1	912,5	0,1	142,0	0,1	3,6	27,4	163,7	39,0	19,2	23,5	7,5	27,3	376,2	66,4	44,4	23,4	17,1	23,4	904,7	74,2	141,4	19,5							

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



## 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V11  
 Kampfmittel: 3,7 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 28.09.2005, 15:46 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzünder (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 1,00 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: Regen  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

## 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

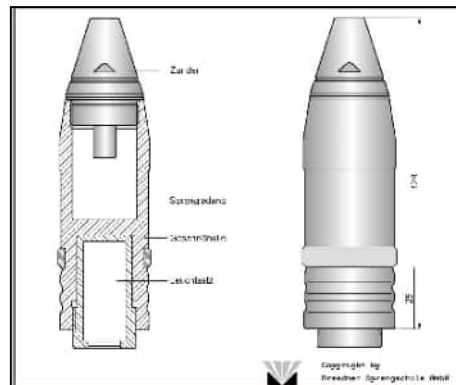


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank <sup>1</sup>	Messungen
Bezeichnung	3,7 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	12,8	-
Gesamtgewicht [kg]	0,623	-
Explosivstoffmasse [kg]	0,050*	-

\* Angabe MBD Mecklenburg-Vorpommern

## 3. Versuch

### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule GmbH

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

Trichterbildung:  Ja  Nein

Trichterdurchmesser: -

Trichtertiefe: -

Auswurf Folie:  Ja  Nein

Sonstige Beobachtungen: -

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein

Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein

Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein

Tiefe oberster Splitter: 1,00 m

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 15:49 h

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	0,60
Druck in 5 m Entfernung	0,62



### 3.2.4 Ergebnis Erdschütterungen

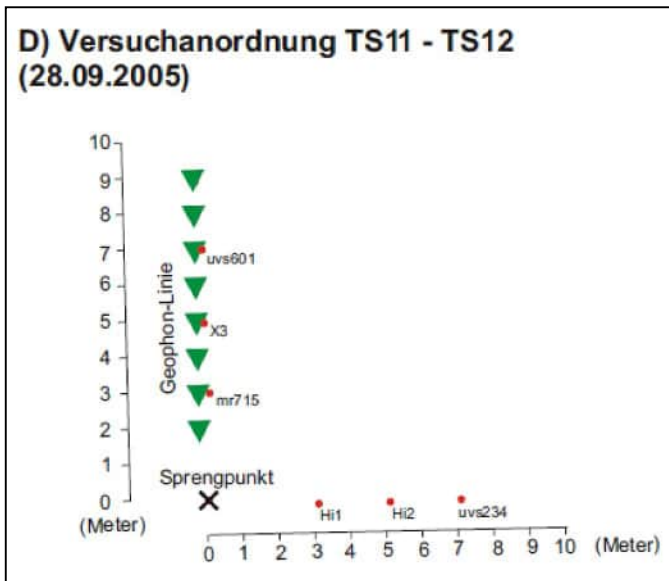


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

TS11	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
mr715	3.0 m	1,39	5,11	6,48
hi1	3.0 m	0,52	4,77	6,09
x3	5.0 m	0,84	2,97	4,1
hi2	5.0 m	0,44	2,03	3,7
uvs601	7.0 m	2,82	0,74	2,37
uvs234	7.0 m	2,37	0,54	2,35

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = max. Schwingstärke)

Versuch		Vmax	Amax	Umax		
<b>TS11</b>						
mr715	L ( 3.0 m)	28,4 mm/s	0,84 G	148,5 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	4,7	15,6	0,16	53,1	27,8	15,6
L	25,6	15,6	0,57	65,6	96,6	15,6
Z	20,1	28,1	0,75	40,6	120,9	21,9
<b>x3</b>						
x3	L ( 5.0 m)	17,1 mm/s	0,70 G	82,3 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	3,1	84,4	0,17	87,5	12,2	15,7
L	14,9	34,4	0,64	87,5	45,3	12,5
Z	12,9	25	0,46	28,1	80,9	18,8
<b>uvs601</b>						
uvs601	L ( 7.0 m)	11,8 mm/s	0,46 G	63,5 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	4	62,5	0,21	78,1	9,7	19,5
L	9,9	27,4	0,39	31,2	37,1	27,3
Z	10,4	19,6	0,35	70,3	58	19,5
<b>hi1</b>						
hi1	C ( 3.0 m)	18,6 mm/s	0,41 G	150,8 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	1,6	31,3	0,03	34,4	8,8	28,1
L	15,4	15,6	0,21	18,8	91,6	15,6
Z	18	28,1	0,41	31,3	119,6	21,9
<b>hi2</b>						
hi2	C ( 5.0 m)	12,0 mm/s	0,20 G	75,2 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	1,3	21,9	0,03	46,8	9	18,8
L	5,4	31,2	0,15	34,4	34,4	15,6
Z	11,9	21,9	0,16	28,1	74,8	18,7
<b>uvs234</b>						
uvs234	C ( 7.0 m)	12,8 mm/s	0,43 G	50,7 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	2,5	82	0,12	82	7	15,6
L	10,3	27,3	0,35	58,6	36,3	23,4
Z	7,8	19,5	0,3	74,2	46,1	19,5

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

Versuch	Seismometer, ...										Gesamtauslenkung										Geschwindigkeit (v) in mm/s									
	MaxVec(v), t0(v), MaxVec(a), t0(a), MaxVec(u), t0(u), ...					X-Komponente					Y-Komponente					Z-Komponente					Beschleunigung (a) in Milli g/s					Verschiebung (u) in mm				
	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)						
	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz						
<b>TS11</b>																														
P1	9,1	0,0	454,3	0,0	50,0	0,1	3,1	89,8	192,4	89,8	9,4	19,5	6,3	23,5	215,3	27,3	44,3	23,4	8,7	82,0	419,9	89,9	23,3	19,6						
P2	9,6	0,0	524,8	0,0	44,6	0,1	3,2	62,5	155,0	62,5	8,8	19,5	7,5	27,3	325,0	86,0	39,0	23,5	9,1	54,7	414,8	117,2	24,3	19,6						
P3	11,8	0,0	521,9	0,0	48,1	0,1	3,3	58,6	168,0	78,1	9,4	15,6	8,2	27,4	371,9	31,2	37,6	27,3	8,5	66,4	464,8	70,3	30,4	23,4						
P4	12,7	0,0	574,9	0,0	42,9	0,1	3,7	58,6	134,0	62,5	10,7	58,6	12,1	31,2	554,7	66,4	35,4	31,2	9,3	27,3	396,7	66,4	34,6	23,4						
P5							3,1	58,6	231,0	101,6	9,9	27,3					11,5	27,4			783,2	85,9	47,8	23,5						
P6	22,0	0,0	1343,5	0,0	66,7	0,0	3,8	27,3	390,9	136,7	7,4	27,3	21,8	54,7	1184,2	62,5	65,8	15,6	11,7	31,2	987,5	148,5	55,7	23,5						
P7													30,2	58,6	1754,7	66,4	104,7	15,6	54,8	31,3	4006,8	43,0	231,4	23,5						
P8	128,6	0,0	10128,9	0,0	370,0	0,1	17,9	27,4	608,3	128,9	50,4	15,6	49,8	19,5	1824,4	27,3	328,5	15,6	127,6	43,0	10091,8	105,5	330,6	11,7						

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



### 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V12  
 Kampfmittel: 8,8 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 27.09.2005, 16:47 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzündler (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 1,00 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: Regen  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

### 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

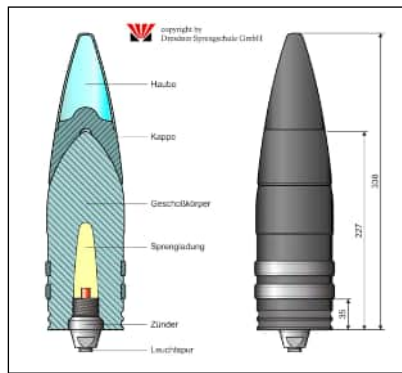


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben MBD M-V	Messungen
Bezeichnung	8,8 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	41,5*	30,5
Gesamtgewicht [kg]	9,0*	-
Explosivstoffmasse [kg]	0,900	-

\* Angabe DSS-Datenbank<sup>1</sup> für Sprenggranate 43

### 3. Versuch

#### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule GmbH

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

- Trichterbildung:  Ja  Nein  
 Trichterdurchmesser: 1,20 m  
 Trichtertiefe: 0,36 m u. GOK  
 Auswurf Folie:  Ja  Nein  
 Sonstige Beobachtungen: Zerstörung Versuchsrahmen

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

- Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein  
 Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein  
 Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein  
 Tiefe oberster Splitter: leichte Abdrücke im Blech

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 16:48 h

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	1,82
Druck in 5 m Entfernung	1,55

### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

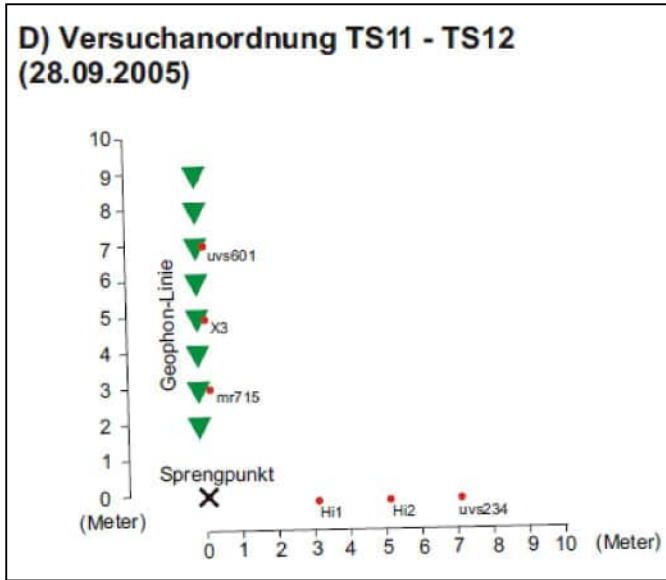


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

TS12	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
mr715	3.0 m	8,49	37,57*	32,49*
hi1	3.0 m	5,68	27,81*	20,32*
x3	5.0 m	3,43	20,44	17,61
hi2	5.0 m	1,54	11,4	13,99*
uvs601	7.0 m	10,68	2,42*	7,45*
uvs234	7.0 m	9,2	2,33*	7,71*

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = max. Schwingstärke)

Versuch	Vmax	Amax	Umax
<b>TS12</b>			
mr715	L ( 3.0 m)	132,0' mm/s	3,17* G
	v	f	a
	(mm/s)	(Hz)	(G)
T	26,4	9,4	0,31
L	100,3*	18,7*	2,47*
Z	95,5*	6,2*	2,32*
	fa	fa	fa
	(mm)	(mm)	(mm)
T	160,2	15,6	15,6
L	737,3*	15,6*	15,6*
Z	569,0*	15,6*	15,6*
x3	L ( 5.0 m)	85,6 mm/s	3,19 G
	v	f	a
	(mm/s)	(Hz)	(G)
T	17	31,3	0,6
L	82,9	9,4	1,79
Z	66,2	25	2,57
	fa	fa	fa
	(mm)	(mm)	(mm)
T	37,5	57,1	15,6
L	34,4	418,1	15,6
Z	28,2	349,6	18,8
uvs601	L ( 7.0 m)	37,6' mm/s	1,76* G
	v	f	a
	(mm/s)	(Hz)	(G)
T	10,1	70,3	0,5
L	25,6*	11,7*	1,17*
Z	25,6*	19,6*	1,47*
	fa	fa	fa
	(mm)	(mm)	(mm)
T	70,4	43,4	15,6
L	31,2*	137,2*	15,6*
Z	31,2*	243,4*	15,6*
hi1	C ( 3.0 m)	144,1' mm/s	0,69* G
	v	f	a
	(mm/s)	(Hz)	(G)
T	18,1	9,4	0,2
L	109,5*	6,3*	0,54*
Z	101,3*	3,1*	0,42*
	fa	fa	fa
	(mm)	(mm)	(mm)
T	93,8	12,5	12,5
L	412,6*	12,5*	12,5*
Z	351,6*	15,6*	15,6*
hi2	C ( 5.0 m)	46,9' mm/s	0,69* G
	v	f	a
	(mm/s)	(Hz)	(G)
T	4,4	12,5	0,09
L	46,1	9,4	0,52
Z	37,2*	19,7*	0,50*
	fa	fa	fa
	(mm)	(mm)	(mm)
T	40,6	27,6	12,5
L	37,5	232,1	12,5
Z	25,0*	327,0*	15,6*
uvs234	C ( 7.0 m)	33,9' mm/s	1,21* G
	v	f	a
	(mm/s)	(Hz)	(G)
T	7,7	19,5	0,23
L	25,5*	31,2*	0,89*
Z	25,6*	15,7*	1,01*
	fa	fa	fa
	(mm)	(mm)	(mm)
T	50,8	46,2	15,6
L	39,1*	117,3*	23,4*
Z	35,2*	224,8*	15,6*

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

Versuch		Seismometer, ...										Gesamtauslenkung										Geschwindigkeit (v) in mm/s									
		MaxVec(v), t0(v), MaxVec(a), t0(a), MaxVec(u), t0(u), ...										X-Komponente										Beschleunigung (a) in Milli g/s									
		Xmax(v), Fx(v), Xmax(a), Fx(a), Xmax(u), Fx(u), ...										Y-Komponente										Verschiebung (u) in mm									
		Ymax(v), Fy(v), Ymax(a), Fy(a), Ymax(u), Fy(u), ...										Z-Komponente																			
		Zmax(v), Fz(v), Zmax(a), Fz(a), Zmax(u), Fz(u)																													
Geophon	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)							
	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz							
TS12																															
P1	32,2	0,0	1353,2	0,0	183,3	0,1	7,7	35,1	477,7	82,0	33,8	31,3	19,2	23,5	886,5	31,2	134,3	19,5	31,8	39,1	1271,7	43,0	125,7	23,4							
P2	36,2	0,0	1896,5	0,0	211,5	0,1	7,6	31,3	457,4	35,2	32,7	31,2	29,5	27,4	1137,2	31,3	157,2	19,6	35,4	35,2	1619,9	39,1	153,2	19,6							
P3	42,1	0,0	2154,1	0,0	201,2	0,0	8,2	70,3	406,0	74,2	29,3	15,7	37,8	27,3	1609,2	31,3	199,1	15,6	28,5	31,3	1930,0	35,2	147,7	23,4							
P4	49,6	0,0	2810,4	0,0	264,3	0,0	6,1	27,4	477,8	101,6	30,6	11,7	48,3	27,3	2240,1	39,1	263,3	15,6	37,6	31,2	2407,3	85,9	158,7	23,4							
P5							13,9	27,3	852,2	97,6	55,7	23,4							87,2	31,2	7364,5	78,1	197,1	27,3							
P6	125,0	0,0	10695,0	0,0	565,2	0,0	21,5	19,5	1916,4	85,9	72,0	15,6	87,7	15,7	4561,3	58,6	563,0	11,8	119,3	27,4	10555,1	70,3	271,7	27,3							
P7													115,0	15,6	4656,1	46,9	1090,8	11,7	631,0	23,4	49015,5	195,3	1896,8	19,5							
P8	880,3	0,0	131707,4	0,0	2040,8	0,0	39,3	39,1	3619,4	66,4	168,9	11,7	178,9	15,6	8200,7	35,2	1478,8	11,7	880,2	23,4	131609,3	289,1	2037,2	19,5							

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



## 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V13  
 Kampfmittel: 2 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 29.09.2005, 10:50 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzündler (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,50 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: feuchte Witterung, bewölkt  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht  nass

## 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

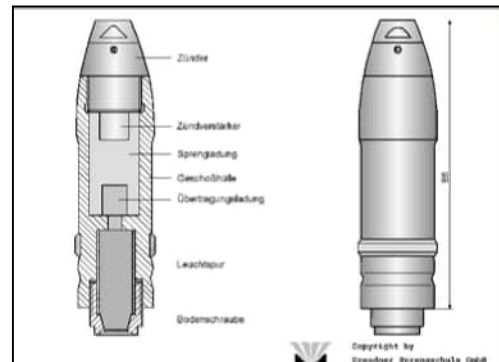


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank <sup>1</sup>	Messungen
Bezeichnung	2 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	8,0	7,1
Gesamtgewicht [kg]	0,115	0,113
Explosivstoffmasse [kg]	0,0062	-

## 3. Versuch

### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

- Trichterbildung:  Ja  Nein  
 Trichterdurchmesser: -  
 Trichtertiefe: -  
 Auswurf Folie:  Ja  Nein \_\_\_\_\_ m Streuung  
 Sonstige Beobachtungen: -

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

- Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein  
 Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein  
 Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein  
 Tiefe oberster Splitter: 0,50 m u.GOK

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 11:05 h

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	0,44
Druck in 5 m Entfernung	0,53



### 3.2.4 Ergebnis Erdschütterungen

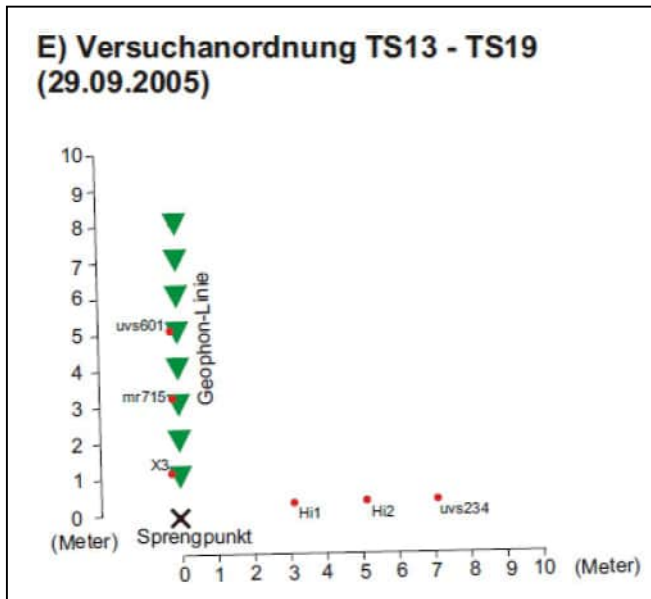


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

TS13				
x3	1.2 m	3,09	10,15	8,66
hi1	3.1 m	1,07	1,01	1,76
mr715	3.3 m	1,5	1,35	1,94
hi2	5.1 m	0,81	0,55	1,49
uvs601	5.2 m	1,24	0,46	0,96
uvs234	7.1 m	1,03	0,83	1,01

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = max. Schwingstärke)

Versuch		Vmax	Amax	Umax			
TS13	x3	L ( 1.2 m)	54.8 mm/s	2.20 G	219.9 µm		
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
	T	14,2	21,9	0,36	56,3	62,1	15,7
	L	36,4	18,7	1,23	21,9	215,5	15,6
	Z	43	43,8	1,82	46,9	121	15,6
mr715	L ( 3.3 m)	7.4 mm/s	0.34 G	43.5 µm			
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
	T	4,8	21,9	0,19	40,6	32,5	18,8
	L	5,9	15,7	0,2	134,4	28,5	15,6
	Z	6	28,1	0,21	59,4	31,8	25
uvs601	L ( 5.2 m)	5.9 mm/s	0.29 G	25.3 µm			
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
	T	1,5	19,6	0,08	97,6	9,4	19,5
	L	3,2	27,3	0,2	113,3	16	23,4
	Z	4,9	23,5	0,21	62,5	21,6	23,4
hi1	C ( 3.1 m)	8.9 mm/s	0.15 G	39.4 µm			
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
	T	3,9	25	0,07	43,8	19,4	21,8
	L	3,2	18,7	0,05	43,7	22,2	15,6
	Z	6	25	0,13	31,2	34,2	21,9
hi2	C ( 5.1 m)	4.3 mm/s	0.07 G	30.1 µm			
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
	T	2,4	25	0,04	28,1	16,3	21,8
	L	2	37,5	0,04	37,5	10,3	15,6
	Z	4	25	0,07	28,1	26,8	21,9
uvs234	C ( 7.1 m)	4.7 mm/s	0.18 G	21.4 µm			
		v	f	a	fa	u	fu
		(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
	T	2,8	19,6	0,1	54,7	15,2	19,5
	L	3,4	27,3	0,16	54,7	17,5	23,4
	Z	3,9	23,4	0,14	50,7	18,3	19,6

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

Versuch	Seismometer, ...										Gesamtauslenkung		Geschwindigkeit (v) in mm/s		Beschleunigung (a) in Milli g/s		Verschiebung (u) in mm							
Geophon	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)
TS13	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz
P1													2,7	27,3	177,4	82,0	12,2	23,5	3,1	78,1	166,4	78,2	7,7	23,4
P2	4,4	0,0	320,6	0,0	16,3	0,1	2,1	23,4	246,3	250,0	5,7	19,6	3,1	27,4	253,2	210,9	14,2	23,5	3,1	74,2	174,7	101,6	7,9	23,4
P3	5,4	0,0	342,9	0,0	17,5	0,1	2,2	85,9	120,9	85,9	8,4	19,6	4,0	27,3	266,1	187,5	15,1	23,5	3,6	50,8	184,3	101,6	9,7	23,5
P4	6,3	0,0	401,2	0,0	20,4	0,1	2,3	27,3	141,4	97,7	7,1	19,6	3,8	31,3	283,0	179,7	15,4	23,5	5,2	54,7	246,7	62,5	14,0	27,3
P5							4,2	70,3	398,2	70,3	11,7	23,4							2,0	58,6	128,8	62,5	5,8	27,3
P6	10,6	0,0	964,7	0,0	34,0	0,1	7,5	39,1	542,9	78,1	22,3	19,6	8,4	43,0	836,1	136,7	26,0	15,7	7,7	31,3	311,0	62,5	22,8	27,3
P7	24,9	0,0	1396,0	0,0	127,7	0,1	7,6	39,1	510,6	46,9	33,1	39,0	17,5	50,8	1060,5	125,0	59,6	19,5	23,3	31,3	1151,2	39,1	126,4	27,3
P8	103,1	0,0	6630,4	0,0	322,9	0,0	17,9	23,5	1361,5	62,5	98,4	19,5	31,2	23,4	2099,5	50,8	136,0	19,5	101,4	46,8	6569,9	50,8	296,1	39,1

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



### 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V14  
 Kampfmittel: 2 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 29.09.2005, 11:52 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzünder (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,30 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: feuchte Witterung, bewölkt  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

### 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

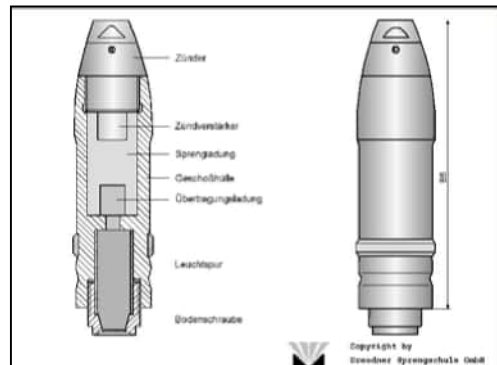


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank <sup>1</sup>	Messungen
Bezeichnung	2 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	8,0	7,1
Gesamtgewicht [kg]	0,115	0,103
Explosivstoffmasse [kg]	0,0062	-

### 3. Versuch

#### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

- Trichterbildung:  Ja  Nein  
 Trichterdurchmesser: -  
 Trichtertiefe: -  
 Auswurf Folie:  Ja  Nein \_\_\_\_\_ m Streuung  
 Sonstige Beobachtungen: -

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

- Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein  
 Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein  
 Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein  
 Tiefe oberster Splitter: 0,30 m u.GOK

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 11:55 h

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	0,95
Druck in 5 m Entfernung	0,90

### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

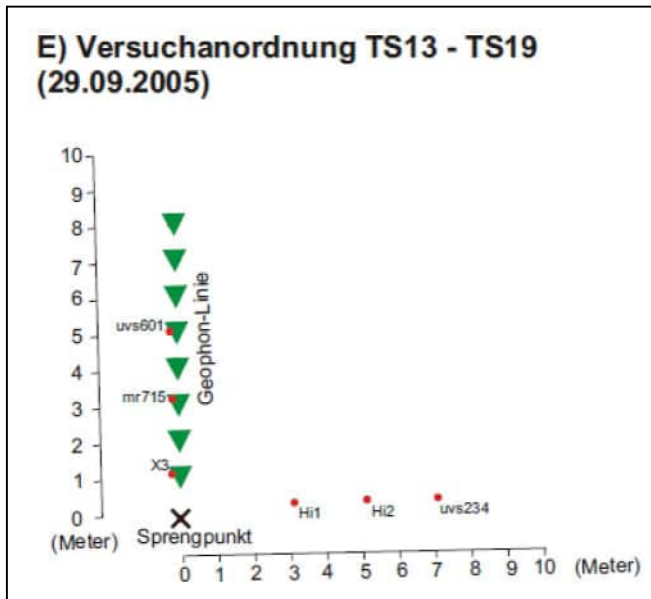


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

TS14	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
x3	1.2 m	1,08	3,3	4,64
hi1	3.1 m	0,55	0,58	1,11
mr715	3.3 m	1,03	0,87	1,36
hi2	5.1 m	0,45	0,54	0,9
uvs601	5.2 m	0,75	0,38	0,74
uvs234	7.1 m	0,61	0,49	0,73

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = maximale Schwingstärke)

Versuch	Vmax	Amax	Umax			
<b>TS14</b>						
x3	L ( 1.2 m)	19,3 mm/s	0,84 G	86,3 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	5,6	28,1	0,25	88,7	16,4	25
L	15,7	21,9	0,6	93,8	63,2	18,7
Z	18,4	43,7	0,76	62,5	59,3	34,4
mr715	L ( 3.3 m)	5,0 mm/s	0,23 G	26,7 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	4,2	40,6	0,14	40,6	17,1	37,5
L	3,6	43,8	0,16	46,9	12,8	15,7
Z	4,4	31,3	0,13	34,4	22,9	31,2
uvs601	L ( 5.2 m)	3,3 mm/s	0,19 G	15,3 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	1,4	39,1	0,07	42,9	6,1	39,1
L	2,8	31,3	0,13	35,2	10,9	31,2
Z	2,6	27,3	0,13	58,6	12	27,3
hi1	C ( 3.1 m)	4,0 mm/s	0,09 G	22,0 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	1,8	28,2	0,04	46,9	9,2	25
L	1,9	21,8	0,04	46,9	12,5	18,7
Z	3,6	31,3	0,07	37,5	20	28,1
hi2	C ( 5.1 m)	3,1 mm/s	0,06 G	17,8 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	1,4	28,1	0,03	31,2	8,4	25
L	1,7	37,5	0,04	40,6	8,4	31,3
Z	2,8	28,1	0,06	31,2	15,5	25
uvs234	C ( 7.1 m)	3,2 mm/s	0,16 G	12,8 µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	1,9	35,1	0,06	121,1	7,9	23,4
L	3	31,2	0,14	117,2	11	27,4
Z	2,4	27,3	0,11	46,9	10,6	23,4

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

Versuch	Seismometer, ...										Gesamtauslenkung										Geschwindigkeit (v) in mm/s			
	MaxVec(v), t0(v), MaxVec(a), t0(a), MaxVec(u), t0(u), ...										X-Komponente										Beschleunigung (a) in Milli g/s			
	Xmax(v), Fx(v), Xmax(a), Fx(a), Xmax(u), Fx(u), ...										Y-Komponente										Verschiebung (u) in mm			
	Ymax(v), Fy(v), Ymax(a), Fy(a), Ymax(u), Fy(u), ...										Z-Komponente													
	Zmax(v), Fz(v), Zmax(a), Fz(a), Zmax(u), Fz(u)																							
Geophon	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)
	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz
TS14																								
P1													1,7	31,2	116,5	136,7	8,4	27,4	1,6	78,1	107,0	78,2	4,6	39,1
P2	3,3	0,1	192,3	0,0	11,8	0,1	1,2	39,0	151,1	246,1	5,5	23,4	3,2	31,2	162,3	54,7	10,7	31,2	1,6	43,0	96,5	93,7	5,0	27,3
P3	3,0	0,0	193,8	0,0	14,2	0,1	1,4	39,1	77,4	39,1	6,2	39,1	2,8	31,3	158,3	125,0	12,2	31,2	1,9	54,7	102,1	105,5	6,1	27,3
P4	3,7	0,0	227,7	0,0	17,6	0,1	1,8	42,9	86,9	42,9	7,3	39,1	2,6	31,3	168,2	121,1	13,1	31,3	2,8	58,6	134,7	58,6	9,3	27,4
P5							3,2	42,9	298,0	62,0	9,5	39,1							1,0	62,5	61,6	66,4	2,6	31,2
P6	7,3	0,0	689,7	0,0	25,5	0,1	4,5	43,0	368,5	43,0	16,6	42,9	5,5	46,9	625,7	50,8	15,0	43,0	4,5	35,1	232,8	39,0	19,6	31,3
P7	22,1	0,0	1030,6	0,0	99,0	0,0	6,2	43,0	300,8	46,9	21,1	39,1	10,2	54,7	806,9	58,6	27,3	19,5	21,9	35,2	665,4	43,0	98,0	31,3
P8	49,6	0,0	2193,2	0,0	156,3	0,0	8,6	27,3	542,2	74,2	33,6	23,4	13,8	23,5	702,0	97,6	42,5	19,5	49,4	43,0	2160,5	62,5	152,9	35,2

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



### 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V15  
 Kampfmittel: 2 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 29.09.2005, 12:35 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzündler (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,10 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: feuchte Witterung, bewölkt  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

### 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

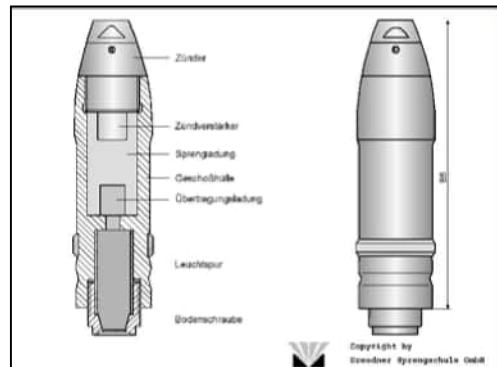


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank <sup>1</sup>	Messungen
Bezeichnung	2 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	8,0	7,1
Gesamtgewicht [kg]	0,115	0,113
Explosivstoffmasse [kg]	0,0062	-

### 3. Versuch

#### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

- Trichterbildung:  Ja  Nein  
 Trichterdurchmesser: 0,24 m  
 Trichtertiefe: 0,03 m u.GOK  
 Auswurf Folie:  Ja  Nein 0,5 m Streuung  
 Sonstige Beobachtungen: -

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

- Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein  
 Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein  
 Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein  
 Tiefe oberster Splitter: Splitter treten aus

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 12:39 h

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	0,55
Druck in 5 m Entfernung	0,67



### 3.2.4 Ergebnis Erdschütterungen

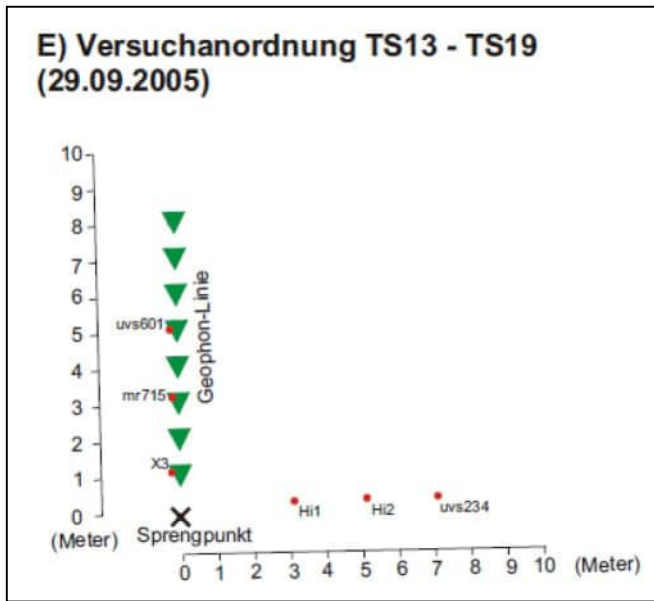


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

Versuch		Vmax	Amax	Umax		
<b>TS15</b>						
x3	L ( 1,2 m)	30,0 mm/s	1,27 G	139,1 μm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T		9,8	28,1	0,38	62,5	54,3
L		24,2	21,9	0,81	53,1	118,3
Z		27,2	40,6	0,99	59,4	83,5
<b>mr715</b>						
	L ( 3,3 m)	8,3 mm/s	0,32 G	39,1 μm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T		6,6	37,5	0,21	37,5	27,9
L		5,5	43,7	0,21	43,8	20,9
Z		5,8	31,2	0,19	34,4	31,8
<b>uvs601</b>						
	L ( 5,2 m)	4,9 mm/s	0,26 G	22,1 μm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T		1,8	39,1	0,07	39,1	9,7
L		3,3	31,3	0,17	35,1	14,2
Z		4,2	27,3	0,21	58,6	19,3
<b>hi1</b>						
	C ( 3,1 m)	6,6 mm/s	0,14 G	35,6 μm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
T		3,2	28,1	0,06	46,9	14,4
L		2,5	18,7	0,05	46,9	16,3
Z		5,8	31,2	0,12	37,5	32,4
<b>hi2</b>						
	C ( 5,1 m)	4,3 mm/s	0,08 G	28,3 μm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
T		2,2	28,1	0,04	31,2	12,8
L		2,2	40,6	0,05	40,6	10,4
Z		3,8	28,1	0,07	28,1	25,1
<b>uvs234</b>						
	C ( 7,1 m)	4,2 mm/s	0,19 G	20,6 μm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
T		2,5	31,3	0,09	58,6	11,1
L		3,9	31,2	0,17	31,2	17,3
Z		3,9	23,5	0,12	46,9	17,6

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

TS15	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
x3	1,2 m	1,97	5,35	6,66
hi1	3,1 m	0,86	0,74	1,77
mr715	3,3 m	1,58	1,18	1,87
hi2	5,1 m	0,69	0,69	1,38
uvs601	5,2 m	1,09	0,53	0,97
uvs234	7,1 m	0,98	0,65	1,04

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = maximale Schwingstärke)

Versuch		Seismometer, ...										Gesamtauslenkung		Geschwindigkeit (v) in mm/s		Beschleunigung (a) in Mill g/s		Verschiebung (u) in mm						
Geophon	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)
	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz
TS15																								
P1													2,5	27,4	155,6	78,2	11,3	27,4	2,7	74,2	122,2	78,1	6,5	39,1
P2	3,9	0,1	289,5	0,0	16,3	0,1	1,9	27,4	165,5	179,7	7,2	23,4	3,8	31,2	249,6	82,0	14,7	27,4	2,6	43,0	140,3	74,2	6,8	23,5
P3	4,5	0,0	279,4	0,0	18,0	0,1	2,1	39,0	134,5	171,9	8,6	23,4	3,6	31,3	223,5	183,6	15,2	31,2	3,1	46,9	153,5	54,7	9,1	27,3
P4	5,4	0,0	352,5	0,0	21,9	0,1	2,3	39,1	124,3	117,1	10,3	23,4	3,1	35,1	268,9	175,8	15,4	31,3	5,3	58,6	225,5	58,6	13,6	27,4
P5							4,2	39,1	455,3	78,1	14,3	39,1							1,1	58,6	65,0	78,1	3,3	31,2
P6	10,0	0,0	923,7	0,0	32,9	0,1	6,1	42,9	406,8	43,0	24,3	39,1	7,4	43,0	796,8	132,8	23,7	42,9	6,0	35,1	277,7	35,2	24,5	31,3
P7	33,6	0,0	1425,7	0,0	141,5	0,0	8,4	42,9	418,1	46,9	31,1	39,1	17,2	50,8	1110,9	125,0	52,5	19,5	32,4	35,2	1126,2	43,0	139,7	31,3
P8	73,9	0,0	4264,2	0,0	220,6	0,0	13,4	27,3	705,5	109,4	59,0	19,6	22,5	23,5	1142,0	54,7	79,9	19,5	72,5	43,0	4209,9	58,6	219,5	35,2

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



## 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V16  
 Kampfmittel: 2 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 29.09.2005, 13:18 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzündler (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,10 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: feuchte Witterung, bewölkt  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

## 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

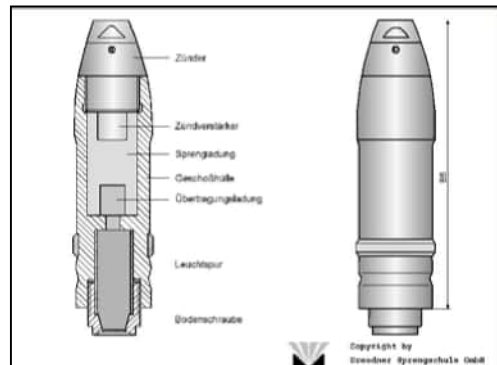


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank (Quelle: DSS Muni-DB <sup>1</sup> )	Messungen
Bezeichnung	2 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	8,0	6,2
Gesamtgewicht [kg]	0,115	0,085
Explosivstoffmasse [kg]	0,0062	-

## 3. Versuch

### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

Trichterbildung:  Ja  Nein

Trichterdurchmesser: 0,42 m

Trichtertiefe: 0,09 m u.GOK

Auswurf Folie:  Ja  Nein 4,0 m Streuung

Sonstige Beobachtungen: -

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein

Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein

Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein

Tiefe oberster Splitter: Splitter treten aus

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 13:22 h

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	0,40
Druck in 5 m Entfernung	0,52

### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

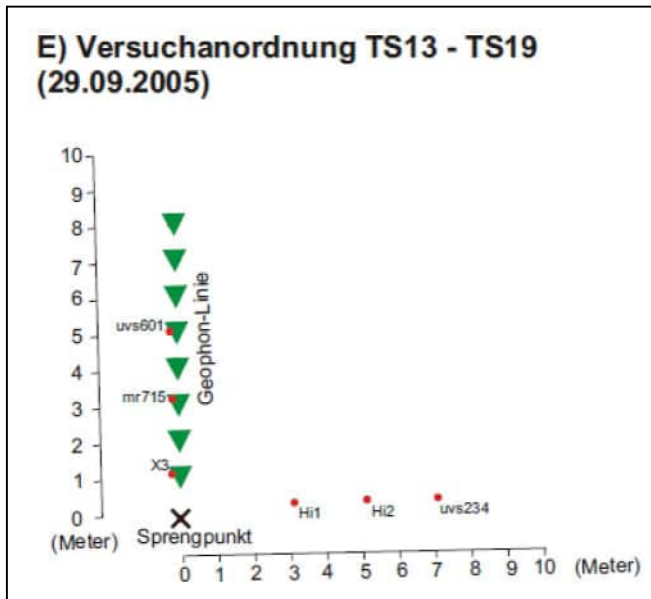


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

TS16	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
x3	1.2 m	2,06	5,64	7,29
hi1	3.1 m	1,01	0,77	1,82
mr715	3.3 m	1,63	1,26	1,87
hi2	5.1 m	0,77	0,67	1,41
uvs601	5.2 m	1,15	0,51	1
uvs234	7.1 m	1	0,67	1,14

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = max. Schwingstärke)

TS16						
x3	L ( 1.2 m)		37.1 mm/s		1.64 G	
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	9,8	28,1	0,35	62,5	37,3	21,9
L	27,7	18,8	1,17	53,1	123,6	15,7
Z	29,8	43,7	1,17	59,4	88,4	37,5

mr715						
	L ( 3.3 m)		8.5 mm/s		0.35 G	
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	6,7	37,5	0,24	59,3	29,1	21,9
L	6	43,7	0,22	43,8	20,2	15,6
Z	5,4	31,2	0,21	34,4	31,6	28,1

uvs601						
	L ( 5.2 m)		5.5 mm/s		0.31 G	
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	1,8	39,1	0,08	39,1	8,7	19,6
L	3,3	31,2	0,2	101,5	14,7	27,4
Z	4,7	27,3	0,23	58,6	20,4	23,4

hi1						
	C ( 3.1 m)		7.6 mm/s		0.15 G	
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	3,6	28,1	0,08	43,8	16,7	25
L	2,3	18,7	0,04	40,7	18	15,6
Z	6,7	28,1	0,12	34,4	31,2	25

hi2						
	C ( 5.1 m)		4.6 mm/s		0.09 G	
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	2,8	28,1	0,05	31,2	14,3	25
L	2,2	37,5	0,05	40,6	10,9	37,5
Z	4,1	25	0,07	28,1	26,4	25

uvs234						
	C ( 7.1 m)		4.4 mm/s		0.21 G	
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	2,5	23,4	0,09	117,2	11,1	19,6
L	4,2	27,4	0,19	113,3	19	27,3
Z	4	23,4	0,15	46,9	17,7	23,4

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

Versuch		Seismometer, ...																						
Seismometer, ...		Gesamtauslenkung								Geschwindigkeit (v) in mm/s														
MaxVec(v), t0(v), MaxVec(a), t0(a), MaxVec(u), t0(u), ...		X-Komponente				Y-Komponente				Beschleunigung (a) in Milli g/s				Verschiebung (u) in mm										
Xmax(v), Fx(v), Xmax(a), Fx(a), Xmax(u), Fx(u), ...		Y-Komponente				Z-Komponente																		
Ymax(v), Fy(v), Ymax(a), Fy(a), Ymax(u), Fy(u), ...																								
Zmax(v), Fz(v), Zmax(a), Fz(a), Zmax(u), Fz(u)																								
Geophon	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)
	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz
<b>TS16</b>																								
P1													2,8	27,4	213,5	78,2	11,6	27,3	3,3	78,1	168,0	78,1	7,7	39,1
P2	4,5	0,0	357,7	0,0	16,5	0,1	1,8	31,3	235,0	183,6	6,2	23,4	3,8	27,4	305,7	82,0	15,3	27,3	3,0	43,0	177,0	78,1	7,9	23,5
P3	5,3	0,0	344,7	0,0	18,2	0,1	2,0	35,2	134,1	171,9	8,0	23,5	4,0	31,2	274,4	187,5	16,5	27,4	3,6	46,9	190,2	105,4	9,6	27,3
P4	6,2	0,0	404,4	0,0	21,9	0,1	2,2	39,1	137,6	183,6	9,5	35,2	3,7	35,1	308,8	175,8	16,2	31,2	6,1	58,6	274,9	62,5	14,6	27,3
P5							4,0	39,1	517,5	132,8	13,7	39,1							5,1	58,6	295,5	78,1	14,2	27,4
P6	11,1	0,0	964,0	0,0	33,6	0,1	7,0	39,1	455,3	43,0	24,0	39,1	8,6	43,0	822,3	132,8	25,9	42,9	7,5	35,1	303,8	74,2	24,4	31,2
P7	34,4	0,0	1616,8	0,0	139,8	0,0	8,4	39,1	464,4	46,9	31,2	39,0	16,6	50,8	1304,5	125,0	51,6	19,5	32,5	39,0	1127,5	43,0	138,7	31,2
P8	90,1	0,0	7034,3	0,0	247,5	0,0	11,3	23,5	748,3	109,4	54,3	19,5	24,3	50,8	1216,7	54,7	86,6	19,5	86,5	46,8	6979,7	58,6	244,5	39,1

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



## 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V17  
 Kampfmittel: 3,7 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 29.09.2005, 14:10 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzündler (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,70 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: feuchte Witterung, bewölkt  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

## 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

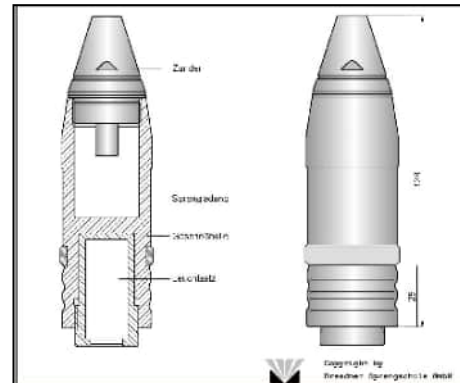


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank (Quelle: DSS Muni-DB <sup>1</sup> )	Messungen
Bezeichnung	3,7 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	12,8	9,5
Gesamtgewicht [kg]	0,623	0,431
Explosivstoffmasse [kg]	0,050*	

\* Angabe MBD Mecklenburg-Vorpommern

## 3. Versuch

### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

Trichterbildung:  Ja  Nein

Trichterdurchmesser: 0,35 m

Trichtertiefe: 0,05 m u.GOK

Auswurf Folie:  Ja  Nein

Sonstige Beobachtungen: -

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein

Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein

Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein

Tiefe oberster Splitter: 0,65 m u.GOK

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 14:14 h

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	0,36
Druck in 5 m Entfernung	0,41



### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

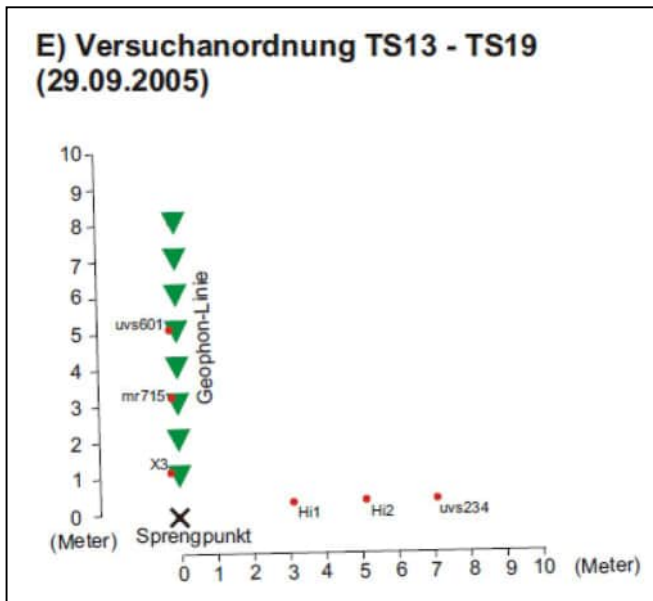


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

TS17	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
x3	1.2 m	18,27	36,67*	38,79*
hi1	3.1 m	2,68	7,56	7,17
mr715	3.3 m	3,93	8,16	7,15
hi2	5.1 m	2,15	2,53	5,97
uvs601	5.2 m	4,57	1,45	2,51
uvs234	7.1 m	3,57	2,09	2,48

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = max. Schwingstärke)

Versuch	Vmax	Amax	Umax			
<b>TS17</b>						
x3	L ( 1.2 m)	177,7* mm/s	7,38* G	966,9* µm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	102,8	0	1,09	9,4	286,3	12,5
L	105,3*	9,4*	5,55*	19,8*	624,5*	15,6*
Z	105,5*	9,4*	5,60*	21,9*	736,4*	15,6*
<b>mr715</b>						
L ( 3.3 m)	28,5 mm/s	0,76 G	202,9 µm			
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	10,4	15,6	0,3	28,1	94,7	15,6
L	23	12,5	0,57	15,6	163,5	15,6
Z	24,5	15,6	0,53	37,5	148,6	15,6
<b>uvs601</b>						
L ( 5.2 m)	14,3 mm/s	0,53 G	105,7 µm			
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	4,9	15,6	0,17	31,3	33,2	15,6
L	8,8	11,7	0,33	62,5	55,3	15,6
Z	14	19,5	0,4	35,2	104	15,7
<b>hi1</b>						
C ( 3.1 m)	26,0 mm/s	0,52 G	232,3 µm			
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	7,9	28,1	0,17	28,1	53,3	25
L	19,4	12,5	0,28	15,6	173,9	15,6
Z	20	25	0,45	28,1	154,6	21,8
<b>hi2</b>						
C ( 5.1 m)	17,4 mm/s	0,25 G	129,3 µm			
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	6,7	25	0,11	28,1	47,5	18,7
L	7,2	12,5	0,09	15,6	52,1	12,5
Z	16,8	21,9	0,23	25	127,6	18,7
<b>uvs234</b>						
C ( 7.1 m)	13,2 mm/s	0,42 G	78,0 µm			
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(µm)	(Hz)
T	7	39,1	0,17	42,9	39,6	15,6
L	7,8	23,4	0,25	54,7	54,7	15,6
Z	10,9	19,5	0,4	39,1	72,6	15,6

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

Versuch	Seismometer, ...										Gesamtauslenkung										Geschwindigkeit (v) in mm/s			
	MaxVec(v), t0(v), MaxVec(a), t0(a), MaxVec(u), t0(u), ...										X-Komponente										Beschleunigung (a) in Milli g/s			
	Xmax(v), Fx(v), Xmax(a), Fx(a), Xmax(u), Fx(u), ...										Y-Komponente										Verschiebung (u) in mm			
	Ymax(v), Fy(v), Ymax(a), Fy(a), Ymax(u), Fy(u), ...										Z-Komponente													
	Zmax(v), Fz(v), Zmax(a), Fz(a), Zmax(u), Fz(u)																							
Geophon	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)
	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz
<b>TS17</b>																								
P1													5,3	23,4	284,8	39,0	30,9	23,4	6,6	74,2	257,4	78,1	25,5	19,5
P2	9,0	0,0	545,1	0,0	49,2	0,1	4,5	31,2	210,7	70,3	20,5	15,6	7,4	27,3	421,4	43,0	42,1	19,5	7,0	35,2	320,3	39,0	32,1	19,5
P3	12,0	0,0	650,9	0,0	50,6	0,1	4,7	31,2	238,6	148,4	21,6	27,4	7,7	27,3	522,5	117,2	39,6	19,5	9,0	35,2	360,8	39,1	46,4	23,4
P4	12,8	0,0	851,9	0,0	60,1	0,0	4,4	31,2	350,6	78,1	22,8	27,4	8,5	43,0	616,1	109,4	49,1	15,6	12,1	35,2	499,9	42,9	59,1	23,4
P5							7,7	31,2	572,2	62,5	27,3	15,6							9,9	39,0	548,8	46,9	42,8	23,5
P6	28,8	0,0	1497,5	0,0	165,7	0,1	11,4	54,7	795,0	62,5	40,4	19,5	22,3	15,6	1079,8	109,4	142,8	15,6	17,6	39,0	1134,0	43,0	82,0	23,4
P7	124,7	0,0	5078,5	0,0	782,4	0,1	24,8	35,1	1117,2	35,2	98,9	11,7	75,0	15,6	2830,0	70,3	430,1	11,7	96,5	35,2	4127,9	39,0	731,8	11,7
P8	826,2	0,0	74917,7	0,0	2417,7	0,0	42,0	11,7	2967,9	31,3	462,9	11,7	117,9	15,6	7922,6	19,6	1197,9	11,7	822,7	27,3	74807,5	136,7	2354,6	23,4

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



## 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V18  
 Kampfmittel: 3,7 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 29.09.2005, 15:21 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzünder (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,50 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: bewölkt  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

## 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

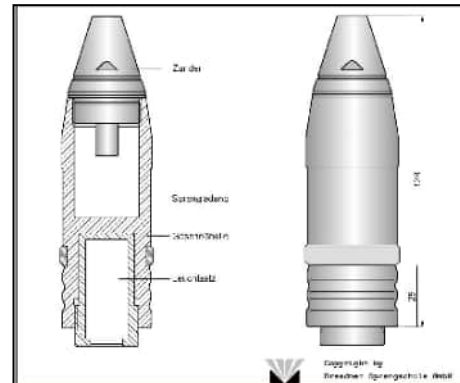


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank <sup>1</sup>	Messungen
Bezeichnung	3,7 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	12,8	9,5
Gesamtgewicht [kg]	0,623	0,444
Explosivstoffmasse [kg]	0,050*	-

\* Angabe MBD Mecklenburg-Vorpommern

## 3. Versuch

### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

- Trichterbildung:  Ja  Nein  
 Trichterdurchmesser: 0,57 m  
 Trichtertiefe: 0,60 m u.GOK  
 Auswurf Folie:  Ja  Nein kaum Streuung  
 Sonstige Beobachtungen: -

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

- Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein  
 Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein  
 Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein  
 Tiefe oberster Splitter: 0,05 m u.GOK

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 15:25 h

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	-
Druck in 5 m Entfernung	-

### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

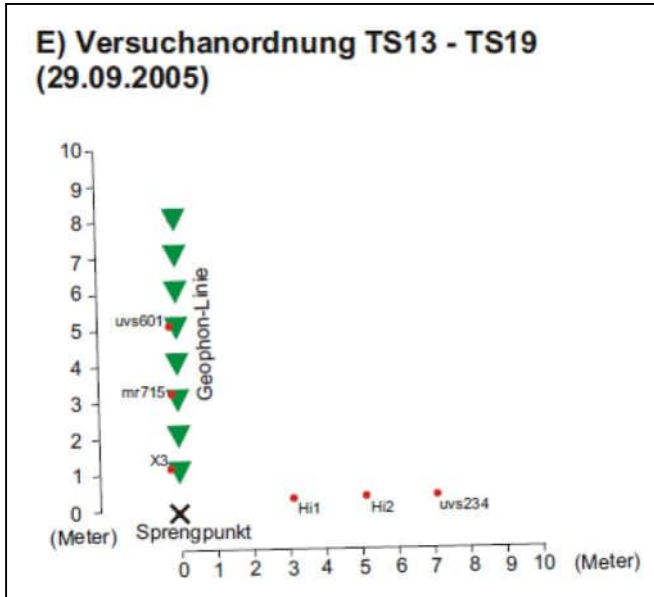


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

TS18	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
x3	1.2 m	11,25	41.24*	41.23*
hi1	3.1 m	2,37	6,62	7,76
mr715	3.3 m	4,13	7,82	6,7
hi2	5.1 m	1,65	2,27	6,32
uvs601	5.2 m	4,34	1,07	2,23
uvs234	7.1 m	3,76	1,93	2,36

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = max. Schwingstärke)

Versuch	Vmax	Amax	Umax	
<b>TS18</b>				
x3	L ( 1.2 m)	146.3 mm/s	6.35* G	1109.8* µm
	v	f	a	fa
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(µm)
T	53,7	0	0,35	12,5
L	105,1*	9,4*	3,70*	21,9*
Z	104,6*	9,4*	5,41*	15,6*
mr715	L ( 3.3 m)	30.0 mm/s	0.89 G	214.9 µm
	v	f	a	fa
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(µm)
T	13,2	15,7	0,31	31,2
L	24	12,5	0,43	18,7
Z	22,2	21,9	0,67	40,6
uvs601	L ( 5.2 m)	13.4 mm/s	0.50 G	98.9 µm
	v	f	a	fa
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(µm)
T	3,4	15,6	0,11	31,3
L	7,5	11,7	0,28	66,4
Z	13,2	19,5	0,41	35,2
hi1	C ( 3.1 m)	25.8 mm/s	0.55 G	224.6 µm
	v	f	a	fa
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(µm)
T	6,6	28,1	0,16	28,1
L	17,5	15,6	0,23	18,7
Z	22,2	25	0,49	28,1
hi2	C ( 5.1 m)	18.3 mm/s	0.26 G	132.0 µm
	v	f	a	fa
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(µm)
T	5	18,8	0,08	28,1
L	7,5	12,5	0,09	15,6
Z	18,1	21,9	0,25	25
uvs234	C ( 7.1 m)	14.0 mm/s	0.36 G	81.2 µm
	v	f	a	fa
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(µm)
T	5,8	19,5	0,14	43
L	7,3	23,5	0,22	54,7
Z	12	19,5	0,35	39,1

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

Versuch	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)
Geophon	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz
<b>TS18</b>																								
P1													4,9	23,4	378,8	35,2	29,1	19,5	6,3	74,2	278,3	74,2	20,7	19,5
P2	7,9	0,0	705,3	0,0	42,8	0,1	2,6	31,2	217,2	156,2	11,8	27,4	7,1	27,3	609,4	70,3	38,9	19,6	6,5	27,4	342,5	70,3	27,4	19,6
P3	9,6	0,0	707,1	0,0	43,5	0,1	2,6	31,2	181,4	152,3	13,1	27,4	8,1	27,3	571,6	117,2	38,0	19,5	7,0	35,1	378,5	39,0	39,5	23,4
P4	11,5	0,0	794,3	0,0	56,0	0,1	3,8	31,2	259,3	89,9	18,3	27,4	8,3	43,0	546,2	62,5	44,7	15,6	10,2	27,3	515,1	43,0	55,2	23,4
P5							6,2	31,2	513,8	62,5	26,9	15,7							8,6	39,1	424,3	50,8	34,7	23,5
P6	28,1	0,0	1572,4	0,0	163,2	0,1	13,1	23,4	1028,1	78,1	43,8	19,5	23,6	19,5	1241,0	23,4	151,4	15,6	18,4	39,1	1066,3	46,8	73,4	27,3
P7	97,8	0,0	6024,9	0,0	570,3	0,0	23,9	35,2	1192,9	39,1	97,0	31,2	60,3	19,5	2444,7	31,3	384,4	15,6	91,4	35,2	5882,2	39,1	493,0	11,7
P8	500,2	0,0	38223,8	0,0	2300,1	0,0	49,7	15,6	3259,6	39,1	564,3	11,7	144,4	15,6	5824,9	23,4	1359,6	11,7	489,4	31,2	37636,5	35,2	2118,6	11,7

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



## 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V19  
 Kampfmittel: 3,7 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 29.09.2005, 16:06 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzünder (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,30 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: feuchte Witterung, bewölkt  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

## 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

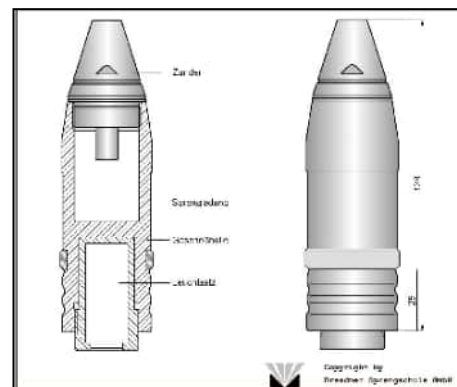


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank <sup>1</sup>	Messungen
Bezeichnung	3,7 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	12,8	9,5
Gesamtgewicht [kg]	0,623	0,433
Explosivstoffmasse [kg]	0,050*	-

\* Angabe MBD Mecklenburg-Vorpommern

## 3. Versuch

### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

- Trichterbildung:  Ja  Nein  
 Trichterdurchmesser: 0,90 m  
 Trichtertiefe: 0,30 m u.GOK  
 Auswurf Folie:  Ja  Nein 1,30 m Streuung  
 Sonstige Beobachtungen: -

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

- Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein  
 Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein  
 Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein  
 Tiefe oberster Splitter: Splitter treten aus

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: 16:07 h

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	0,58
Druck in 5 m Entfernung	0,60



### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

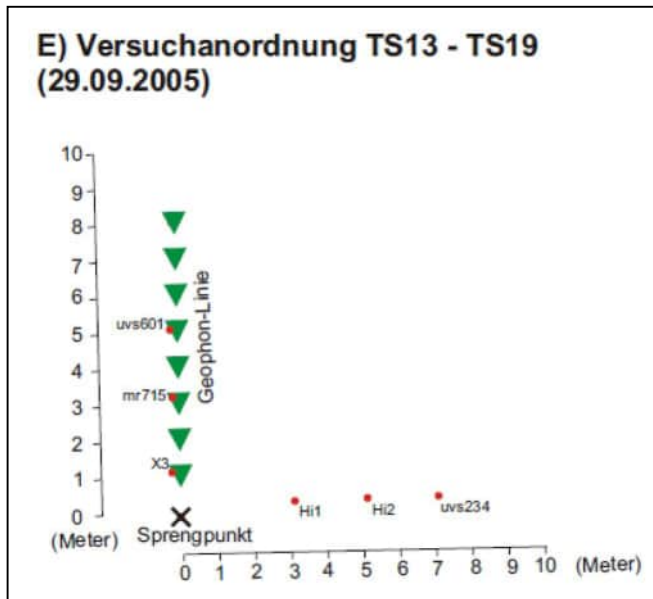


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

TS19	Distanz	KBFmax(T)	KBFmax(L)	KBFmax(Z)
x3	1.2 m	12,7	38,43*	36,40*
hi1	3.1 m	1,72	5,84	6,88
mr715	3.3 m	3,84	6,77	5,68
hi2	5.1 m	1,3	2,09	6,1
uvs601	5.2 m	3,9	0,82	1,93
uvs234	7.1 m	3,42	1,46	2,04

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = maximale Schwingstärke)

Versuch	Vmax	Amax	Umax			
<b>TS19</b>						
x3	L ( 1.2 m)	149,9 mm/s	6,19° G	996,6 μm		
	v	v	a	fa		
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)		
T	50,2	12,5	1	18,7	268	15,6
L	108,0*	21,9*	5,35*	21,9*	689,7*	18,8*
Z	103,8*	3,1*	4,46*	15,6*	774,2*	12,5*
mr715	L ( 3.3 m)	27,9 mm/s	0,63 G	211,0 μm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	14,1	18,7	0,37	31,3	93,1	15,6
L	22,4	15,6	0,45	18,7	164,2	15,6
Z	18,7	21,9	0,44	40,6	113,6	15,7
uvs601	L ( 5.2 m)	12,7 mm/s	0,31 G	89,3 μm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	3	15,6	0,06	36,1	19,5	15,6
L	6	19,5	0,19	82	44,2	15,7
Z	12,3	19,6	0,25	23,4	88,4	19,5
hi1	C ( 3.1 m)	25,4 mm/s	0,48 G	193,3 μm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
T	5,5	25	0,1	31,2	35,7	18,8
L	15,9	15,6	0,24	18,7	139,4	15,6
Z	22,9	25	0,4	28,2	130,2	18,8
hi2	C ( 5.1 m)	18,2 mm/s	0,26 G	132,8 μm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
T	3,8	18,8	0,05	25	27,4	18,7
L	7,1	15,6	0,11	18,7	50	15,6
Z	18	21,9	0,26	25	132,5	18,8
uvs234	C ( 7.1 m)	12,1 mm/s	0,26 G	77,2 μm		
	v	v	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(μm)	(Hz)
T	4,8	19,5	0,13	42,9	28,3	15,6
L	7,2	23,4	0,19	66,4	40,1	19,5
Z	11	19,5	0,17	39,1	73,4	19,5

Tab. 1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung. f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

Versuch	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)					
Geophon	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz					
<b>TS19</b>																													
P1																			23,4	183,5	27,3	27,7	19,5	4,6	23,4	193,8	74,2	18,9	19,5
P2	6,4	0,1	349,9	0,0	41,9	0,1	2,3	31,3	157,0	152,3	8,3	31,2	5,9	27,3	323,6	70,3	38,4	19,6	4,8	27,3	197,3	66,4	24,4	19,6					
P3	8,0	0,0	414,6	0,0	40,4	0,1	1,8	31,3	106,2	35,1	10,8	31,3	5,9	27,3	347,8	43,0	35,2	19,6	5,8	23,4	221,0	35,2	35,2	23,4					
P4	8,9	0,0	454,6	0,0	50,2	0,1	2,6	31,2	150,8	62,5	16,1	19,5	5,6	23,4	311,5	82,0	37,3	15,7	8,6	27,3	331,6	43,0	49,6	23,4					
P5							4,9	31,3	333,0	62,5	25,5	19,5							8,2	27,4	300,5	46,9	36,8	23,5					
P6	27,6	0,0	989,7	0,0	140,6	0,1	9,1	19,5	560,0	89,9	50,0	19,5	23,0	19,5	711,1	23,4	134,9	15,6	14,7	43,0	459,2	43,0	61,6	23,5					
P7	80,1	0,0	2729,7	0,0	468,8	0,0	18,6	35,2	749,2	39,1	95,6	31,2	56,6	19,5	1456,4	35,2	342,3	15,6	75,7	39,0	2684,7	42,9	416,5	11,7					
P8	516,7	0,0	38602,5	0,0	2334,2	0,0	47,8	11,7	2930,6	19,5	495,6	11,7	147,9	15,6	3562,6	23,4	1444,0	11,7	516,1	27,4	38599,0	101,6	2270,8	15,6					

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)



### 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V20  
 Kampfmittel: 3,7 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 30.09.2005, 10:15 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzündler (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 0,01 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: trocken  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

### 2. Kampfmittelangaben



Abb. 1: Original-Kampfmittel

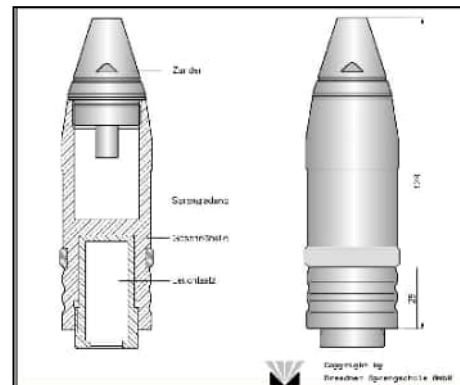


Abb. 2: Zeichnung (Quelle: DSS Muni-DB<sup>1</sup>)

	Angaben DSS-Munitionsdatenbank <sup>1</sup>	Messungen
Bezeichnung	3,7 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	12,8	9,5
Gesamtgewicht [kg]	0,623	0,431
Explosivstoffmasse [kg]	0,050*	

\* Angabe MBD Mecklenburg-Vorpommern

### 3. Versuch

#### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

<sup>1</sup> Munitionsdatenbank Kampfmittelerkundung der Dresdner Sprengschule

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung

Abb. 3b: Maximale Auswirkung

Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

Trichterbildung:  Ja  Nein

Trichterdurchmesser: -

Trichtertiefe: -

Auswurf Folie:  Ja  Nein keine Folie eingesetzt

Sonstige Beobachtungen: Zerstörung des Rahmens, Durchschuss Schwerlastböcke

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein

Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein

Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein

Tiefe oberster Splitter: -

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: -

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	-
Druck in 5 m Entfernung	-

### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

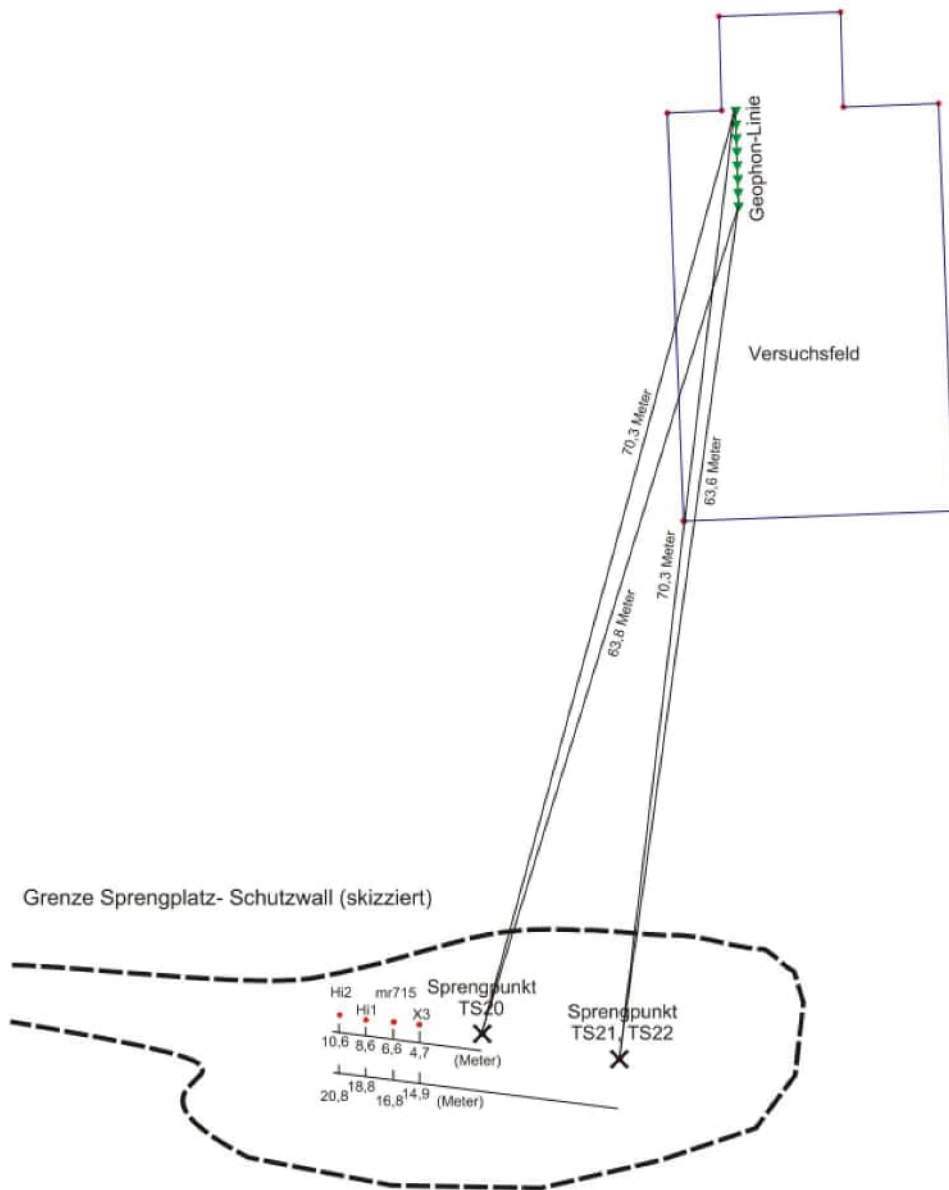


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

Versuch	Vmax	Amax	Umax			
<b>TS20</b>						
x3	L ( 4.7 m)	18.0 mm/s	1.72 G	25.4 μm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	3,7	62,5	0,37	134,4	9,8	25
L	4,7	0	0,2	56,2	15,9	28,1
Z	17,8	103,1	1,67	153,1	21,9	21,9
<b>mr715</b>						
	L ( 6.6 m)	16.2 mm/s	0.98 G	34.6 μm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	2,3	68,8	0,14	118,8	5	15,6
L	7,7	31,3	0,32	81,3	24,3	28,2
Z	15,7	103,1	0,92	115,8	33,9	28,1
<b>hi1</b>						
	L ( 8.6 m)	8.0 mm/s	0.14 G	53.7 μm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	0,7	25	0,02	43,7	4	25
L	3,9	6,3	0,06	43,8	20,8	12,5
Z	7	6,3	0,13	18,8	49,5	15,6
<b>hi2</b>						
	L ( 10.6 m)	4.1 mm/s	0.07 G	28.7 μm		
	v	f	a	fa	u	fu
	(mm/s)	(Hz)	(G)	(Hz)	(mm)	(Hz)
T	0,6	25	0,01	25	3,7	21,9
L	1,6	25	0,04	25	10	25
Z	4,1	6,3	0,07	18,7	28,7	15,6

TS20				
x3	4.7 m	0.86	1.17	2.34
mr715	6.6 m	0.52	1.88	3.33
hi1	8.6 m	0.25	1.07	2.32
hi2	10.6 m	0.21	0.6	1.37

Tab. 2: Messwerte der individuellen Aufnehmer (KBFmax = maximale Schwingstärke)

Tab.1: Messwerte der individuellen Aufnehmer (Vmax = max. Geschwindigkeit, Amax = max. Beschleunigung, Umax = max. Verschiebung, f = Frequenz, T = Transversalkomponente, L = Longitudinalkomponente, Z = Vertikalkomponente)

Versuch																								
Seismometer, ...		Gesamtauslenkung										Geschwindigkeit (v) in mm/s												
MaxVec(v), t0(v), MaxVec(a), t0(a), MaxVec(u), t0(u), ...		X-Komponente										Beschleunigung (a) in Milli g/s												
Xmax(v), Fx(v), Xmax(a), Fx(a), Xmax(u), Fx(u), ...		Y-Komponente										Verschiebung (u) in mm												
Ymax(v), Fy(v), Ymax(a), Fy(a), Ymax(u), Fy(u), ...		Z-Komponente																						
Zmax(v), Fz(v), Zmax(a), Fz(a), Zmax(u), Fz(u), ...																								
Geophon	MaxVec(v)	t0(v)	MaxVec(a)	t0(a)	MaxVec(u)	t0(u)	Xmax(v)	Fx(v)	Xmax(a)	Fx(a)	Xmax(u)	Fx(u)	Ymax(v)	Fy(v)	Ymax(a)	Fy(a)	Ymax(u)	Fy(u)	Zmax(v)	Fz(v)	Zmax(a)	Fz(a)	Zmax(u)	Fz(u)
	mm/s	s	mG	s	mm	s	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz	mm/s	Hz	mG	Hz	mm	Hz
<b>TS20</b>																								
P1													0,9	148,5	86,7	152,3	1,4	15,6	0,7	78,1	50,7	78,2	1,4	78,1
P2	1,0	0,2	69,8	0,2	2,0	0,3	0,6	78,1	54,5	78,1	1,9	19,5	0,6	156,2	52,5	156,2	1,5	15,6	0,7	78,2	44,5	136,7	1,2	78,1
P3	0,8	0,2	59,6	0,2	2,1	0,5	0,5	78,1	41,6	171,9	1,8	23,4	0,6	82,0	47,7	168,0	1,6	19,6	0,6	85,9	40,5	85,9	1,1	74,2
P4	0,7	0,2	42,2	0,2	2,0	0,5	0,5	43,0	31,9	109,4	1,9	23,4	0,5	93,8	31,6	93,8	1,7	23,4	0,5	85,9	41,2	85,9	1,1	85,9
P5																								
P6	0,8	0,3	56,3	0,2	2,9	0,4	0,6	54,7	47,5	93,7	2,8	23,4	0,5	85,9	36,2	85,9	1,4	15,7	0,6	74,2	48,5	113,3	1,2	74,2
P7	1,6	0,2	110,8	0,2	4,1	0,4	0,9	54,7	38,0	89,8	3,9	23,4	0,5	82,0	32,3	82,0	1,8	27,3	1,5	62,5	108,7	121,1	3,5	15,6
P8	2,0	0,2	170,9	0,2	4,0	0,2	0,8	43,0	42,9	97,7	3,1	43,0	0,5	58,6	36,4	152,3	1,8	15,6	1,9	93,7	169,2	93,7	4,0	70,3

Tab.3: Maximalamplituden der seismischen Auslage (MaxVec = Maximalbetrag der Auslenkung, t0 = Zeitpunkt der Maximalauslenkung am Geophon)

### 1. Kopfdaten

Versuch Nr.: V22  
 Kampfmittel: 15 cm Sprenggranate  
 Datum/Zeit der Zündung: 30.09.2005, 12:02 h  
 Ort der Sprengung:  Sprengfeld  Sprenggrube  
 Verwendete Sprengkapsel: elektrischer Momentzündler (1 g NEM)  
 Einbautiefe: 1,50 m u.GOK  
 Wetterverhältnisse: trocken  
 Bodenverhältnisse:  trocken  feucht

### 2. Kampfmittelangaben

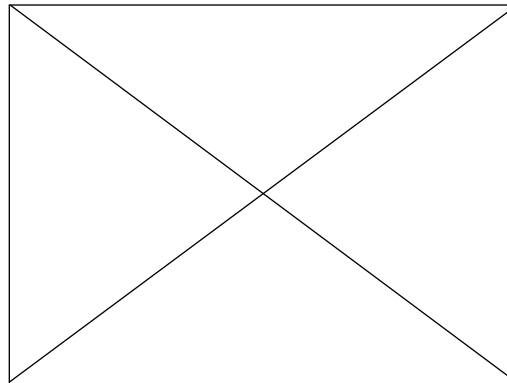


Abb. 1: Original-Kampfmittel

	Angaben	Messungen
Bezeichnung	15 cm Sprenggranate	-
Länge [cm]	-	58,2
Gesamtgewicht [kg]	-	-
Explosivstoffmasse [kg]	-	-

### 3. Versuch

#### 3.1. Allgemeine Angaben

Sprengloch wie zuvor:  Ja  Nein  
 Einsatz Blech:  Ja  Nein  
 Splittermessungen:  Ja  Nein  
 Erderschütterungen:  Ja  Nein  
 Luftstoßmessungen:  Ja  Nein

### 3.2. Ergebnisse

Fotos Versuchsabfolge



Abb. 3a: Zustand vor Zündung



Abb. 3b: Maximale Auswirkung



Abb. 3c: Endzustand

#### 3.2.1 Auswirkungen / Beobachtungen

Trichterbildung:  Ja  Nein

Trichterdurchmesser: 1,50 m

Trichtertiefe: 0,50 m

Auswurf Folie:  Ja  Nein keine Folie eingesetzt

Sonstige Beobachtungen: -

#### 3.2.2 Ergebnis Splitterwirkung

Splitter durchschlagen Blech:  Ja  Nein

Splitter drücken Blech ein:  Ja  Nein

Splitter verbleiben im Boden:  Ja  Nein

Tiefe oberster Splitter: -

#### 3.2.3 Ergebnis Luftstoßwelle

Messzeitpunkt: -

	Angaben in kPa
Druck in 3 m Entfernung	-
Druck in 5 m Entfernung	-



### 3.2.4 Ergebnis Erderschütterungen

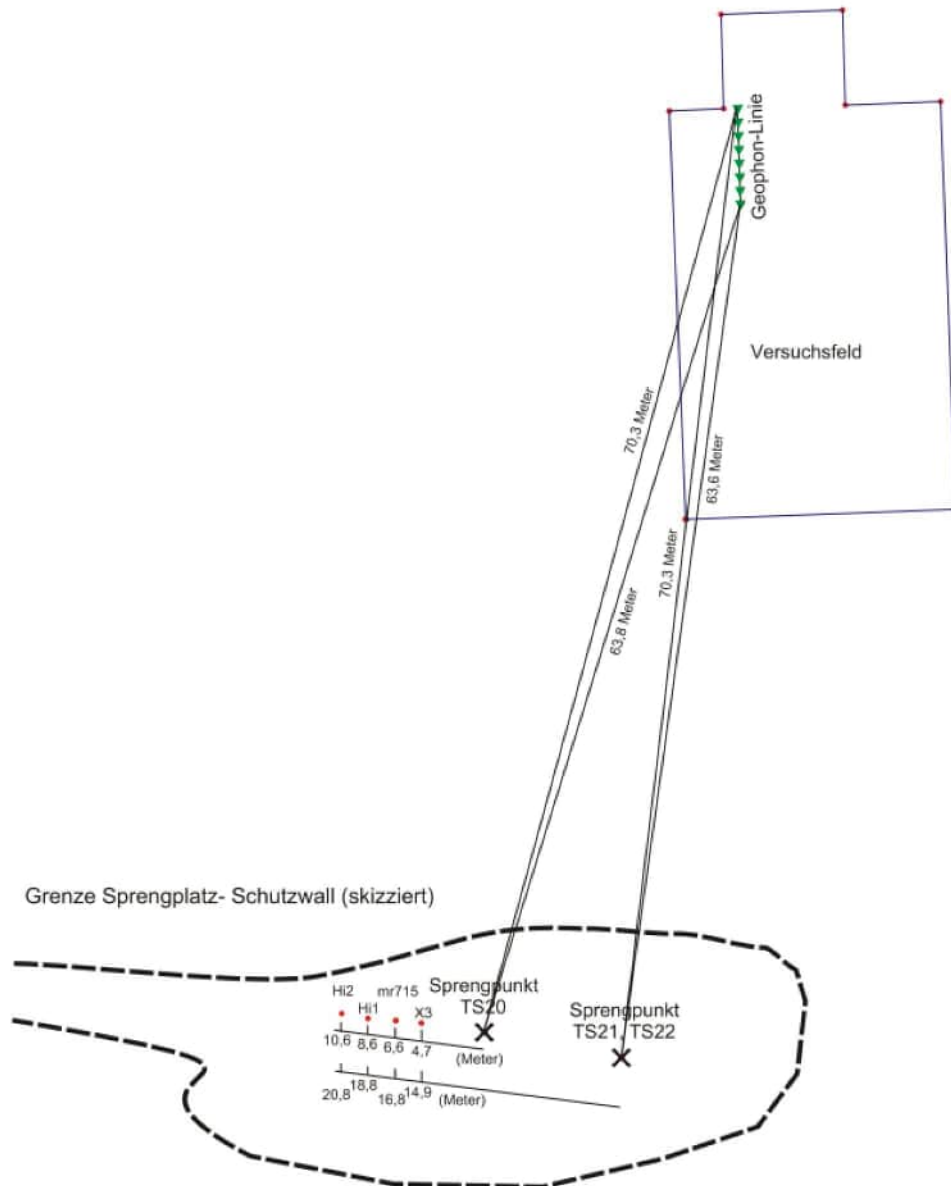


Abb. 4: Skizze der Versuchsanordnung

