

„Weg is weg“...

oder doch nicht?

Vom sachgemäßen Sprengen
nicht transportfähiger
Kampfmittel vor Ort

Rahmenbedingungen der Sprengungen

zufällige (Einzel)Funde <

Funde im Zuge von KMR

- Vernichtung dezentral,
am Fundort (Räumfläche)
- Vernichtung zentral
(temp. Sprengplatz)

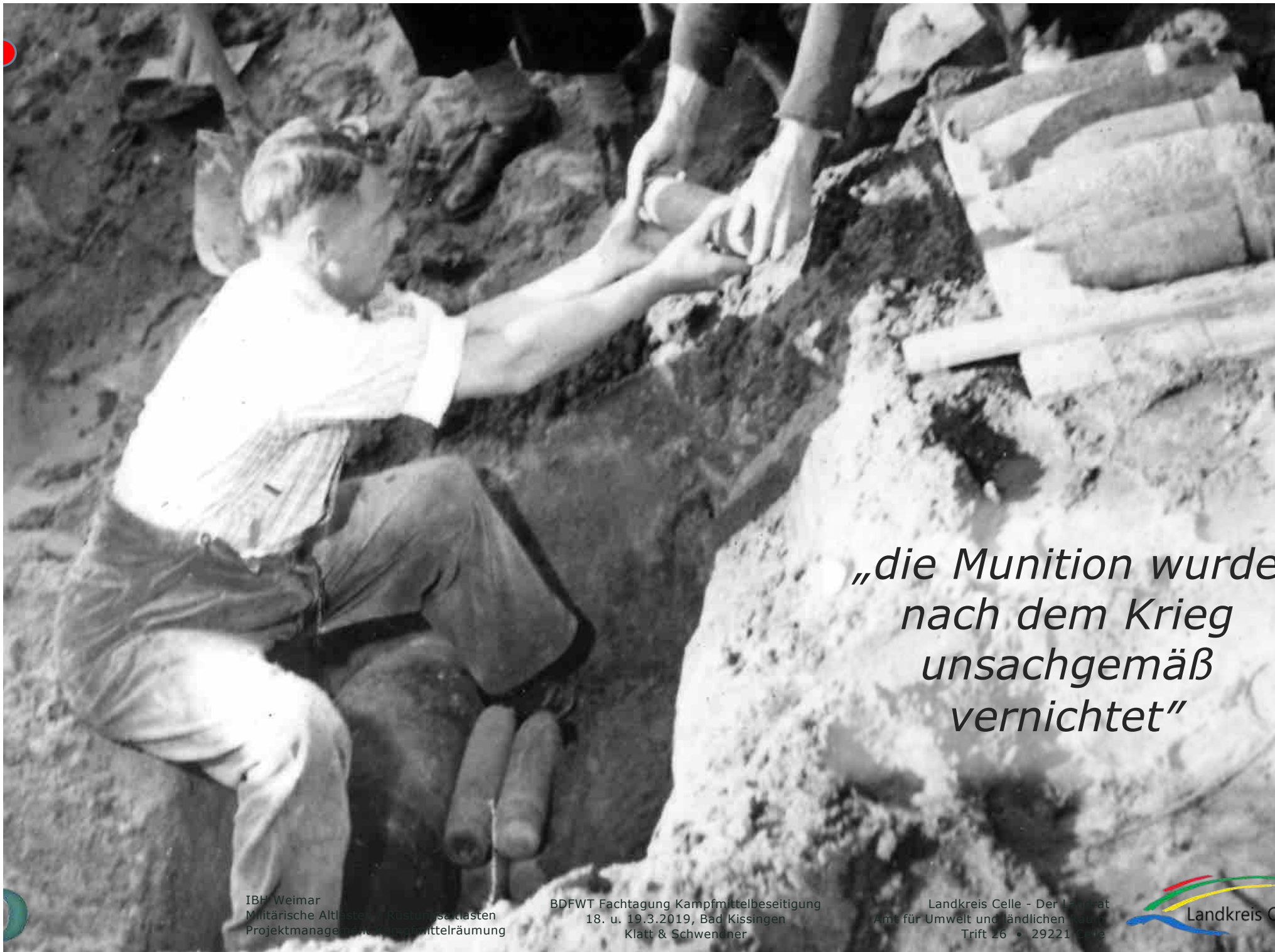
Sprengungen im Zuge von KMR

NKII-Sprengplätze

- enges Munitionssortenprofil
- Funde im Umgriff / in Trichtern
- Fundmengen 10 bis > 100 t
- gesprengt 100 - > 1.000 Stück
- oft in unkontaminiertem Bereich
- ggf. drei Wirkungspfade relevant

Schießbahnen (TrübPI)

- breites Munitionssortenprofil
- z. T. auch transpf. Munition
- Fundmengen sehr unterschiedl.
- Anzahl gesprengt unterschiedl.
- Hintergrundbelastung
- nur Boden-GW relevant



*„die Munition wurde
nach dem Krieg
unsachgemäß
vernichtet“*

die Munition wurde nach dem Krieg unsachgemäß vernichtet



unsachgemäß

- Gefahr nicht beseitigt
- hohe Splitterbildung
- weiter Splitterflug
- Bodenverunreinigungen ?

sachgemäß

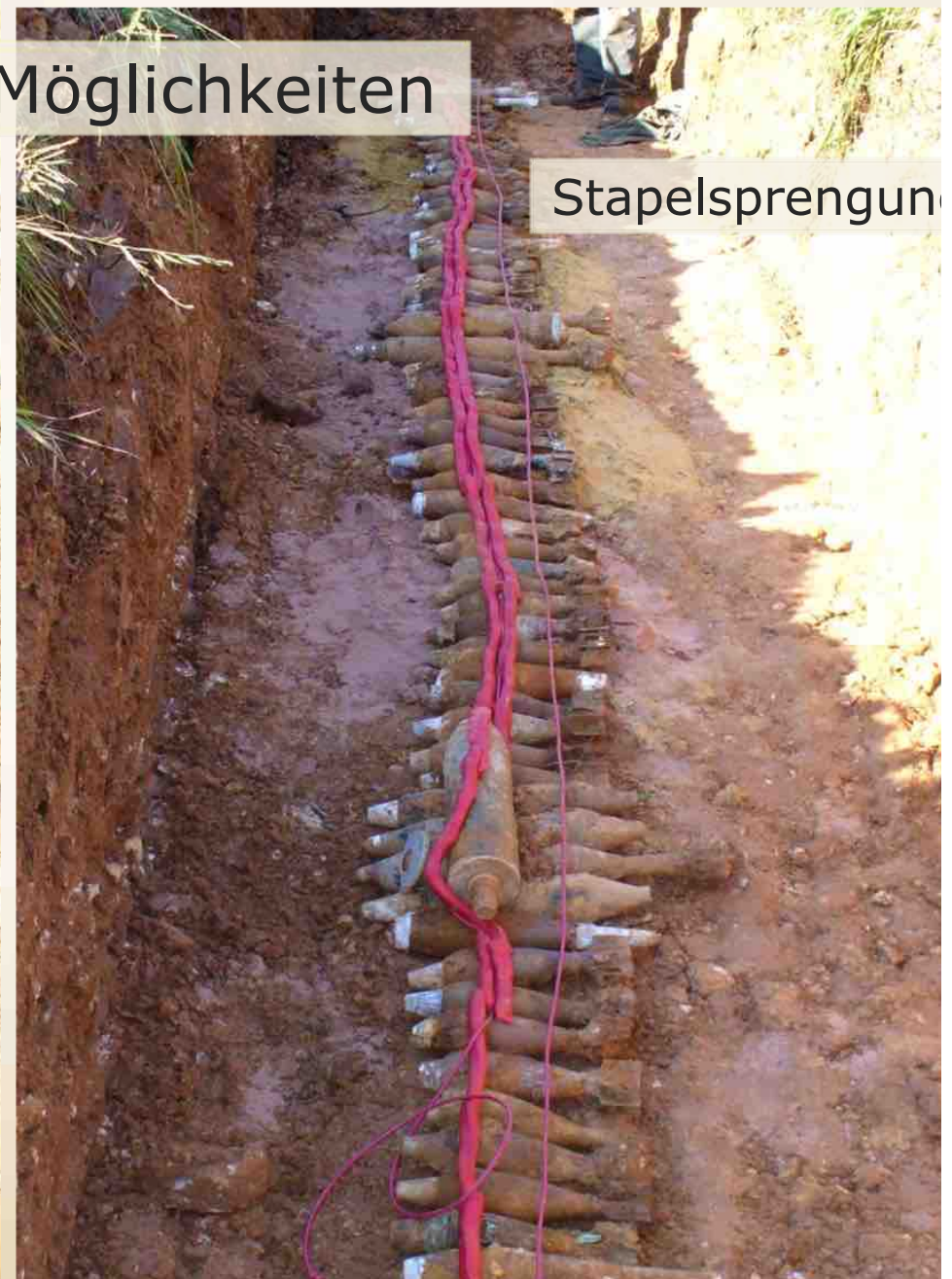
- Gefahr beseitigt
- geringe Splitterbildung
- kaum Splitterflug
- keine Bodenverunreinigungen?

Prinzipielle Möglichkeiten

Einzel Sprengung



Stapelsprengung



Gruppensprengung: Sprenggrube, 1 KM/Sprengloch gemeinsame Zündung

Prinzipielle Möglichkeiten

Hohlladung



„Vollladung“



formbare Sprengstoffe



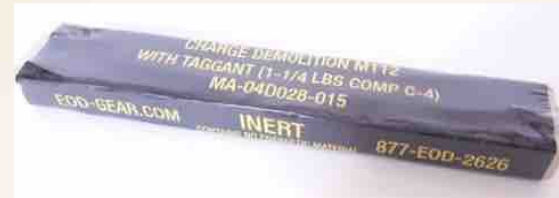
„Block“



Schlagladungen (Sprengstoffe)

➤ RDX

- C4
- SEMTEX PW4



➤ PETN

- z. B. SEMTEX A
- SEMTEX 10 SE
- Sprengkörper DM52



➤ Mischungen

- SEMTEX H (50 % PETN, 35% RDX, Sudan I)
- Seismo-PHEX (PETN, RDX)
- Military Dynamite (75 RDX_{phleg} 15 TNT)



➤ TNT?

Weichmacher DOS (dioctyl sebacate) oder dioctyl adipate (DOA)

Vorrangig gesprengte Typen: SD2

225 g Fp 60/40 (135 g TNT, 90 g AN)



Vorrangig gesprengte Typen: Pzgr. 8,8

138 g RDX (mit Wachs phlegmatisiert)



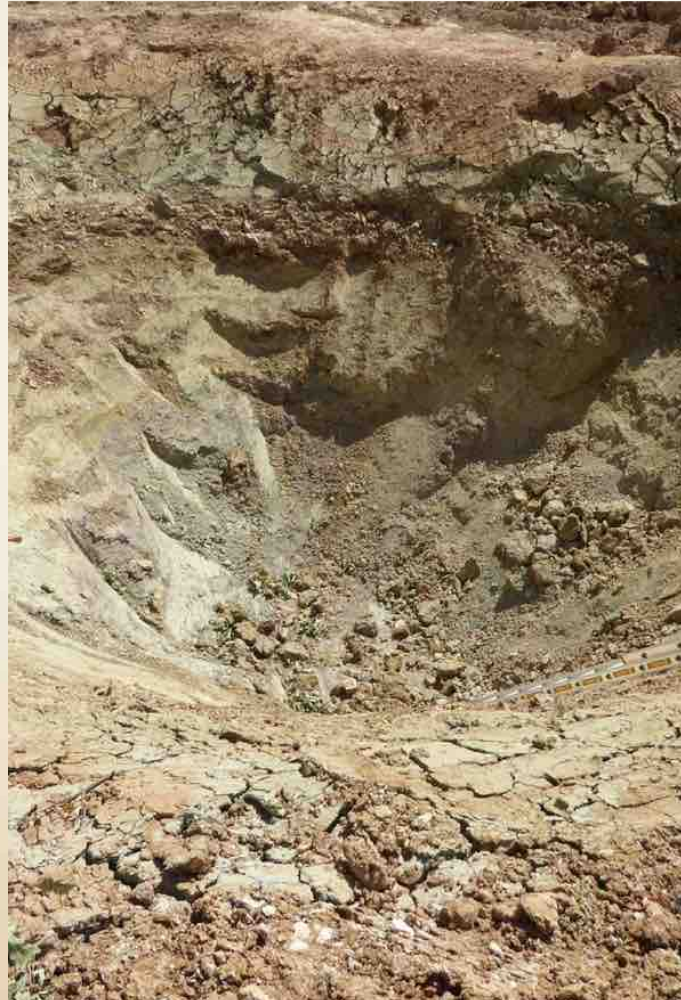
sowie: Sprgr. 8,8 ZtZ. S30/60; 910 g Fp 60/40 (540 g TNT)

Prinzipielle Möglichkeiten Splitterhemmung

ämmsand, Sprengmatte



Trichter



Sonstige



Was bleibt übrig? Stationen der Erkenntnis ab 2000 Untersuchung Sprengplätze NKII



TNT u. RDX: n. n. bis 100 µg/l
Ursache: low order (Stapelsprengungen) ?

Was bleibt übrig – Stationen der Erkenntnis Temp. Sprengplatz Schießbahn (2003)

Probe	µg/l
Hexogen	21,2
TNT	134
2A-4,6-DNT	9,6
4A-2,6-DNT	36,4

1:3,75 Eluat 24 h
200 g Boden

auch bei "modernem" Sprengen bleibt was übrig
gesprengte Mengen ?
geschliffen, erst danach Aushub, Deponierung
Entsorgungskosten ?



Stationen der Erkenntnis – Was bleibt übrig ? RDX-Schäden Hohenfels und Grafenwöhr (2006)



Military Dynamite 1955-90
RDX_{phleg}
Massiver Schaden im Grundwasser
Ursache: Spezielle Anwendung?

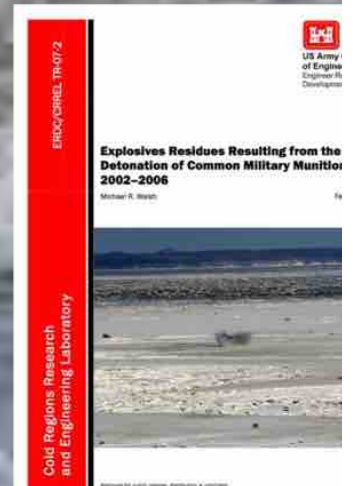


Stationen der Erkenntnis – Was bleibt über US-Sprengversuche (HE) 2000-2006



B i P Fort Richardson, Al

getestet Comp B (RDX/TNT 60/39%), TNT
Rückstandsquoten per Round 0,003 %
1 kg Sprengstoff → 30 mg Rückstand



Temporärer Sprengplatz Marktbergel (2013)



Stationen der Erkenntnis: Was bleibt übrig
temporärer Sprengplatz Marktbergel (2013)

23g

138 g

Vernichtet (high order): 1.380 Stück
Füllung: 138 g RDX_{phleg}
Hohlladung: (DYNAenergents): 23 g RDX
Gesamt-NEM: 220 kg RDX
US-Ansatz 0,003 % → 6,6 g Gesamtrückstand

Temporärer Sprengplatz Marktbergel (2013)

Vordere
Splitterfangwand

Stahlrohr

Granatenleerhüllen

Sand

RDX

1.200 mg/kg 35.000 µg/l

bei 50 kg Sand --> 60 g Rückstand → 10 x mehr

passt nicht zu US-Untersuchungen !

Temporärer Sprengplatz Marktbergel (2013)

400 µg/l

Splitterfangwand 2

Stahlrohr

Abdecksand

9.574 µg/l

Erdwall

Splitterfangwand 1

4.537 µg/l

Stationen der Erkenntnis : Was bleibt übrig? Temporärer Sprengplatz 2

Auswurfbereich:
10.250 µg/l RDX

vernichtet:
121 Pzsprgr. 8,8 (RDX)
5 Hgr. (verm. TNT)
1 Gewgr. (?)

Schlagladung:
vor allem HL (RDX)
Ges NEM: ca. 20-25 kg



1. 24 SD2, 3 Hgr. (zus.), 1x8,8 (HL); Schlagldg.: 13 x 200g SEISMO-PHEX+ 500 g SEMTEX;
2. Sprg. 51 x SD2; Schlagldg.: 32 x 200g SEISMO-PHEX 250+ 1.000 g SEMTEX A

Temp. Sprengplatz 3

RDX	1070
PETN	478
TNT/ADNT	36

RDX	142
PETN	67
TNT/ADNT	4

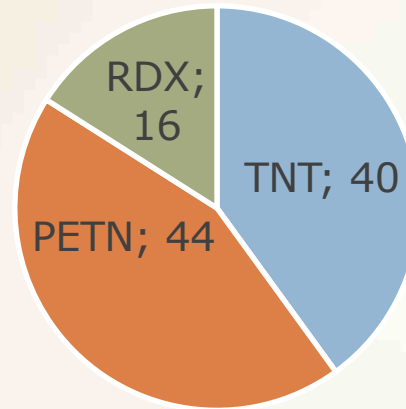
Umsatz
13 kg TNT (aus SD2),
17,5 kg PETN/RDX (aus SeismoPHEX),
2 kg PETN (aus Semtex A)

Folgerung:
Schlagladg. verursacht Kontam.
RDX_{phleg.} setzt am schlechtesten um!

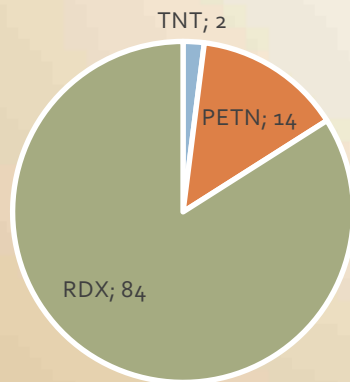
RDX	9852
PETN	1709
TNT/ADNT	180

Temp. Sprengplatz 3

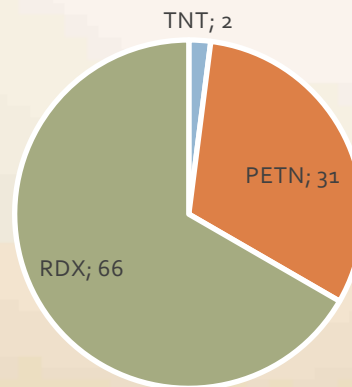
Zusammensetzung NEM %



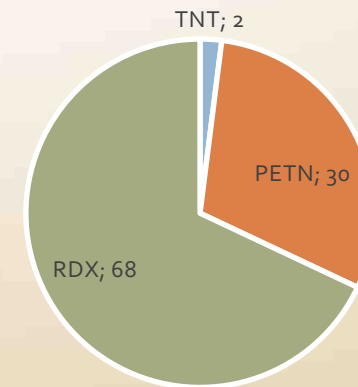
Zusammensetzung Eluat 1



Zusammensetzung Eluat 2



Zusammensetzung Eluat 3



■ TNT ■ PETN ■ RDX

■ TNT ■ PETN ■ RDX

■ TNT ■ PETN ■ RDX

Schlagladg. verursacht Kontam.

RDX_{phleg.} setzt am schlechtesten um!

Temp. Sprengplatz 4



Temp. Sprengplatz 4

Datum	Typ	Anzahl	NEM [g]	Anteil TNT/RDX [%]	Masse TNT [g]	Masse RDX [g]	GesamtTNT [g]	GesamtRDX [g]
19.05.2010	8,8 cm Sprgr	2	900	60	540		1080	
26.05.2010	8,8 cm Sprgr	11	900	60	540		5940	
17.06.2010	21 cm Brak	1	9500	60	5700		5700	
02.11.2012	8,8 cm PzGr	2	60	90		54		108
11.01.2013	8,8 cm PzGr	8	60	90		54		432
16.11.2012	8,8 cm PzGr	2	60	90		54		108
	8,8 cm Sprgr	2	900	60	540		1080	
23.11.2012	8,8 cm PzGr	3	60	90		54		162
	8,8 cm Sprgr	3	900	60	540		1620	
30.11.2012	8,8 cm PzGr	8	60	90		54		432
	8,8 cm Sprgr	2	900	60	540		1080	
14.12.2012	8,8 cm Sprgr	2	900	60	540		1080	
25.01.2013	8,8 cm PzGr		60	90		54		54
ohne	8,8 cm Sprgr		900	60	540		540	
						Summe	18.120	1.296

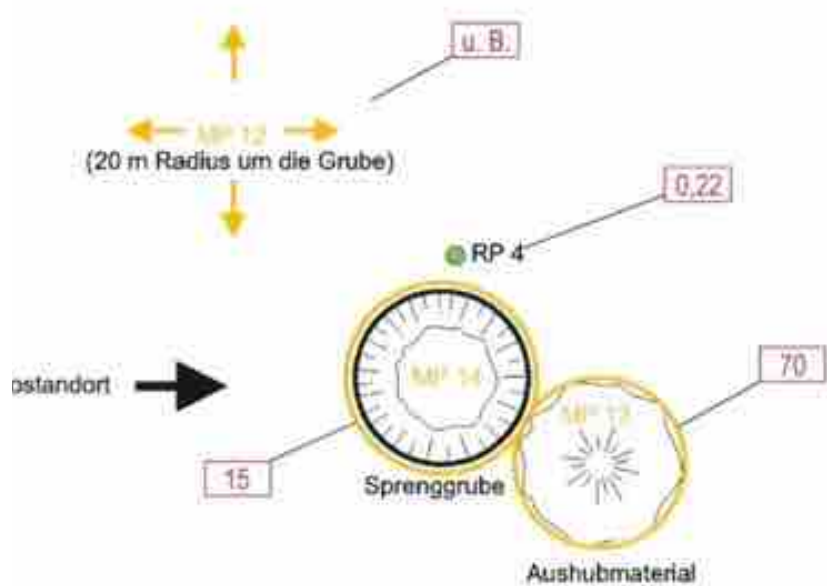
← HI 13 g RDX x 24 = 312 g

← 250-500 g PETN

Temp. Sprengplatz 4



Temp. Sprengplatz 4



Parameter	GFS [µg/l]	RP 4 Grundwasser	MP 12 Eluat	MP 13 Eluat	MP 14 Eluat
Hexogen	1	u.B.	u.B.	u.B.	u.B.
1,3,5-Trinitrobenzol	100	u.B.	u.B.	u.B.	u.B.
1,3-Dinitrobenzol	0,3	u.B.	u.B.	u.B.	u.B.
2,4,6-Trinitrotoluol	0,2	u.B.	u.B.	48,1	9,6
2-Amino-4,6-Dinitrotoluol	0,2	u.B.	u.B.	12,2	3,4
4-Amino-2,6-Dinitrotoluol	0,2	0,22	u.B.	9,3	2,7
Summe STV		0,22	u.B.	70	16

Parameter	GFS [µg/l]	RP 4 10/2016	RP 4 04/2018
Hexogen	1	u.B.	u.B.
1,3,5-Trinitrobenzol	8	u.B.	u.B.
1,3-Dinitrobenzol	0,3	u.B.	u.B.
2,4,6-Trinitrotoluol	0,2	u.B.	1,0
2-Amino-4,6-Dinitrotoluol	0,2	u.B.	2,0
4-Amino-2,6-Dinitrotoluol	0,2	0,22	3,4
2,4-Dinitrotoluol	0,05	u.B.	u.B.
2,6-Dinitrotoluol	0,05	u.B.	0,1
Summe STV		0,22	6,5

Table 2: BIP detonation results

Weapon System	Munition Caliber	Munition Tested	Number Tested	Plumes Sampled	Energetic Material	Energetic Compound	Mass / Round (g)	Results for Energetic Compound			Compound Remaining	
								Residues / Round (mg)	Consumption Efficiency			
Mortars	60-mm	M888 (HE)	7	7	Comp B + C4	RDX / HMX	750	200	99.97%		0.027%	
		M768 (IHE)	7	7	PAX-21 + C4	RDX / HMX DNAN AP**	650 120 91	860 740 35,000	99.87% 99.38% 62% 96%		0.13% 0.62% 38% 4.3%	
		No DODIC (IHE)	7	7	IMX-104 + C4	RDX/HMX DNAN NTO	600 110 180	8,300 20,120 89,000	98.62% 81.7% 51% 87%		1.38% 18.3% 49% 13.2%	
	81-mm	M374 (HE)	7	7	Comp B + C4	RDX / HMX	1,100	150	99.986%		0.014%	
		M821A2 (IHE) (Flat block of C4)	7	7	IMX-104 + C4	RDX/HMX DNAN NTO	680 260 430	20,000 45,000 230,000	97.1% 83% 47% 78%		2.9% 17% 53% 22%	
		M821A2 (IHE) (Folded block of C4)	7	7	IMX-104 + C4	RDX/HMX DNAN NTO	680 260 430	2,100 5,000 45,000	99.69% 98.1% 90% 96%		0.31% 1.9% 10% 3.8%	
	Howitzers	120-mm	M933 (HE)	7	7	Comp B + C4	RDX / HMX	2,300	25	99.999%		0.0011% 0.014% 7.1%
		105-mm	M1 (HE)	7	7	Comp B + C4	RDX / HMX	1,800	50	99.999%		0.0028%
	Howitzers	155-mm	M107 (HE)	7	7	Comp B + C4	RDX / HMX	4,700	15	99.999%		0.00032%
			M107(HE)	7	7	TNT + C4	TNT RDX	6,600 520	5.9 5.9	99.999% 99.999%		0.000089% 0.0011%
155-mm (Practice / Breaching)		M1122 (IHE) (1 Folded Block C4)	3	3	IMX-104 + C4	RDX / HMX DNAN NTO NQ	710 480 230 430	21 5,300 15,000 100,000	99.9970% 98.90% 93% 77% 93%		0.0030% 1.1% 6.5% 23% 6.5%	
			3	3	IMX-104 + C4	RDX / HMX DNAN NTO NQ	1,200 480 230 430	46 21,000 24,000 100,000	99.9962% 95.63% 90% 77% 94% 100% 94%		0.0038% 4.4% 10% 23% 6.2% 0.0014% 6.4%	
			3	3	IMX-104 + C4	RDX / HMX DNAN NTO NQ	1,200 480 230 430	46 21,000 24,000 100,000	99.9962% 95.63% 90% 77% 94% 100% 94%		0.0038% 4.4% 10% 23% 6.2% 0.0014% 6.4%	
120-mm (Breaching)		Canadian Round (5 Blocks C4) (No fuze)	5	5	PAX-48 + C4	RDX/HMX DNAN NTO	3,300 1,700 1,100	3,800 53,000 410,000	99.88% 97% 63% 92%		0.12% 3.1% 37% 7.7%	
			2	2	PAX-48 + C4	RDX/HMX DNAN NTO	1,800 1,700 1,100	5,200 140,000 690,000	99.71% 92% 37% 82%		0.29% 8.2% 63% 18%	

BIP → RDX bis 2,9% per Round
1 kg Füllung --> 30 g



< 104 =
-dinitroanisole
(AN)

rotriazolone
(O)

X

<-21- (Comp
replacement):
X
DNAN, +

Trace
amounts of MNA
Methyl-p-
anilin)

Tank



Derzeitiges Modell

- auch moderne „sachgem. High Order-Einzel-Sprengung“ → Rückständer
- RQ abhängig von
 - Sprengstoffart
 - Phlegmatisierung
 - Sprengarrangement
- hohe RQ:
 - $RDX_{phleg} (> 1\%)$
 - $PETN_{phleg}$
 - verm. Fp. 60/40 (?)
 - Stapelsprengungen
- niedrige RQ
 - TNT (0,003 %)
 - Comp B (0,003 %)
 - Einzelsprengungen
- TNT und Comp B
 - kl.räum. Niederschlber. (Part.gr.?, Ruß?, TNT O_2 -Bilanz -74 %)
 - jenseits Saum nur noch geringe Belastungen
- RDX_{phleg}
 - Nahbereich + Schwaden; O_2 -Bilanz -21 %)
 - Einfluss Dämmsand auf Ausbreitung unklar

Ab welcher Menge wird es kritisch?

es kommt darauf an

- Grundwassergefährdung: RDX >> TNT > PETN
- Rückstandsquoten: $RDX_{phleg} > PETN_{phleg} > Fp_{60/40} > TNT, Comp B$
- GfS TNT > RDX < PETN
- 100 Stück 8,8 PzSpr. generieren bei Sprengung mit RDX-HL und 1% RQ → 200 g RDX Rückstand
- 200.000 m³ Grundwasser > GfS (kein Rückhalt)
- 100 Stück 7,5 Flak generieren bei Sprengung mit PETN und 0,003% RQ (TNT) → <1,5 g TNT Rückstand
- 3.750 m³ Grundwasser > GfS (angenommen 50% Rückhalt)
- letztendlich führt das Sprengen von einigen zehn Granaten sehr wahrscheinlich zu einer GW-Verunreinigung (unter übl. geol. Verhältn.)

Gesetzeslage - Bundesbodenschutzgesetz

§4 (1) BBodSchG:

„Jeder, der auf den Boden einwirkt, hat sich so zu verhalten, dass schädliche Bodenveränderungen nicht hervorgerufen werden.“

§7 BBodSchG:

*[...] derjenige, der Verrichtungen auf einem Grundstück durchführt oder durchführen lässt, die zu Veränderungen der Bodenbeschaffenheit führen können, ist verpflichtet, **Vorsorge** gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen zu treffen [...]*

Schädliche Bodenveränderungen [...] Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen.

Aber das Bodenschutzgesetz gilt hier doch gar nicht!?

§ 3 (2) ... **gilt nicht** für das Aufsuchen, Bergen, Befördern, Lagern, Behandeln und **Vernichten** von Kampfmitteln



Das meinen die anders!
Und hier geht es doch auch um das Grundwasser!

Kommentar zum BBodSchG

3.2.2 Kampfmittel

Durch § 3 Abs. 2 Satz 2 werden das Aufsuchen, Bergen, Befördern, Lagern, Behandeln und Vernichten von Kampfmitteln vom sachlichen Geltungsbereich des Gesetzes ausgenommen. Die Vorschrift entspricht der Regelung in § 2 Abs. 2 Nr 7 KrW-/AbfG. Die Regelungen des BBodSchG werden in Hinblick auf Kampfmittel nur verdrängt, wenn eine Tätigkeit auf das Aufsuchen, Bergen, Befördern, Lagern, Behandeln und Vernichten der Kampfmittel gerichtet ist. Die in § 3 Abs. 2 genannten Formen des Umgangs mit Kampfmitteln unterfallen dem teils durch Verordnungen ergänzten Gefahrenabwehrrecht der Länder (vgl. Kunig, in: Kunig/Paetow/Versteyl, KrW-/AbfG, § 2 Rn. 44). 85

Das BBodSchG findet Anwendung auf kontaminiertes Erdreich, das mit Stoffen verunreinigt ist, die aus Kampfmitteln oder der Kampfmittelproduktion stammen (vgl. hierzu: Schink, in: Schink/Schmeken/Schwade, AbfG NW, § 28 Rn. 6; so wohl auch Bickel, § 3 Rn. 16). 86

Versteyl/Sondermann, BBodSchG

Wasserhaushaltsgesetz

§ 5 Allgemeine Sorgfaltspflichten

(1) Jede Person ist verpflichtet, bei Maßnahmen [...] die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine **nachteilige Veränderung der Gewässereigenschaften** zu vermeiden...

§ 9 Benutzungen

[...] **Maßnahmen**, die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß **nachteilige Veränderungen** der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen

§ 8 Erlaubnis, Bewilligung

(1) Die **Benutzung** eines Gewässers bedarf der **Erlaubnis** oder der Bewilligung [...]
(2) **Keiner Erlaubnis** oder Bewilligung bedürfen Gewässerbenutzungen, die der **Abwehr einer gegenwärtigen Gefahr für die öffentliche Sicherheit** dienen, sofern der drohende Schaden schwerer wiegt als die mit der Benutzung verbundenen nachteiligen Veränderungen von Gewässereigenschaften. Die zuständige Behörde ist unverzüglich über die Benutzung zu unterrichten.

§ 12 Voraussetzungen für die Erteilung der Erlaubnis und der Bewilligung, Bewirtschaftungsermessen

(1) Die **Erlaubnis** und die Bewilligung sind zu **versagen**, wenn
1. **schädliche**, auch durch Nebenbestimmungen nicht vermeidbare oder nicht ausgleichbare **Gewässerveränderungen zu erwarten sind**...

Wasserhaushaltsgesetz

Fazit:

Für das Vernichten nicht transportfähiger Kampfmittel ist bei der Unteren Wasserbehörde die Erlaubnis für eine (unechte) Gewässerbenutzung zu beantragen, es sei denn, eine **nachteilige/schädliche** Veränderung der Gewässerbeschaffenheit ist sicher auszuschließen. Es sind **Maßnahmen zu benennen**, die sicher stellen, dass höchstens unerhebliche Beschaffenheitsveränderungen eintreten.

Mögliche Maßnahmen

- Jeder Fall ist anders → Experten hinzuziehen
- Prognose: Erwartete Menge an ntf.-KM und Art der Sprengstofffüllung
- Menge „groß“ → Konzept für temp. Sprengplatz, Behörde einbinden
- Generell:
 - Maßnahmen bei PETN: keine
 - Maßnahmen bei TNT: Nahbereich, ggf. Auswurfbereich
 - Maßnahmen bei RDX_{phleg}: Nah- und Ausw.ber., ggf. zusätzl. Schwader

- Positionierung weg von landwirtschaftlichen Nutzflächen
- Einzel- oder max. Kleingruppensprengungen
- „Bau“ des Sprengplatzes (Splitterflug und Emissionen!)
- RDX-freie Schlagladung (aktuell Problem Beschaffung gewerbl. HL)
- Bestimmung der Mindestmenge (8,8 PzSpr. Range 13 bis 60 gr?)
- Nahbereich sichern (Kompost)
- ggf. Auswurfbereich sichern (Folie oder Kompost und Folie)
- bei RDX evtl. Schwaden an Ausbreitung hindern

Verdana 10 Quellenangaben

Positionierung

zu erwartende ntf. KM: SD2 (Fp 60/40)
Verlegung in Steinbruch, tiefer Sprengpunkt
Wald hindert Ausbreitung der Schwaden
Einbringen von Kompost

Kompost





zusätzlicher Splitterschutz mit Bauholz



Gruppensprengung (10 X SD2) in Rohren
unverdämmt
Umstellung auf RDX-freie Schlagladungen
Reduzierung der Menge von 70 auf 33 g

Monitoring 1 (1. Sprengtag; 40 SD2)

Sprengung 1	350 g RDX	350 g PETN	1350 g TNT (Seismo-phex)
Sprengung 2:	250 g RDX	250 g PETN	1350 g TNT (Seismo-phex)
Sprengung 3:		500 g PETN	1350 g TNT (SEMTEX A1)
Sprengung 4:		500 g PETN	1350 g TNT (SEMTEX A1)
Summe 1-4:	600 g RDX	1600 g PETN	5400 g TNT (NEM ca. 7,6 kg)

Verhältnis Schlagladung zu Füllung = 0,4



RDX 0,57
TNT n. n.
PETN n. n.
DOC 4



RDX 9,8
TNT n. n.
PETN n. n.
DOC 150

RDX 21,4
TNT n. n.
PETN n. n.
DOC 380



Monitoring 2 (30 x SD2)

Sprengung 1	0 g RDX	400 g PETN	1,35 kg TNT (DM52)
Sprengung 2:	0 g RDX	400 g PETN	1,35 kg TNT (DM52)
Sprengung 3:	0 g RDX	400 g PETN	1,35 kg TNT (DM52)
Summe 1-4:	0 g RDX	1,2 kg PETN	4,05 kg TNT (NEM ca. 5,2 kg)

Verhältnis Schlagladung zu Füllung = 0,3



RDX n. n.
TNT n. n.
PETN n. n.



RDX n. n.
TNT n. n.
PETN n. n.

nicht untersucht



Monitoring 3 (Zwischenuntersuchung)

Vernichtung 431 SD2, (sowie 5 Hgr. , 22 Gewgr., 1 x 8,8, Ü-Ldg.),
nach 2 Sprengtagen Umstellung auf SEMTEX A1; ca. 1 kg/30 Stück

NEM geschätzt: 600 g RDX ca. 15-20 kg PETN ca. 60 kg TNT

RDX n. n.
TNT 2,3
PETN n. n.
DOC 21

NEM ca. 80 kg

	24 h	48 h	96 h
RDX 2,14	RDX n. n.	n. n.	n. n.
TNT/ADNT 76	TNT 20200	12000	1500
PETN 1,5	ADNT 3900	7200	10900
DOC 120	PETN 89	43	n. n.
	DOC 180	19	

Anmerkungen Kompost

bei Kontakt mit „trockenem“ Sprengstoff keine Wirkung
Wirkung nur bei Kontakt mit kontaminierten Lösungen
TNT/RDX Minderung immer 100%,
Zeitbedarf abhängig von der Konzentration

TNT → schnelle Metabolisierung → langsamerer Einbau in Huminstoffe

RDX → langsamerer Metabolisierung → Zerfall

PETN → schnelle Metabolisierung (verm. Mineralisierung)

→ Eluate sind eine Momentaufnahme in einem Prozess !

→ je höher die Belastungen, desto länger dauert die 100% Minderung

Fazit: Kompost gelegentlich Bewässern andernfalls Kontaktzeit zu kurz



Temp. Sprengplatz 4



Sicherung des Nahbereichs Plane oder Plane+Kompost

Einzelsprenzung

“Große Lösung”
30 kg NEM



Symbolbild (keine Sprengung)



200 - 1.000 m²

10.000 m²