



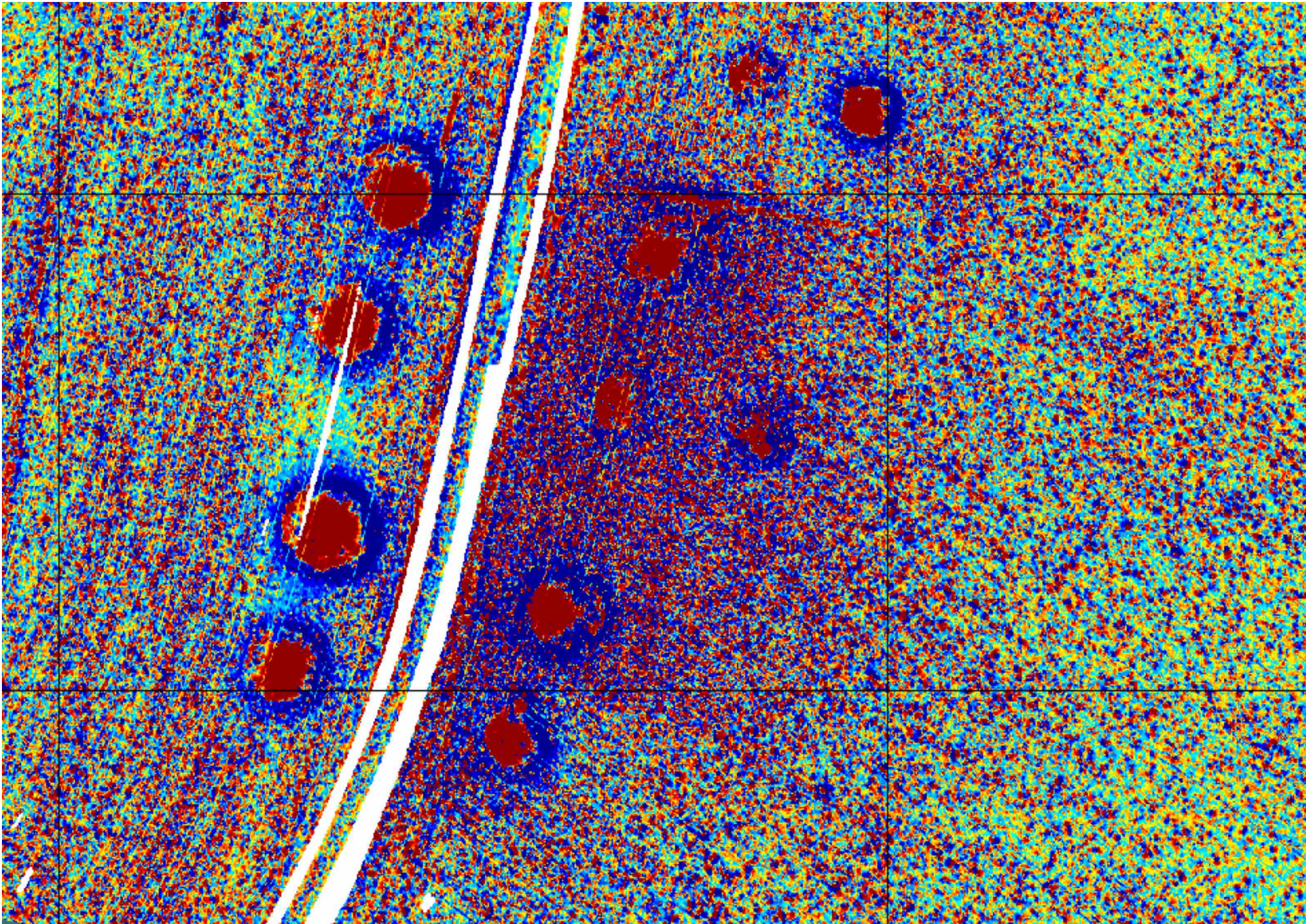
FACHGESPRÄCH

Rüstungsaltslasten

„Umgang mit Haufwerken aus der Kampfmittelräumung und sonstigen ETV-verunreinigten Böden“



- bei Abtrag v. Boden u. sonst. Stoffen (Volräum. /Sep.)
 - hohe Störkörperdichte, größere Tiefenlagen
 - Sprengplätze (Trichter, Umgriff)
 - Schießbahnen (Zielgebiete)





Dimension Standorttyp „Sprengplatz“

- Wer
- Wo
- Wie viel
- Wie

Wer ?

- Wehrmacht
- Alliierte
- StEG (nur US-Zone)
- private Räumfirmen
- Sprengkommandos

Wo? (UBA 1992)

- BY 42
- HE 10
- NI 58
- SH 30
- MV 10
- ST 19
- Th 11
- BE u. BB 48
- SN 14
- NRW 24
- RP 45
- SL 0

➤ Gesamt 311

IABG 2000 : BY 100

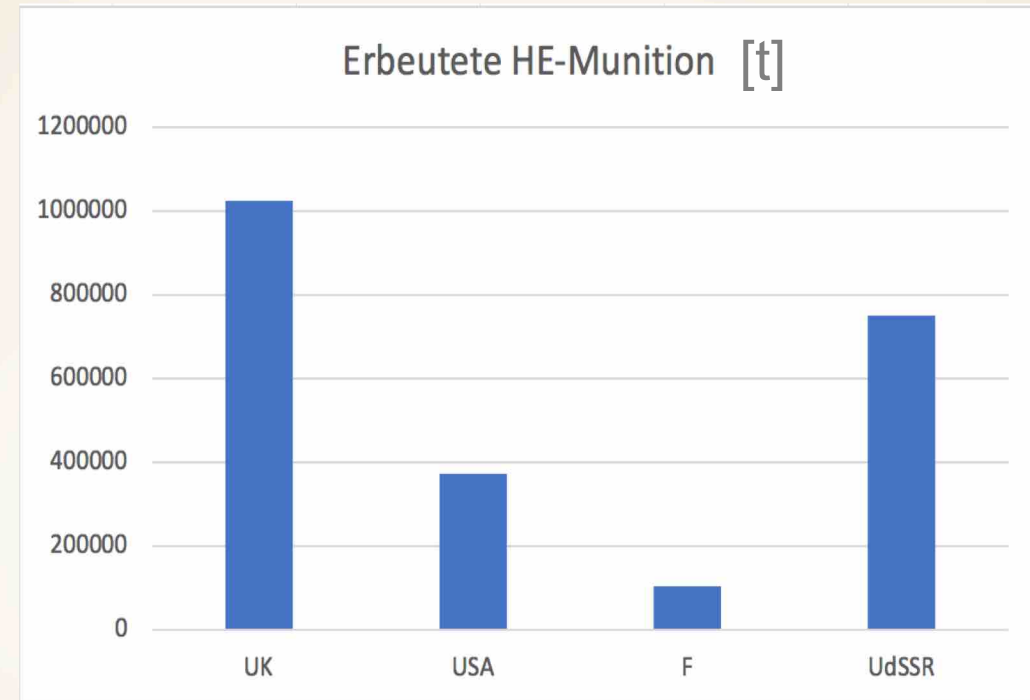
Preuss (1996) HE 51

> 500 Sprengplätze

Wie viel?

- Wehrmacht ?
- Alliierte erbeuten 2,2 Mio. t davon gesprengt: ca. 500.000 t
- Alliierte (surplus) Munition ?
- **750.000 bis 1 Mio. t**

(bei 500 Plätzen \varnothing 1.500 bis 2.000 t pro Platz)



Wie ?

pro Sprengung umgesetzte Menge

Bunker

Stapel

Einzel

Wehrmacht

Alliierte

StEG

Räumfirmen

Sprengkdo.

Wehrmacht
40 Trichter =
40 MH a 25 t NEM =
10.000 t gesprengt



US



StEG



Sprengleiter
Sprengmeister
Stapelmeister
Kolonnenführer
Ladokolonnen

StEG



Folgen

- Trichterbildung (1-125) / Auswurf
- Munition setzt nicht vollständig um (< 5 %)
 - problematisch: dickwandige u. kleine Kaliber, Kartuschen
 - Verteilung im Umgriff und Trichtergrund, angesprengt
 - Flugweiten kaliber-abhängig
- Frühere Räumungen
 - Umgriff: nur visuell
 - Minensuchgeräte ab Ende 50er Jahre;
 - Eisensonde ab 70er?
 - Trichter: händisches Umgraben
- seitdem nur vereinzelte systematische Räumungen
- **viele Sprengplätze sind noch heute KM-belastet**
(Fundmengen ein bis dreistelliger Bereich:
LMA Kleinkötz 213 t, Marktbergel 140 t, Boxbrunn 25 t)

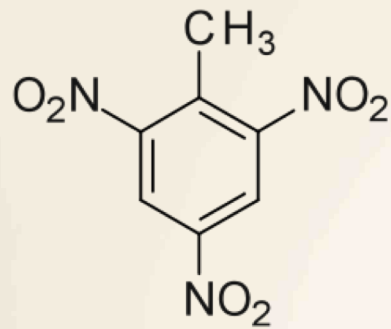
Umgraben



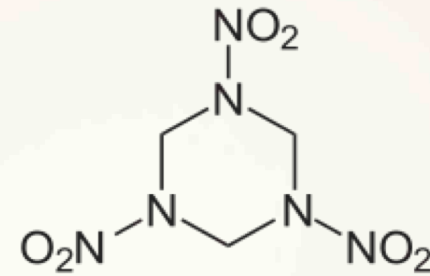
Folgen

- Sprengstofffüllung setzt nicht unvollständig um
 - Schwaden, kleinste Partikel, ggf. Brocken
 - Immission d. Schwaden heute ausgewaschen
 - Partikel im Trichtergrund und Auswurf (ggf. Rückv.)
 - langsame Auflösung (Reichweite > 500 Jahre)
- Pulverfüllung setzt nicht unvollständig um
 - Schwaden? kleinste Partikel, ggf. Reste
 - Verteilung und Auflösung unklar

relevantes Stoffinventar (give me 5)

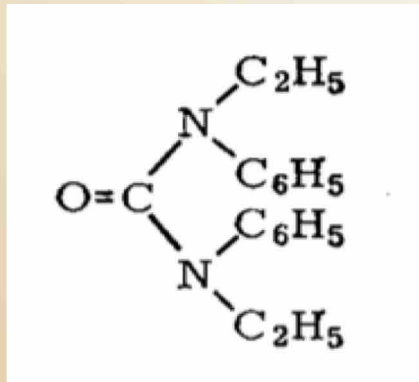


TNT/ADNT

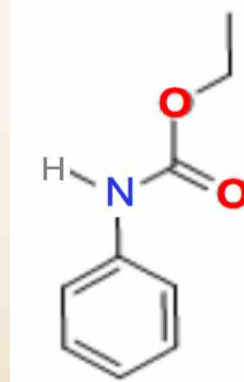


RDX

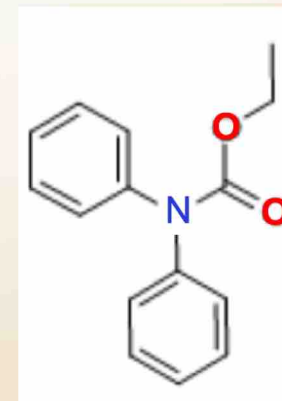
STV



Centralit I
(C1)



Ethyl-N-phenylurethan
(EPU)

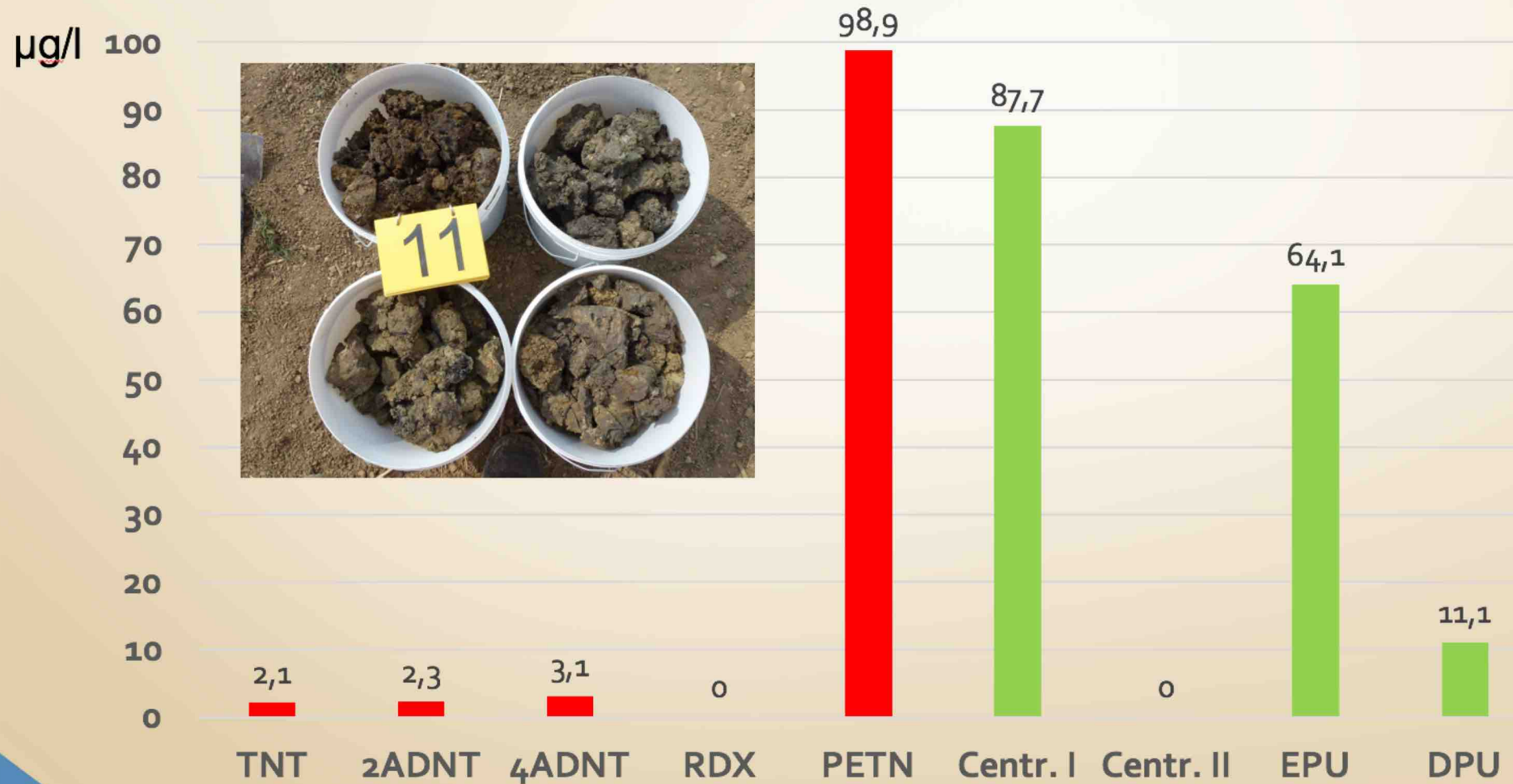


N,N'-Diphenylurethan
(DPU)

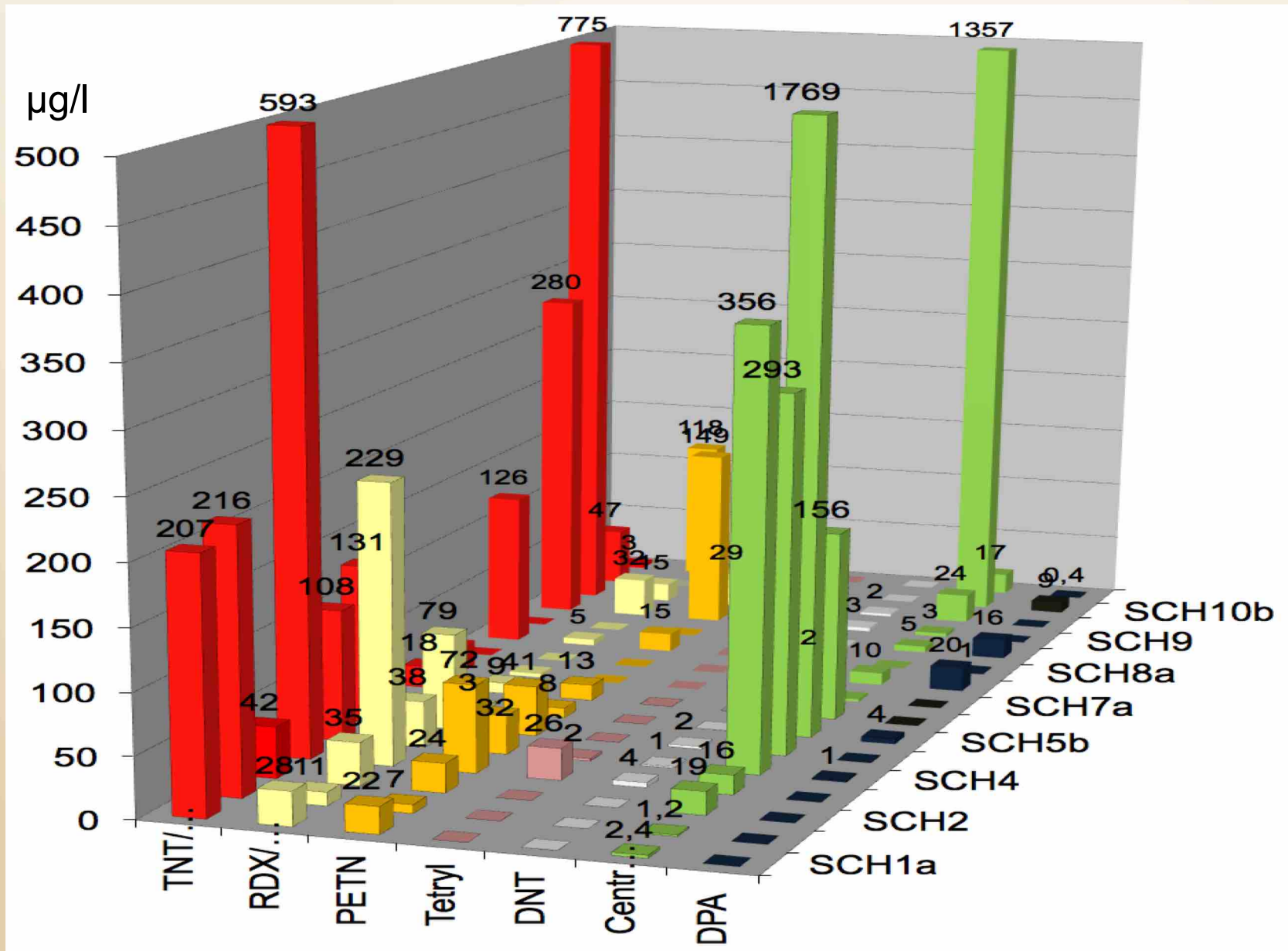
PTV

Belastungsgrad Beispiel 2 (1:1 Eluat 24 h)

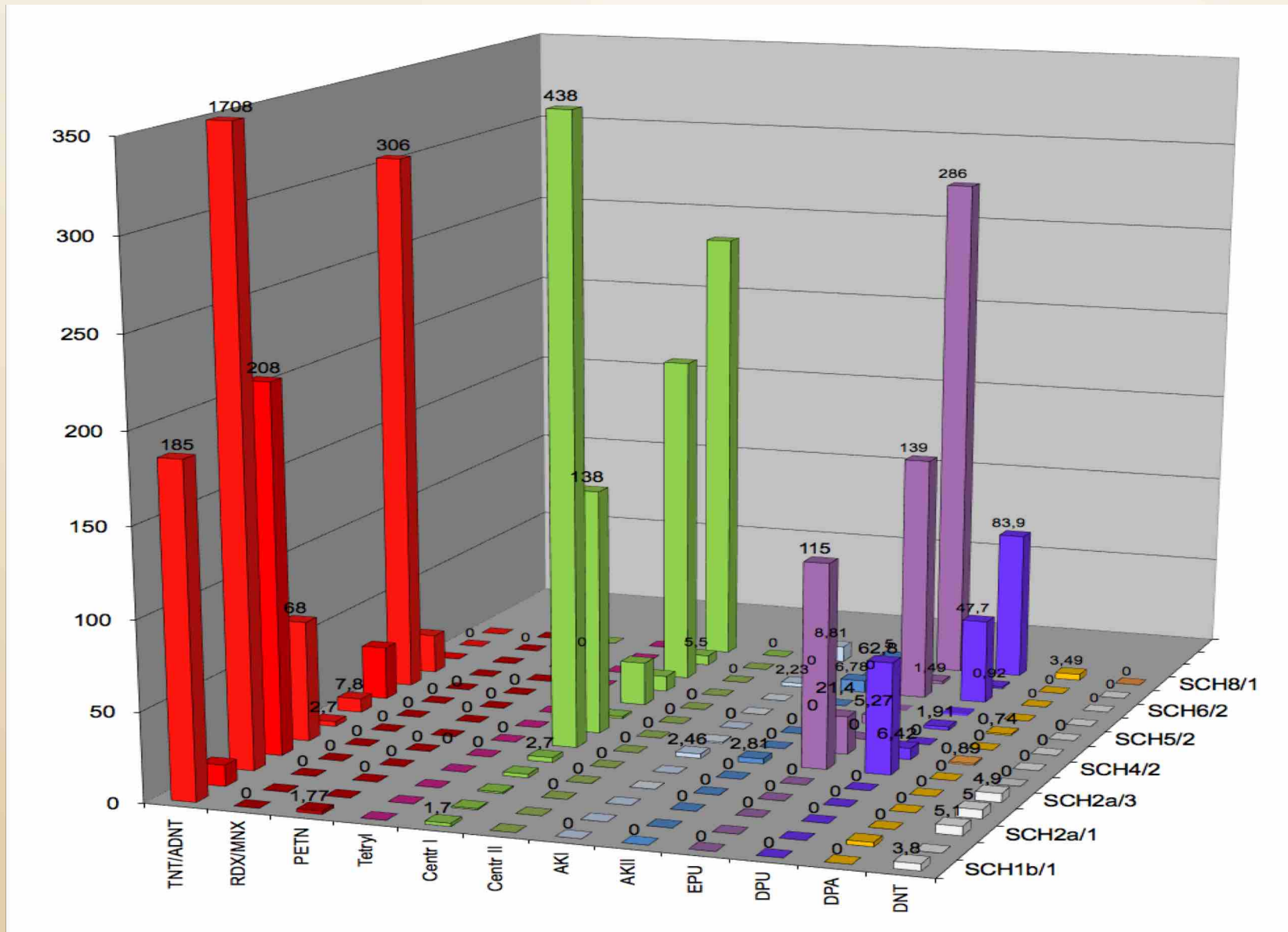
Mischprobe 3 Trichter 1:1 Eluat (24h)



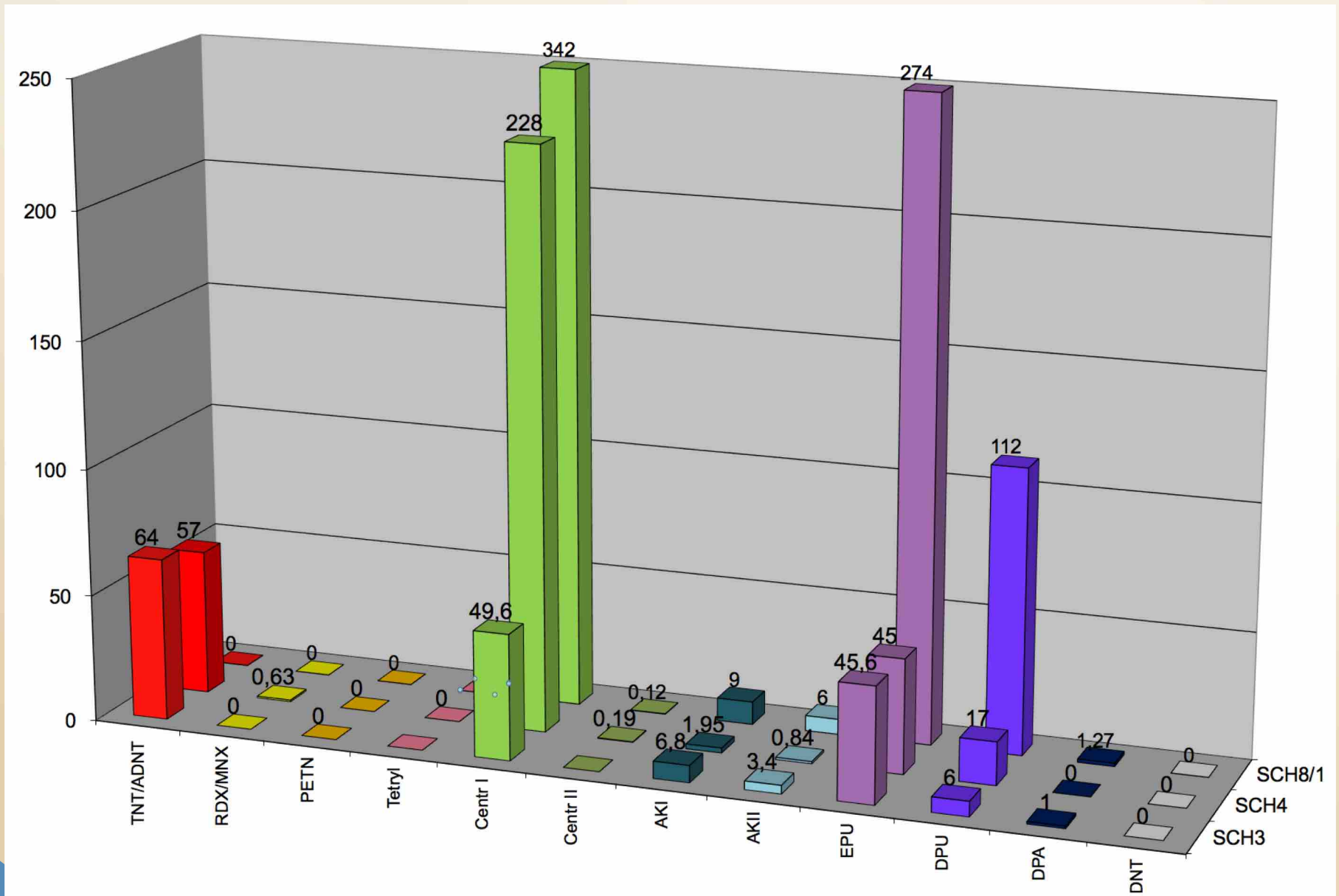
Belastungsgrad Beispiel 4 (nicht auf EPU/DPU untersucht)



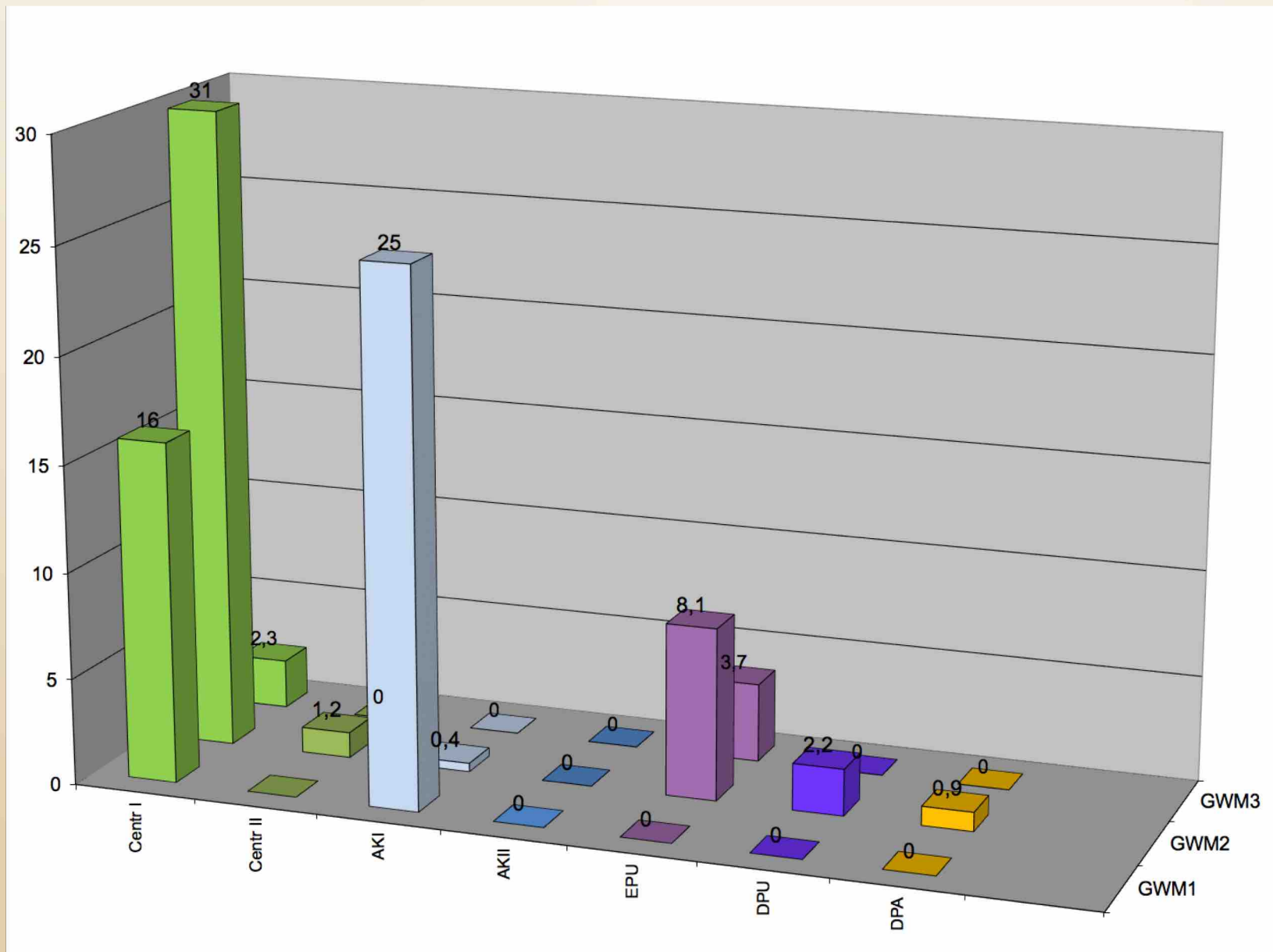
Belastungsgrad Beispiel 5 (1:1 Eluat, 24 h)



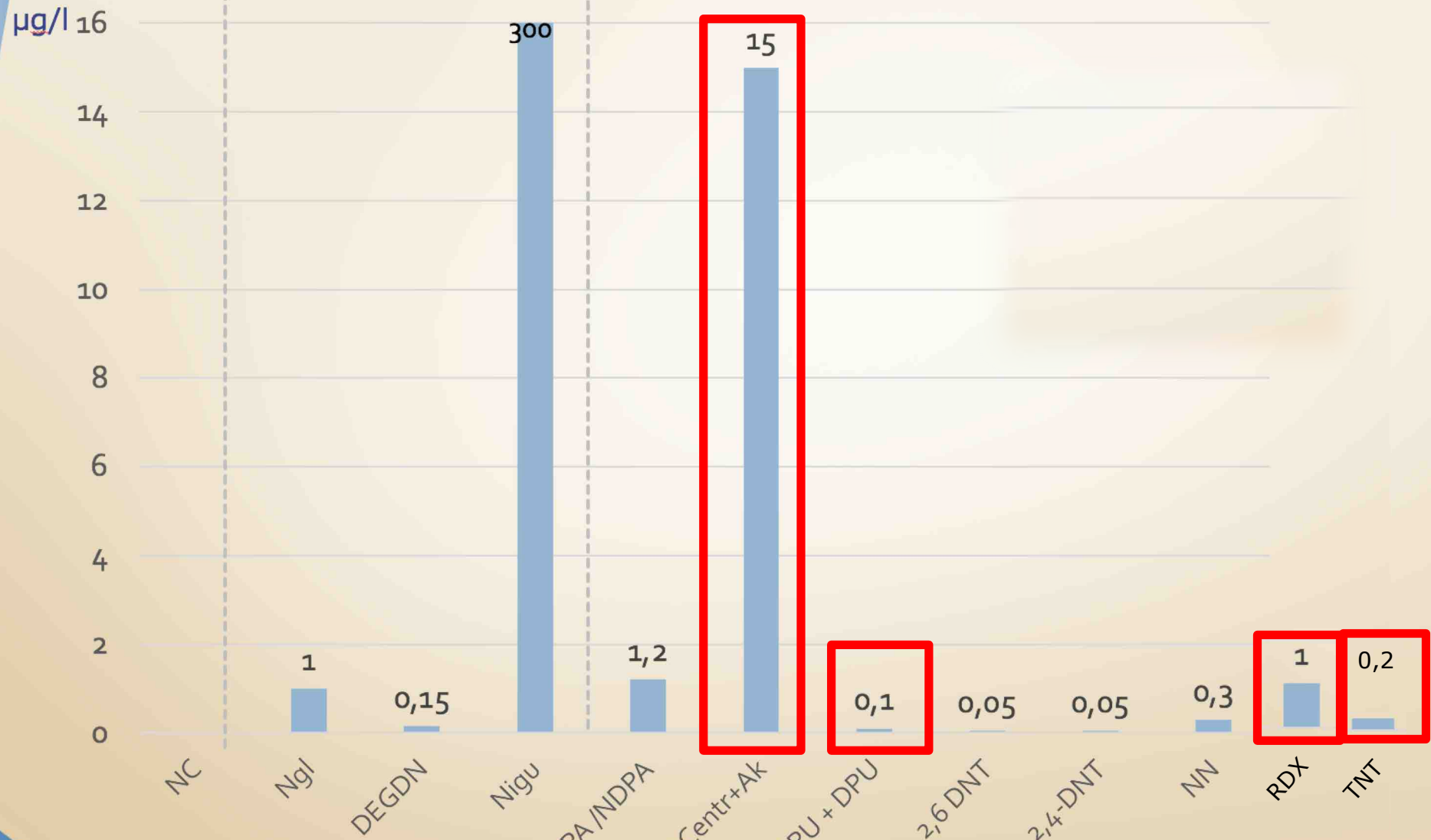
Belastungsgrad Sickerwasser (Trichter)



Belastungsgrad Grundwasser (Abstrom Sprengplatz)



(vorläufige) Geringfügigkeitsschwellen (GfS)



DEGDN, Ngl, Nigu = vorläufige GfS (LfU 2009);
 Summe DPA/NDPA = ursprüngliche GfS für DPA 0,05 µg/l; 2010 vom LfU geändert auf 1,2 µg/l für Σ DPA und NDPA
 Summe NN / DNN = vorl. GfS (GOW) (LfU 2011)
 Summe Centr. I-III + Akardite I-II vorläufige GfS (LfU 2015);
 Summe DPU/EPU: vorläufige GfS LfU 2015

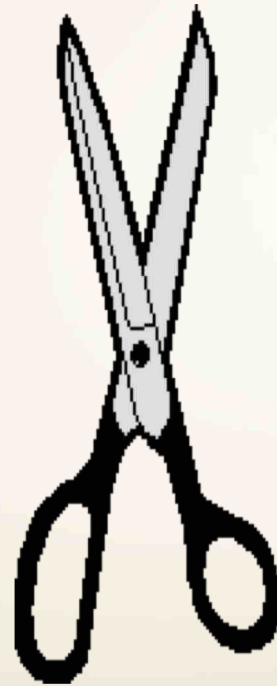
Sprengplatz

Sicherheits- und
Ordnungsrecht

Gefahren für
Leib und Leben

KrWG (Abfall)
§ 2 (2) 14
gilt nicht:
für das Aufsuchen,
Bergen[...] von Kampfmitteln

Ausbildung §20
Ausbildung Fachplaner KMR



BBodSchG

Gefahr im Wirkungspfad
Boden – Grundwasser

BBodSchG
§ 3 (2)
keine Anwendung:
für das Aufsuchen, Bergen
[...] von Kampfmitteln

Sachverständiger §18

Sicherheits- und Ordnungsrecht

Sprengplatz

BBodSchG

Phase C2 –
Kampfmittelräumung



Sanierung

Phase C1 –
Räumkonzept

Sanierungsuntersuchung

Phase B – Tech. Erkundung
Testfeldräumungen

Detailuntersuchung

Phase B – Techn. Erk.
Geomagnetik

Orientierende
Untersuchung

Phase A - Historisch-
gen. Rekonstruktion

Historische
Untersuchung

Interdisziplinärer
Ansatz

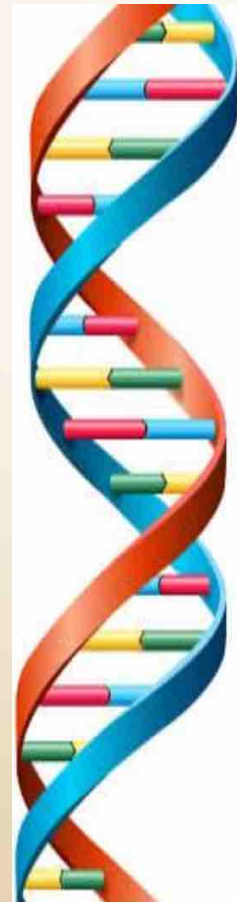
An aerial photograph of a landscape, possibly a military site, with a red outline highlighting a specific area. The text "ggf. kontaminiert" is overlaid on the image. The background shows a mix of green, brown, and blue colors, suggesting vegetation and possibly contaminated areas. A road or path is visible in the lower-left quadrant.

ggf. kontaminiert

Kampfmittelräumung auf Sprengplätzen und Bodenschutz – Bodenschutz auf Sprengplätzen und Kampfmittelräumungalso was jetzt? Erfahrungen aus der Praxis

KMR / Sanierung
Gesamtheitliche Lösung

Kampfmittelräumung



unter Beachtung
bodenschutzrechtlicher (oder
abfallrechtlicher) Auflagen



Fallbeispiel 1 – US-Sprengplatz Marktbergel

Sicherheits- und
Ordnungsrecht

BBodSchG

Phase C2 – KMR (2011-2014)
Beginn mit Umgriff
Geomag. Aufz.



Sanierung gem. BBodSchG

Phase C1 – Räumkonz. (2010)

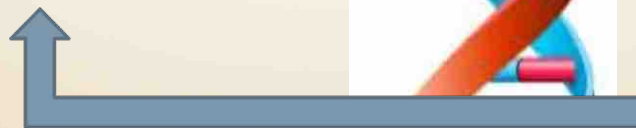


SU (Versuche IM/ AH 2012)
Variantenstudie (2012)

Phase B – Tech. Erkundung

DU (2011)

Nutzungsbeschränkung
(Rübenanbau)



OU (2007) KM-Problematik

Phase A - Historisch-
gen. Rekonstruktion

HU (1996-2000)

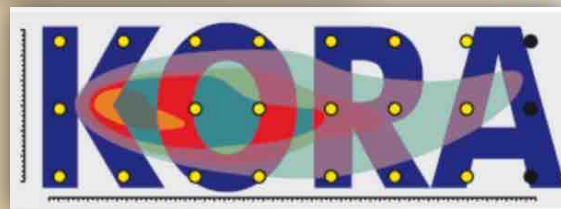


Forschung in Deutschland (nur TNT-Werke)

- 1990-2000 MOSAL (Stadtallendorf)



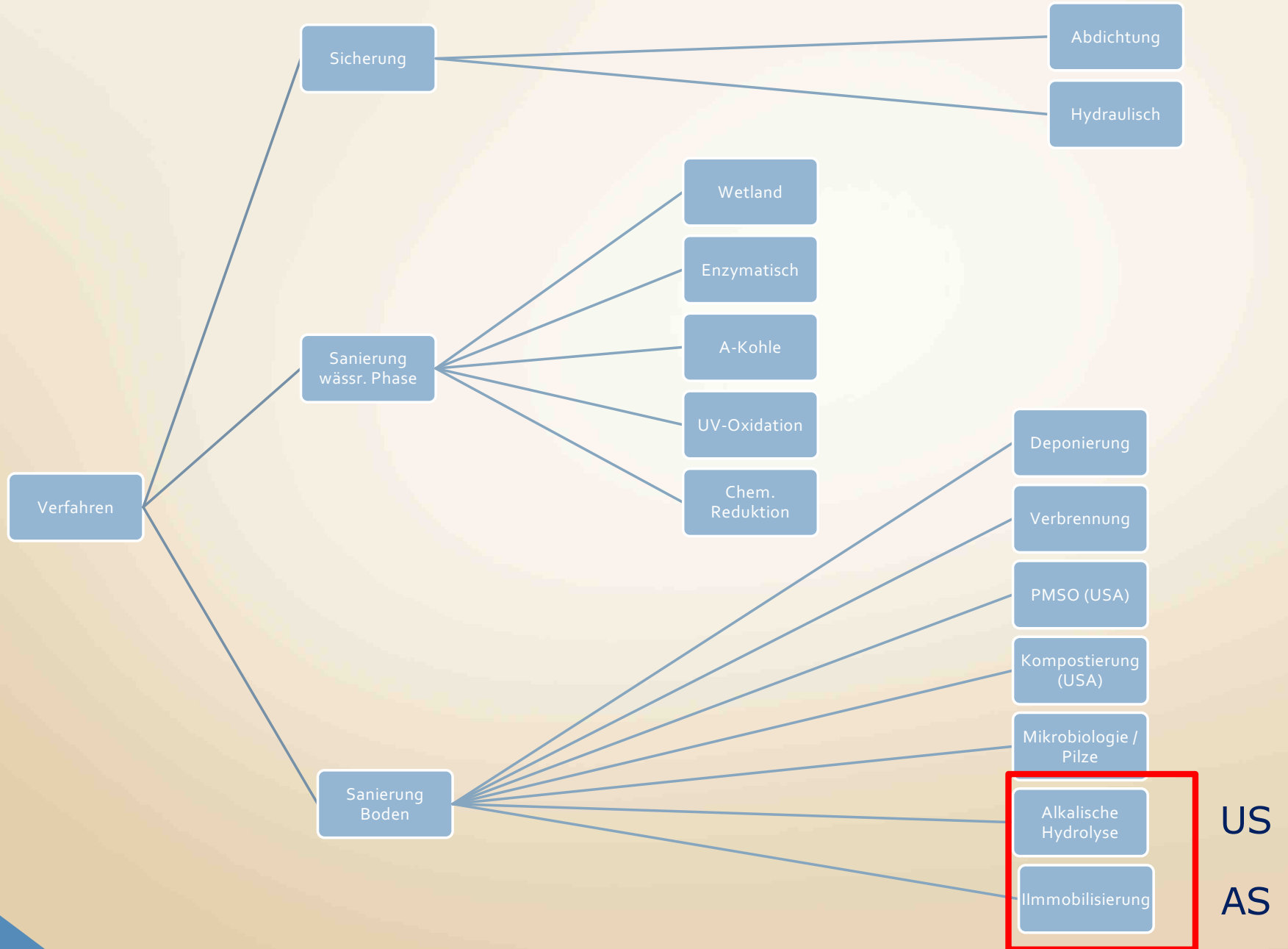
- 1996-2000 Leitfaden Biol. Bodensanierung
- Untersuchung/Alternativer San.-Verfahren
- Bodenwäsche und Kompostierung funkt.



- 2000 – 2008 KORA (NA)
- seitdem Einstellung jeglicher Aktivität

- nur TNT-(Werke), Problem Sprengplätze/RDX jünger
- Forschung durch Universitäten

Sanierungsverfahren



„Anwendung Immobilisierung“

2009	Todtshorn (NS)	k. Versuche, Monitoring	
2014	Marktbergel (BY)	Vorversuche, Monitoring	AS
2016	Silbersee (NS)	Monitoring	DEKRA
2017	Boxbrunn (BY)	Vorversuche, Monitoring	AS
2018	Lenglern (NS)	im Bau	IABG, AS
2016-18	LfU-BY-Projekt	6 Versuche; 180 Seiten	AS
2018	Rattelsdorf (BY)	k. Vorvers.; im Bau; Mon.	AS
2019	Mühd. Hart (BY)	Vorvers. und Mon. geplant	AS

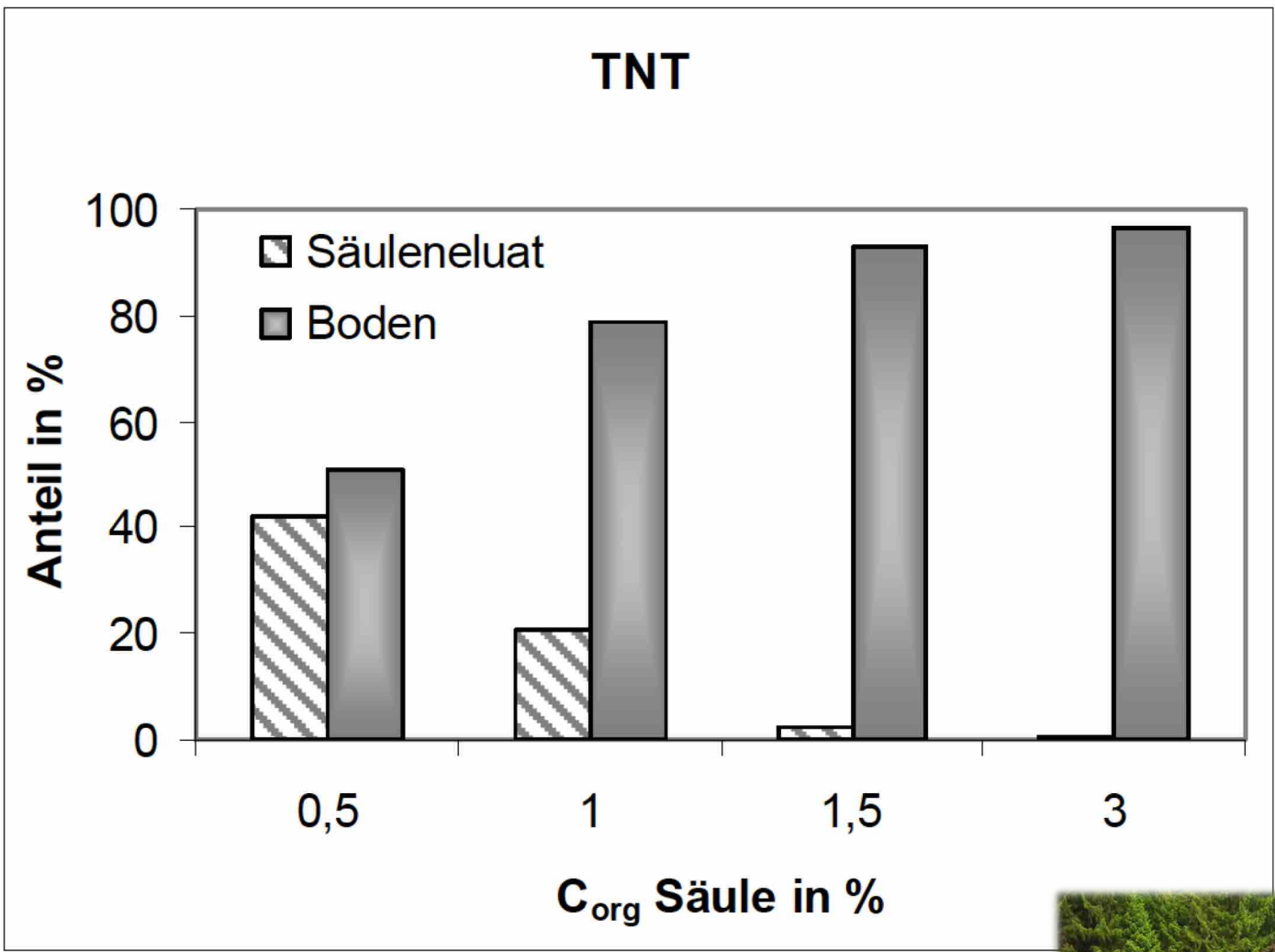
Koordiniert: **iABG**

Leitfaden
Natürliche Schadstoffminderungsprozesse bei sprengstofftypischen Verbindungen
Prozessverständnis, Methoden, Referenzstandorte, Empfehlungen und Hinweise zur Einzelfallbearbeitung

KORA-Themenverbund 5
Rüstungsaltpasten

Oktober 2008

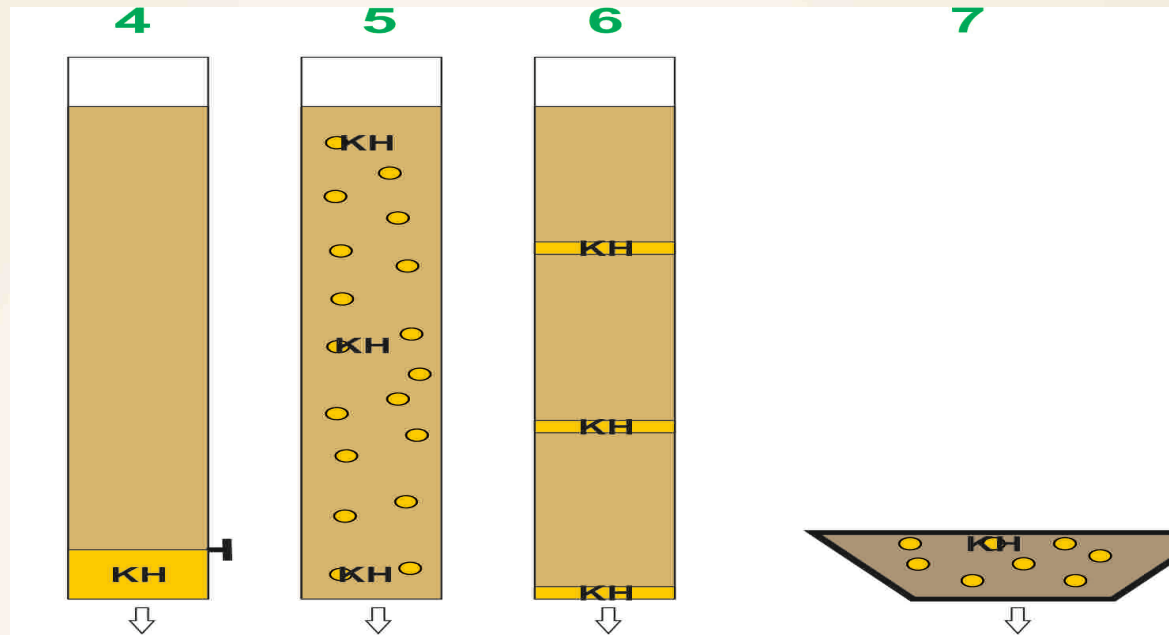
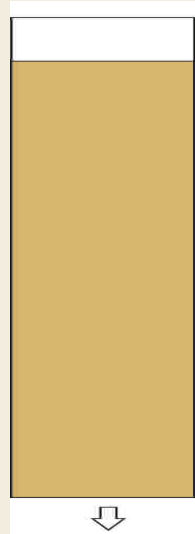
KORA



Herstellung von homogen belastetem Versuchsmaterial (Trichter)



Vorversuch AH



TNT 2,1
ADNT 5,4
RDX n.n.

TNT n. n.
ADNT 30
RDX 17

k. Wasser

TNT n. n.
ADNT 4,2
RDX n. n.

TNT n. n.
ADNT 30,1
RDX n. n.

TNT n. n.
ADNT 7
RDX n. n.

PETN 98	PETN 207	PETN 118	PETN 159	PETN 115
DNT 3,4	DNT 2,1	DNT 1.6	DNT 3.6	DNT n.n.
C1 87	C1 187	C1 112	C 1 142	C1 155
EPU 64	EPU 17,8	EPU 132	EPU 135	EPU 98
DPU 11	DPU 10	DPU 25	DPU 33	DPU 35

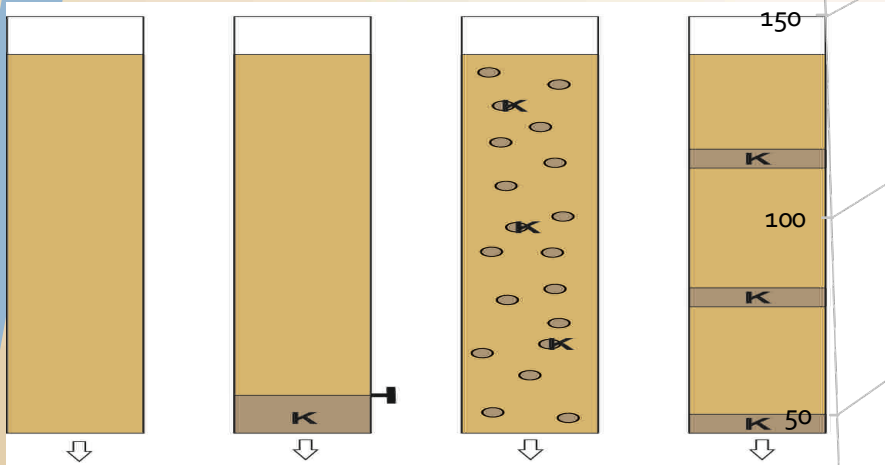
TNT n.n.
ADNT 4,7
RDX n. n.
PETN 56
DNT n.n.

TNT n.n.
ADNT 13,10
RDX n. n.
PETN 82,4
DNT 1.0

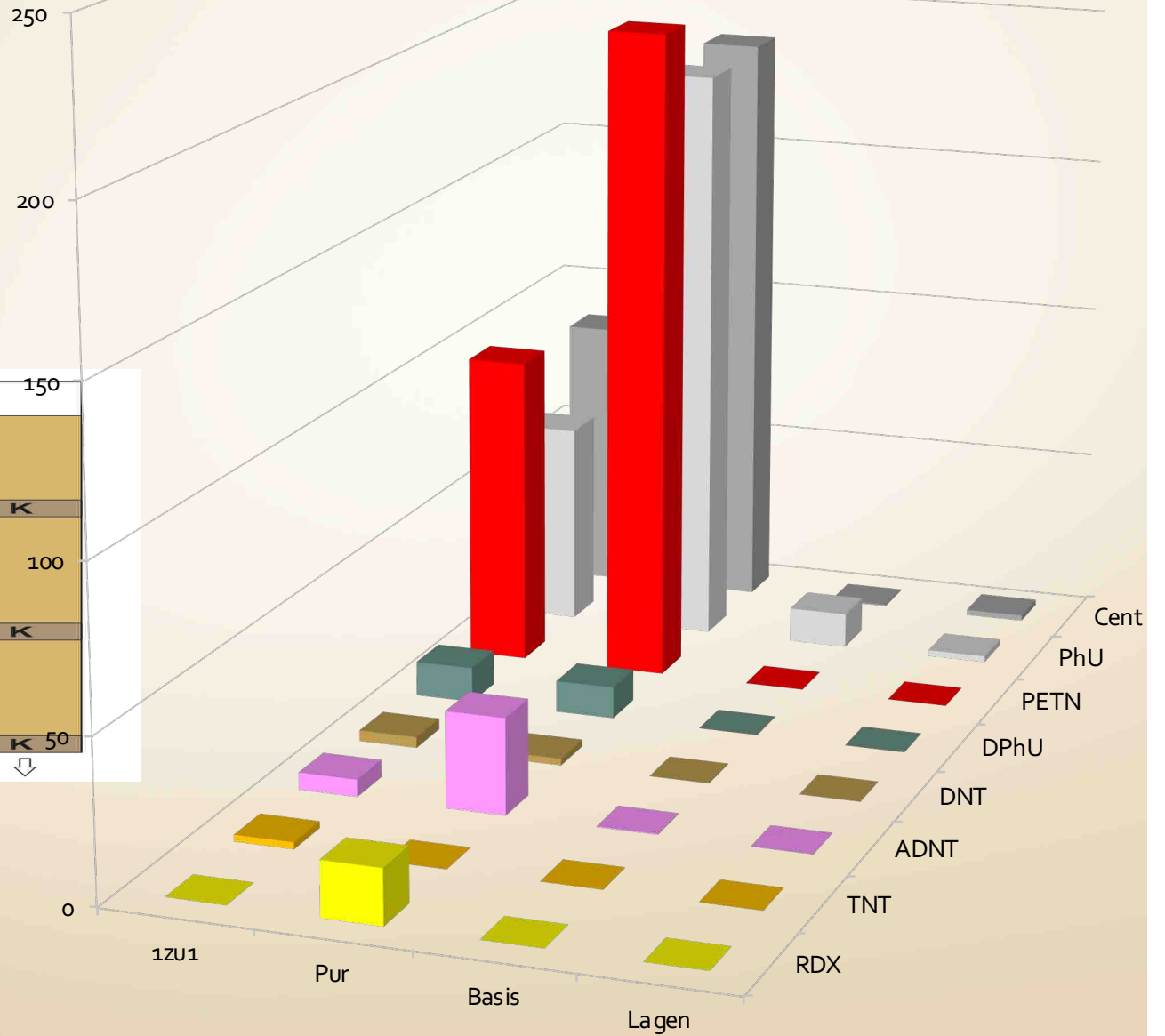
TNT n.n.
ADNT 14,2
RDX n. n.
PETN 105
DNT 10.2

C1 163	C1 186	C1 205
EPU 174	EPU 148	EPU 123
DPU IF	DPU IF	DIPU 42

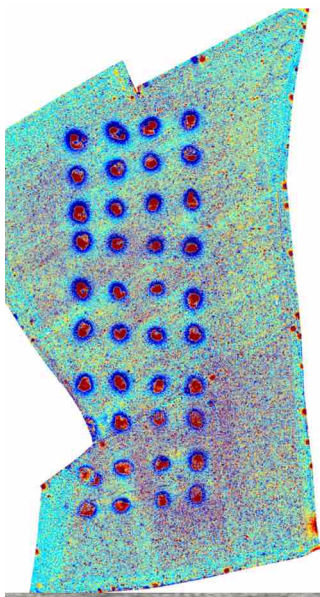
Vorversuch IM



k.W.

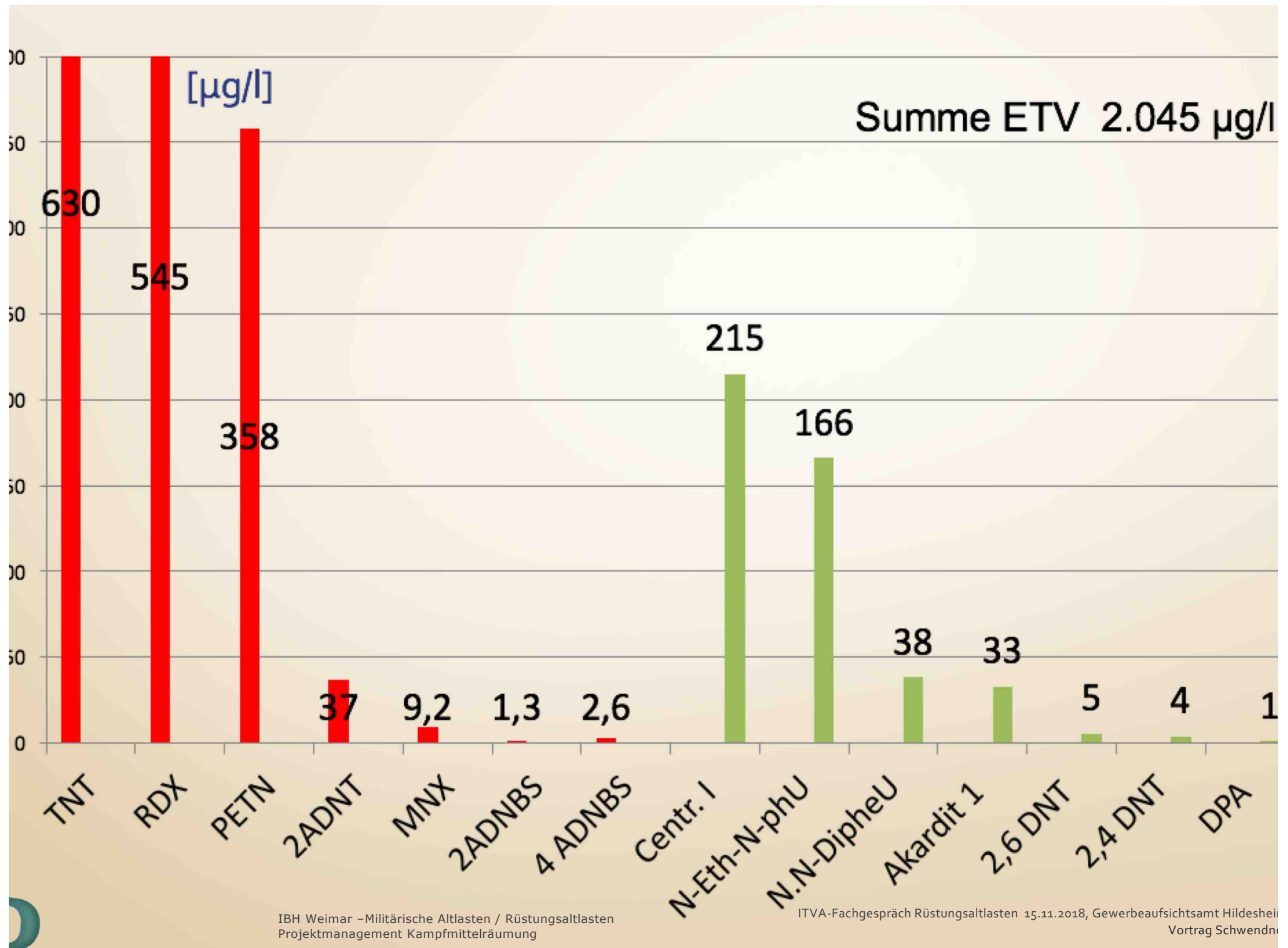


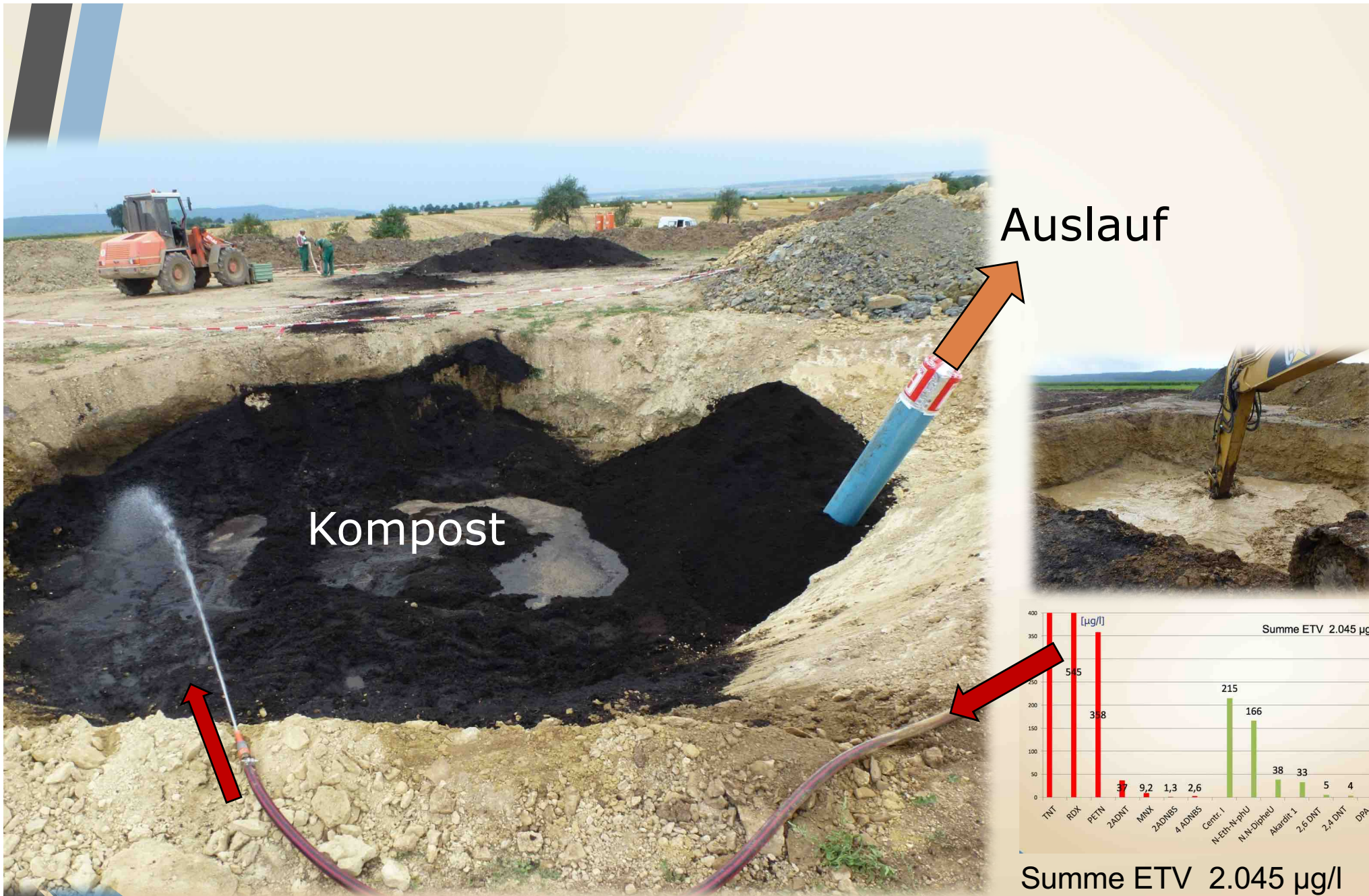
40 Trichter

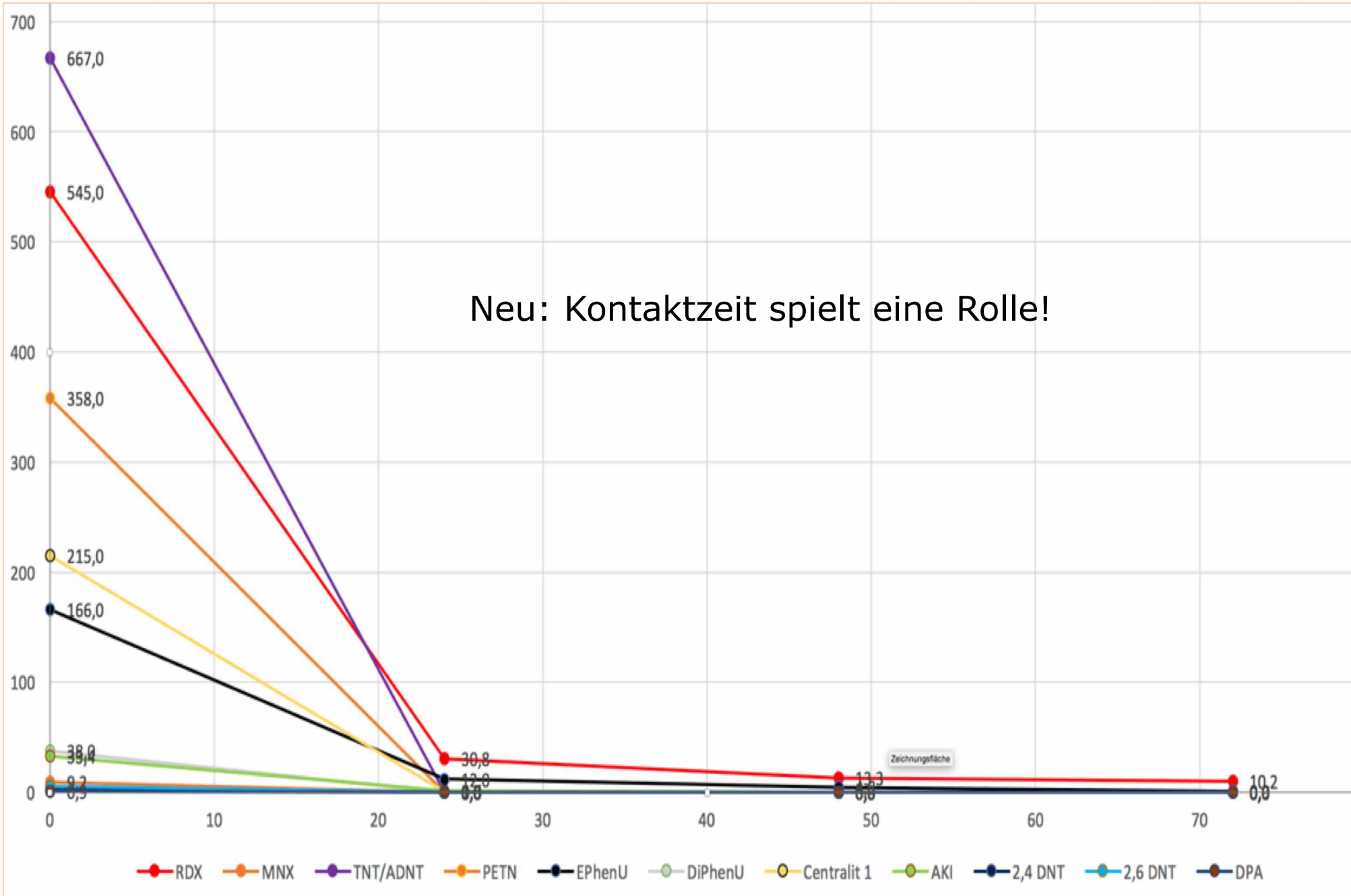


lasten / Rüstungsaltpasten
Mittelräumung

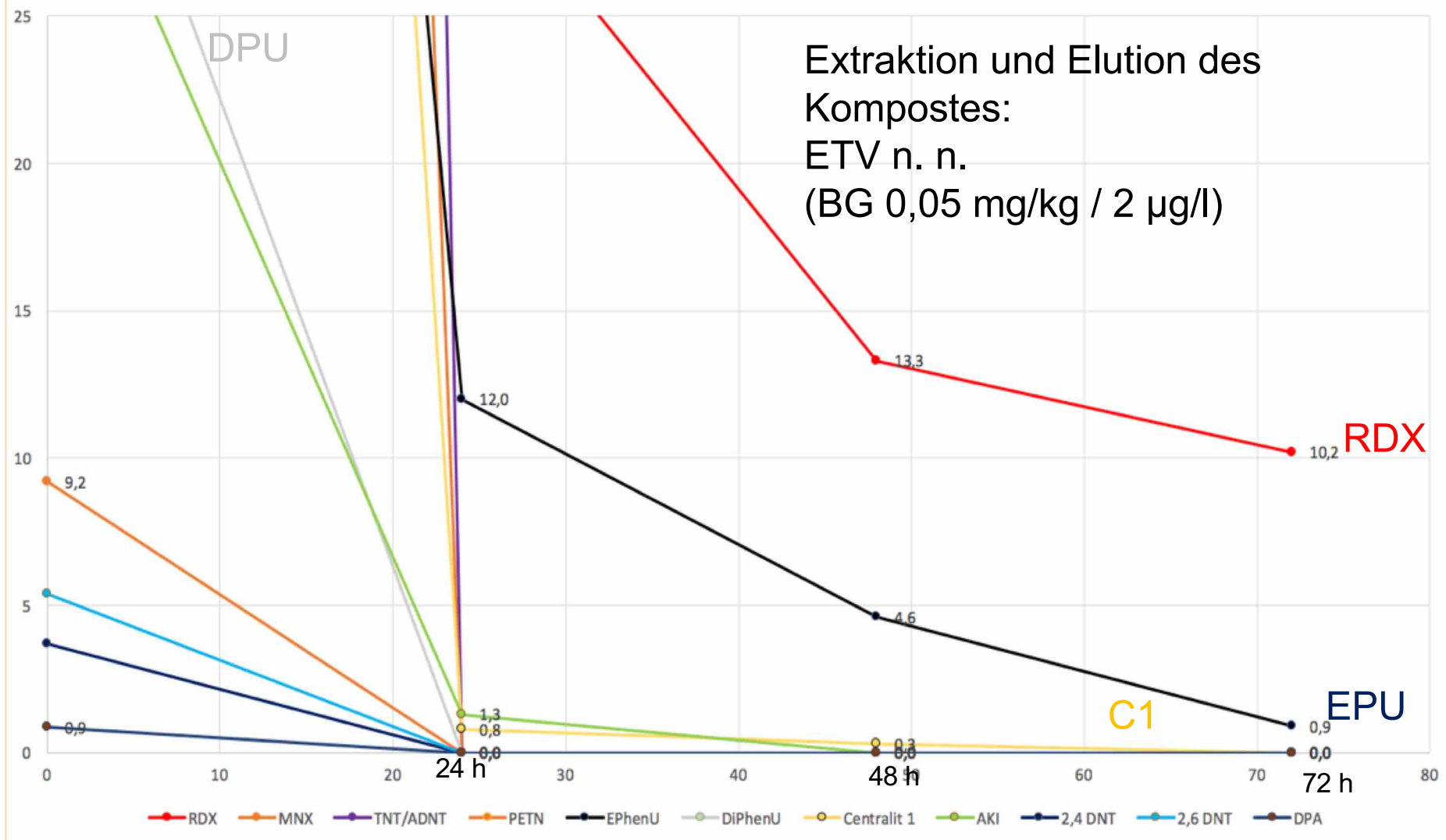








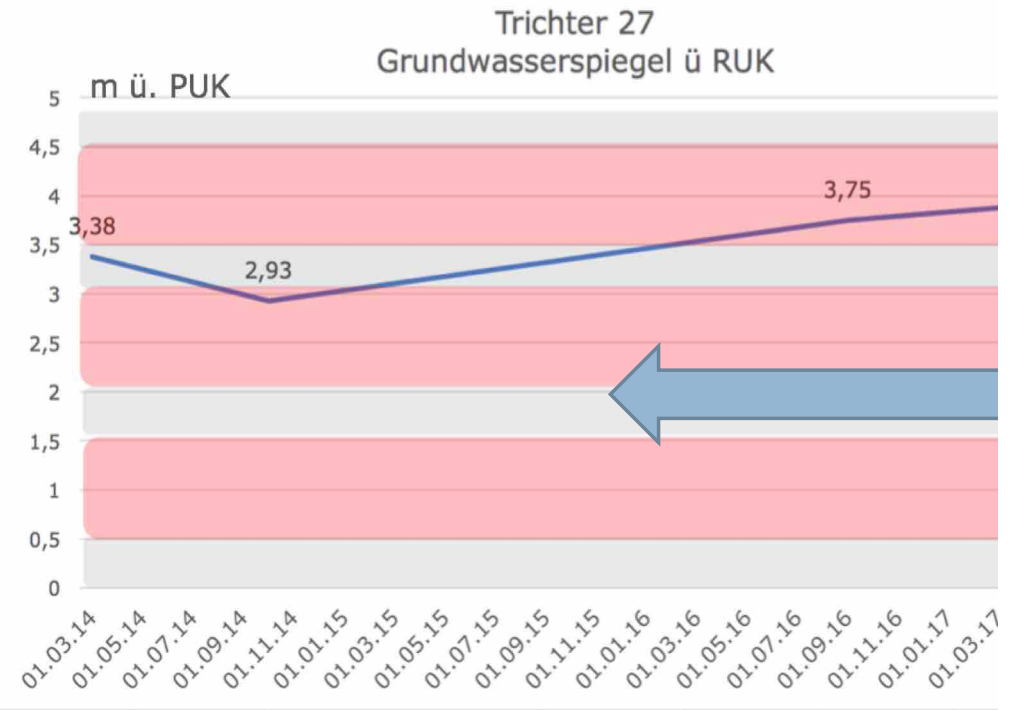
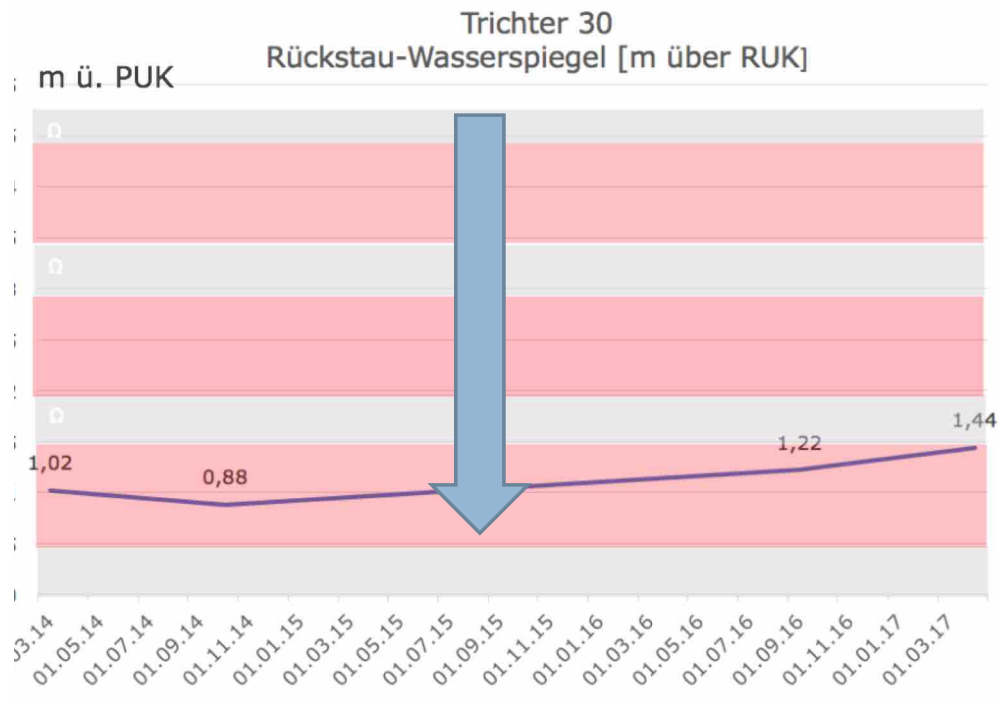
Zeit h	RDX	MNX	TNT/ADNT	PETN	EPU	DiPhenU	C1	AKI	2,4 DNT	2,6 DNT	DPA
0	545,0	9,2	667,0	358,0	166,0	38,0	215,0	33,4	3,7	5,4	0,9
24	30,8	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,8	1,3	0,0	0,0	0,0
48	13,3	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
72	10,2	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



Beweissicherungstrichter



Wasserverhältnisse in den Beweissicherungstrichtern Rückfüllmaterial nicht untersucht



STV: n. n.
C1: bis 2 µg/l

bei falscher Beprobung:
DPU bis 0,2 µg/l
EPU bis 1,8 µg/l

falsch gebaut
Ergebnisse von Probenahme abhängig
→ Interpretation schwierig
RDX: 10-100 µg/l
andere PN: RDX n. n.
C1: n. n. bis 0,6 µg/l

Zusammenfassung Marktbergel

alle 40 Trichter durch ETV belastet

mutmaßlich kontaminiertes Sickerwasser wird bei Kompostpassage gereinigt

IM wirkt auch in der gesättigten Zone, hier jedoch Mischmodus besser als Lageneinbau

GfS werden unterschritten

C1 verbleibt mit $< 2 \mu\text{g/l}$

funktioniert sehr gut

Fallbeispiel 2 – US-Sprengplatz Boxbrunn

Sicherheits- und
Ordnungsrecht

BBodSchG

Phase C2 – KMR (2016-2018)



Auflagen

Phase C1 – Räumkonz. (2015)

SU (Vorversuche)
Variantenstudie

Phase B – Tech. Erk./ TF (2015)
mit Bodenuntersuchungen (Tr. /A)

DU

Phase A – HGR (2015)

Nachbegehung (2010) → KM

OU (2002) → DU erforderlich

Testfeldräumungen (1999)

HU (1996-2000)



Bereich
Nordwest

(Luftaufnahme 1953)

Austritts-
stelle 2

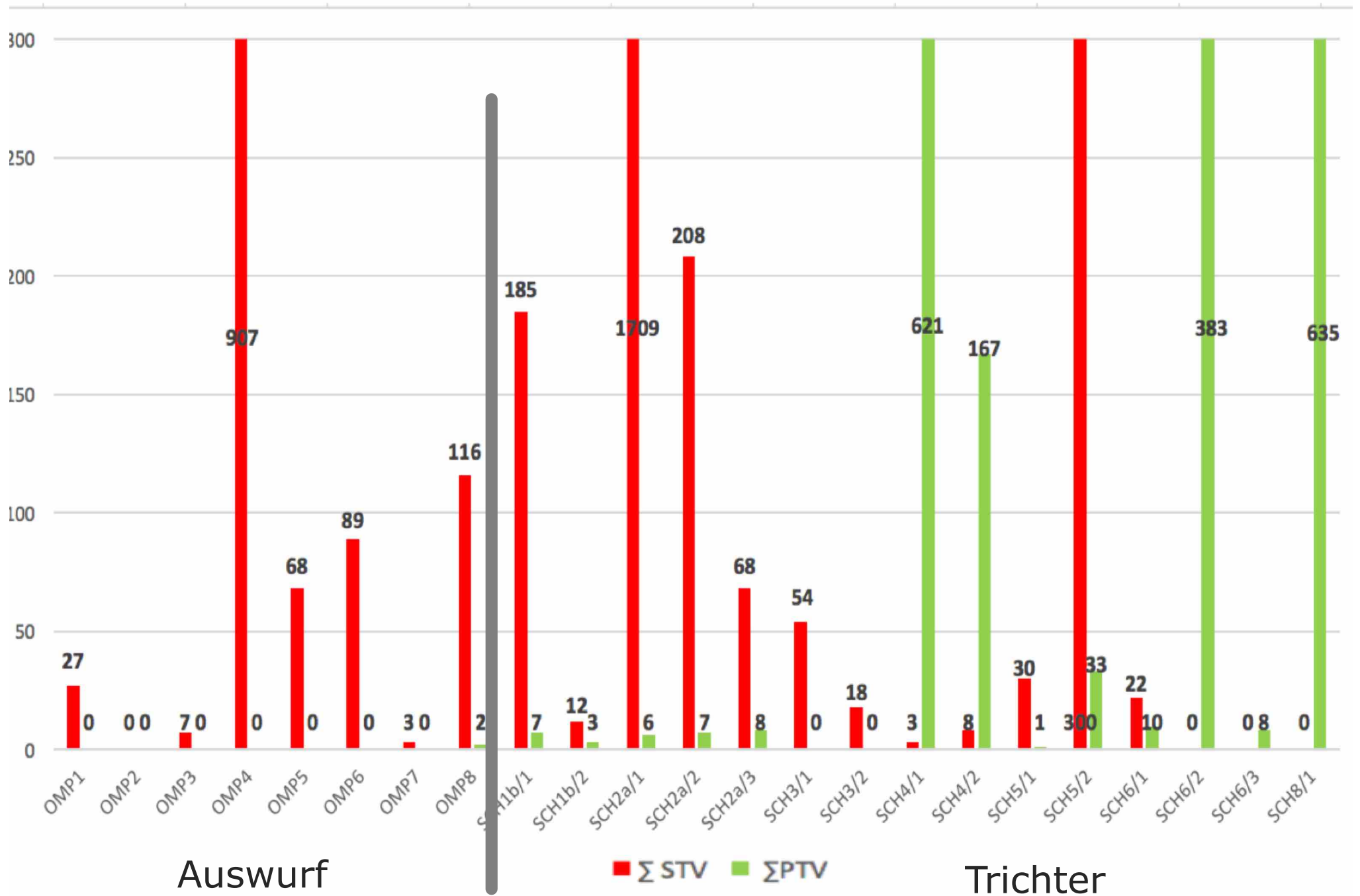
Ruhbrunnen

Hauptsprengheld

Königsee

August 45 (?) bis Mai 46
Vernichtung von 9.000 t
im Gönzbachtal
32 Sprengtrichter





Bodenuntersuchungen (1:1 Eluate 24 h)

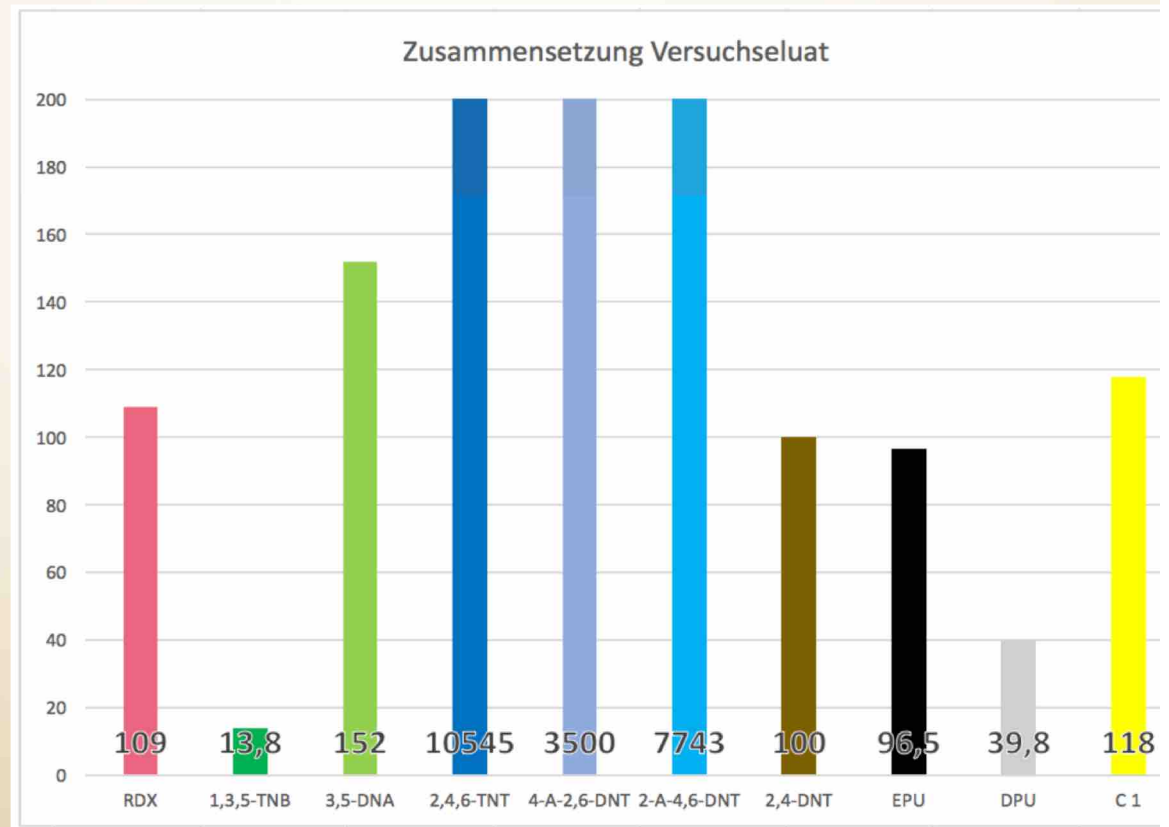


je 4 l Versuchseluat

Vorversuch



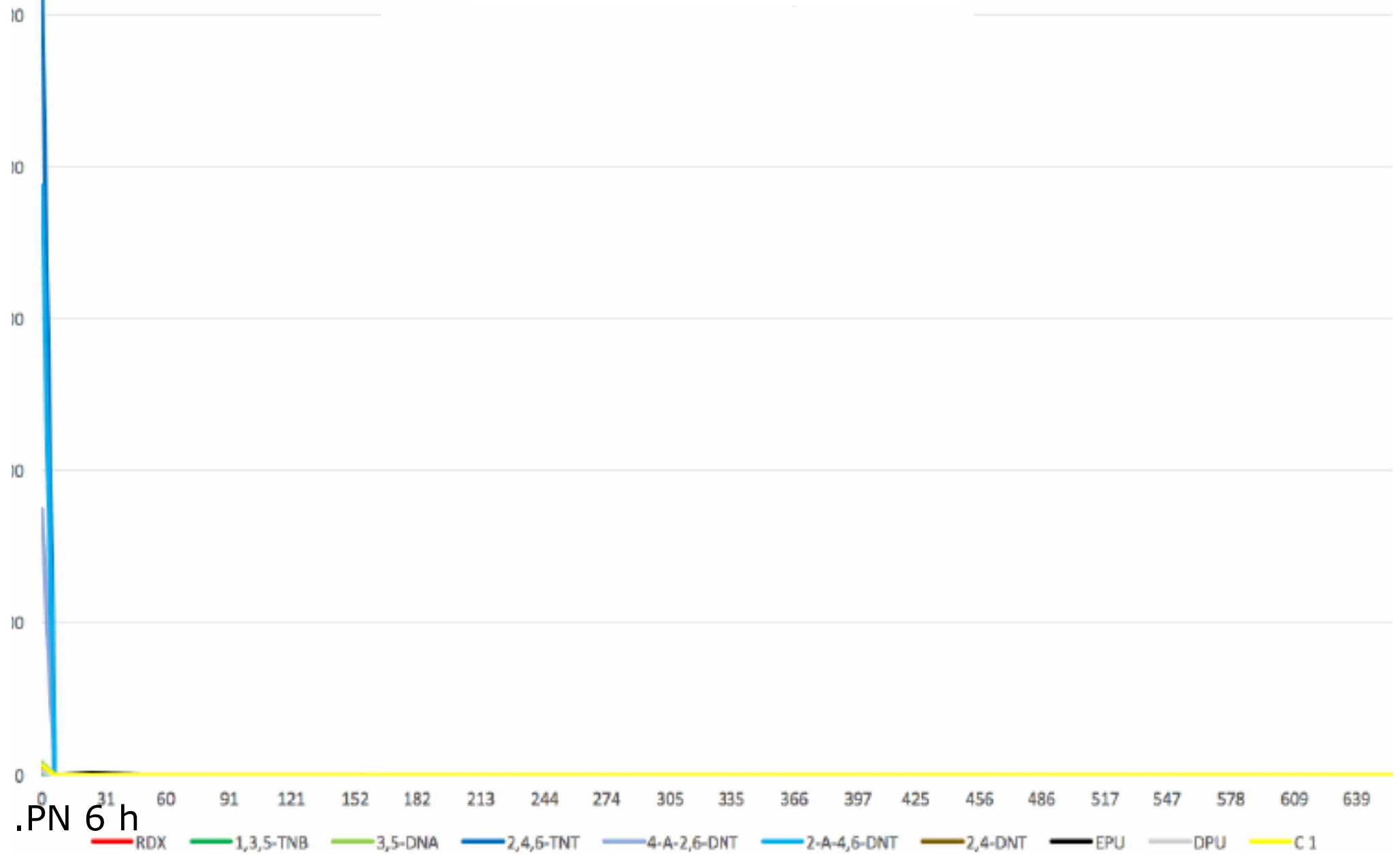
Versuchseluat
 Σ ETV 22.500 $\mu\text{g/l}$



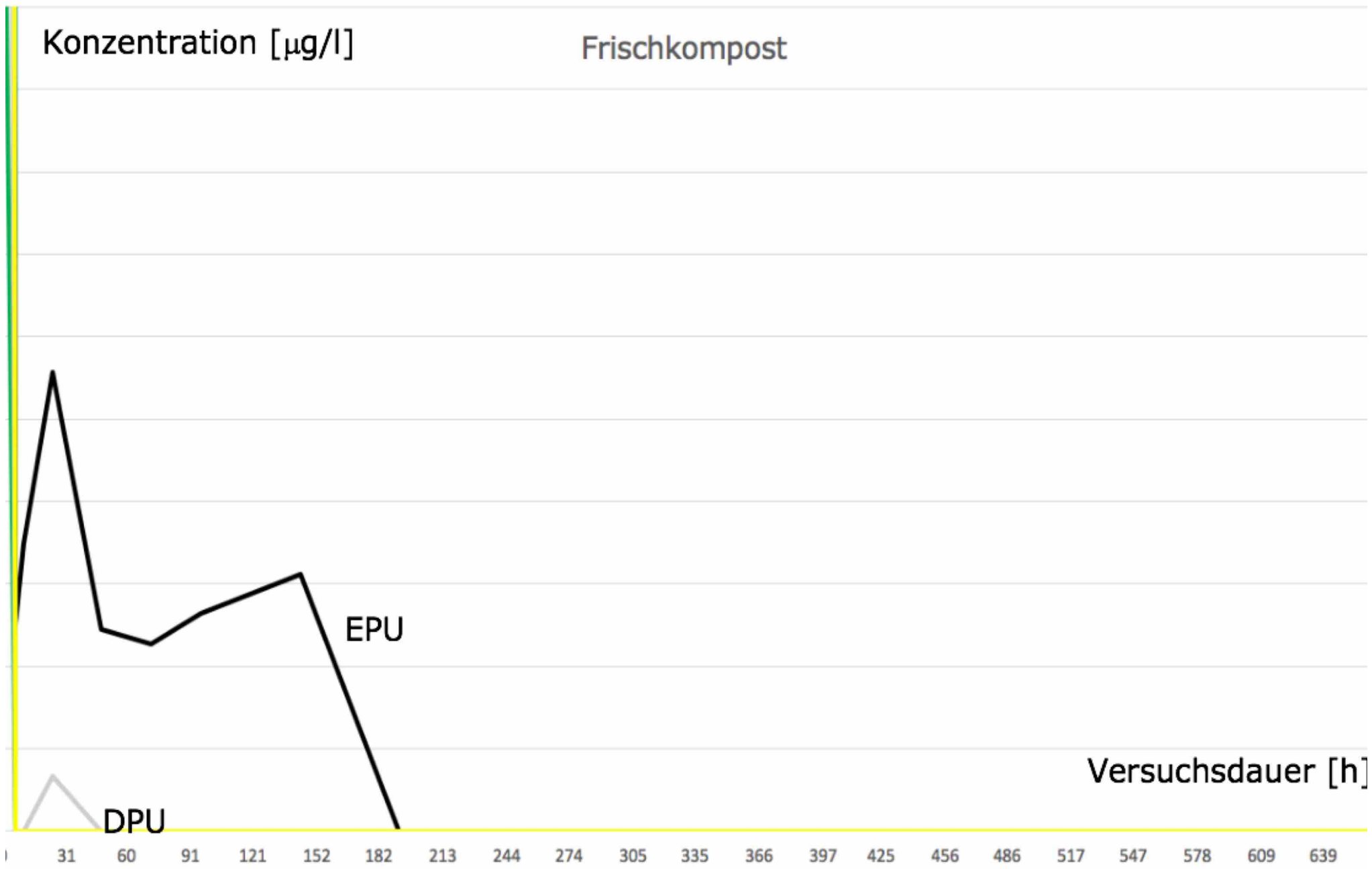
Ausläufe

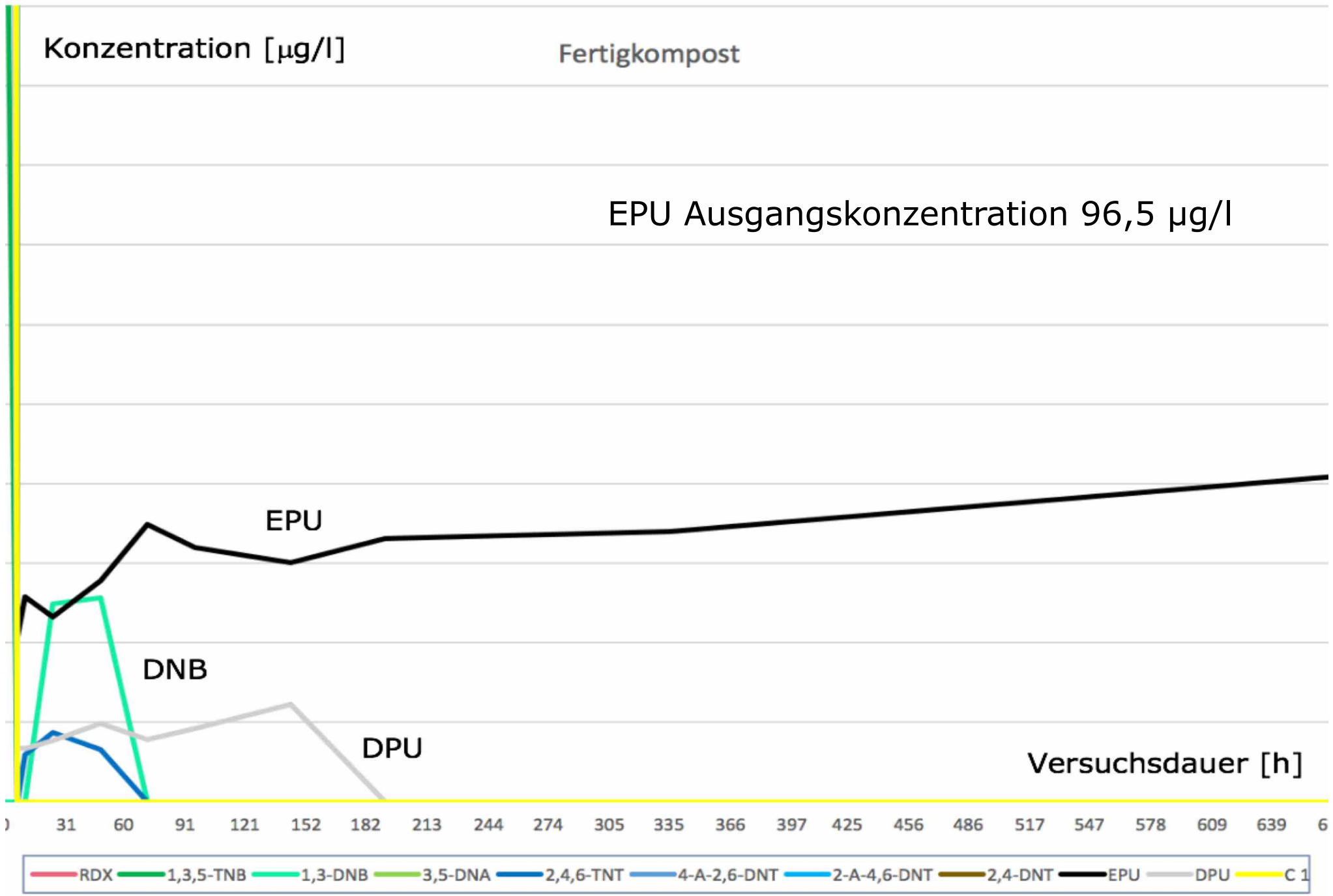
2.000 µg/l

Frischkompost



.PN 6 h








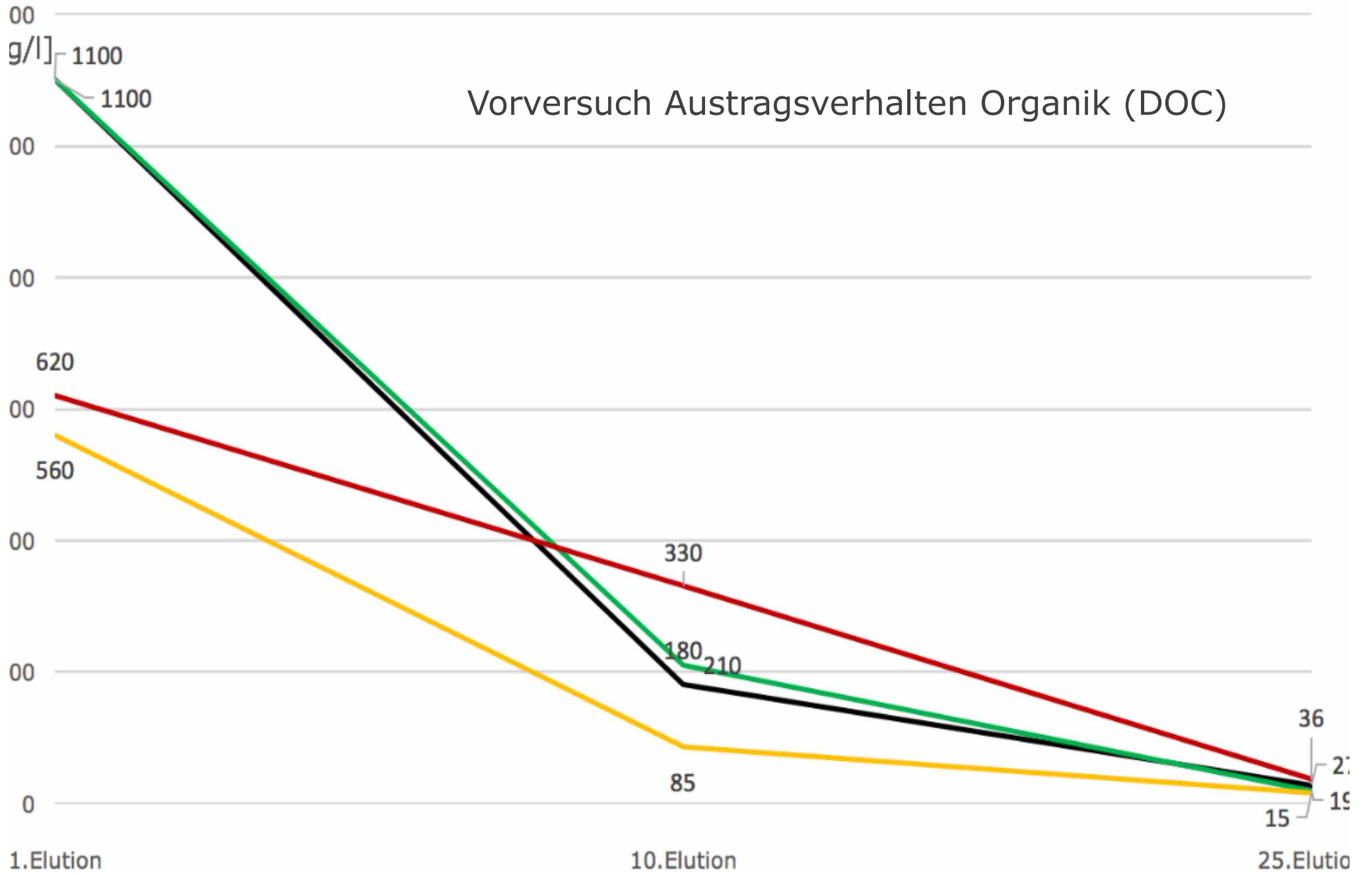
Standzeit 4 Monate
dann Reelution mit Wasser
Kontaktzeit 4 Tage

→ ETV n. n. ($< 0,1 \mu\text{g/l}$)

A large, conical pile of dark brown compost is situated in a forest. The pile is composed of several layers, creating a funnel-like shape. The background is filled with tall, thin evergreen trees. The ground in the foreground is a mix of dirt and gravel.

Konzept:
Einbau von 825 t Fertigkompost
zusätzlich 125 t Frischkompost
Trockene Trichter: Lagen
Trichter mit Hangwasserzutritt: Mischmodus

Vorversuch Austragsverhalten Organik (DOC)



Trichter Nr.	beräumt am:	Tiefe m	Breite m	Lagen Kompost Stück	Klüfte Ja / nein	Ober- flächen- wasser Ja / nein	Schicht- wasser ja / nein	Wasser- Haltung
1	10.08.2017	12,0	6,0	gemischt	nein	ja	ja	in Betrieb
2	08.08.2017	8,0	15,0	gemischt	nein	ja	ja	in Betrieb
3	07.08.2017	6,0	15,0	gemischt	nein	Ja	ja	in Betrieb
4								
5	20.07.2017	2,0	5,0	5	nein	nein	nein	vorgehalten
6	30.07.2017	5,0	3,0	4	nein	nein	nein	vorgehalten
7	03.07.2017	6,0	10,0	6	nein	nein	nein	vorgehalten
8	02.08.2017	5,0	10,0	6	nein	nein	nein	vorgehalten
9	18.07.2017	5,0	12,0	5	nein	nein	nein	vorgehalten
10	20.07.2017	2,5	5,0	3	nein	nein	nein	vorgehalten
11	19.07.2017	3,0	8,0	4	nein	nein	nein	vorgehalten
12								
13	18.07.2017	2,0	6,0	2	nein	nein	nein	vorgehalten
14	17.07.2017	5,0	10,0	5	nein	nein	nein	vorgehalten
15	13.07.2017	3,0	7,0	3	nein	nein	nein	vorgehalten
16	01.08.2017	6,0	15,0	gemischt	nein	nein	ja	vorgehalten
17								
18	12.07.2017	5,0	12,0	5	nein	nein	nein	vorgehalten
19	11.07.2017	3,5	6,0	4	nein	nein	nein	vorgehalten
20	18.08.2017	2,5	5,0		Quelle / Ruhbrunnen			vorgehalten
21	10.07.2017	3,0	6,0	3	nein	nein	nein	vorgehalten
22	06.07.2017	8,0	12,0	8	nein	nein	nein	vorgehalten
23	05.07.2017	8,0	13,5	8	nein	nein	nein	vorgehalten
24	04.07.2017	6,0	11,0	6	nein	nein	nein	vorgehalten
25								
26	03.07.2017	3,0	7,0	3	nein	nein	nein	vorgehalten
27	27.06.2017	5,0	11,0	5	nein	nein	nein	vorgehalten
28	29.06.2017	5,0	10,0	5	nein	nein	nein	vorgehalten
29	28.06.2017	3,0	7,0	3	nein	nein	nein	vorgehalten
30	26.06.2017	6,0	15,0	6	nein	nein	nein	vorgehalten
31								
32	27.06.2017	3,0	8,5	3	nein	nein	nein	vorgehalten

Beweissicherungstrichter 2

Beweissicherungstrichter 16/

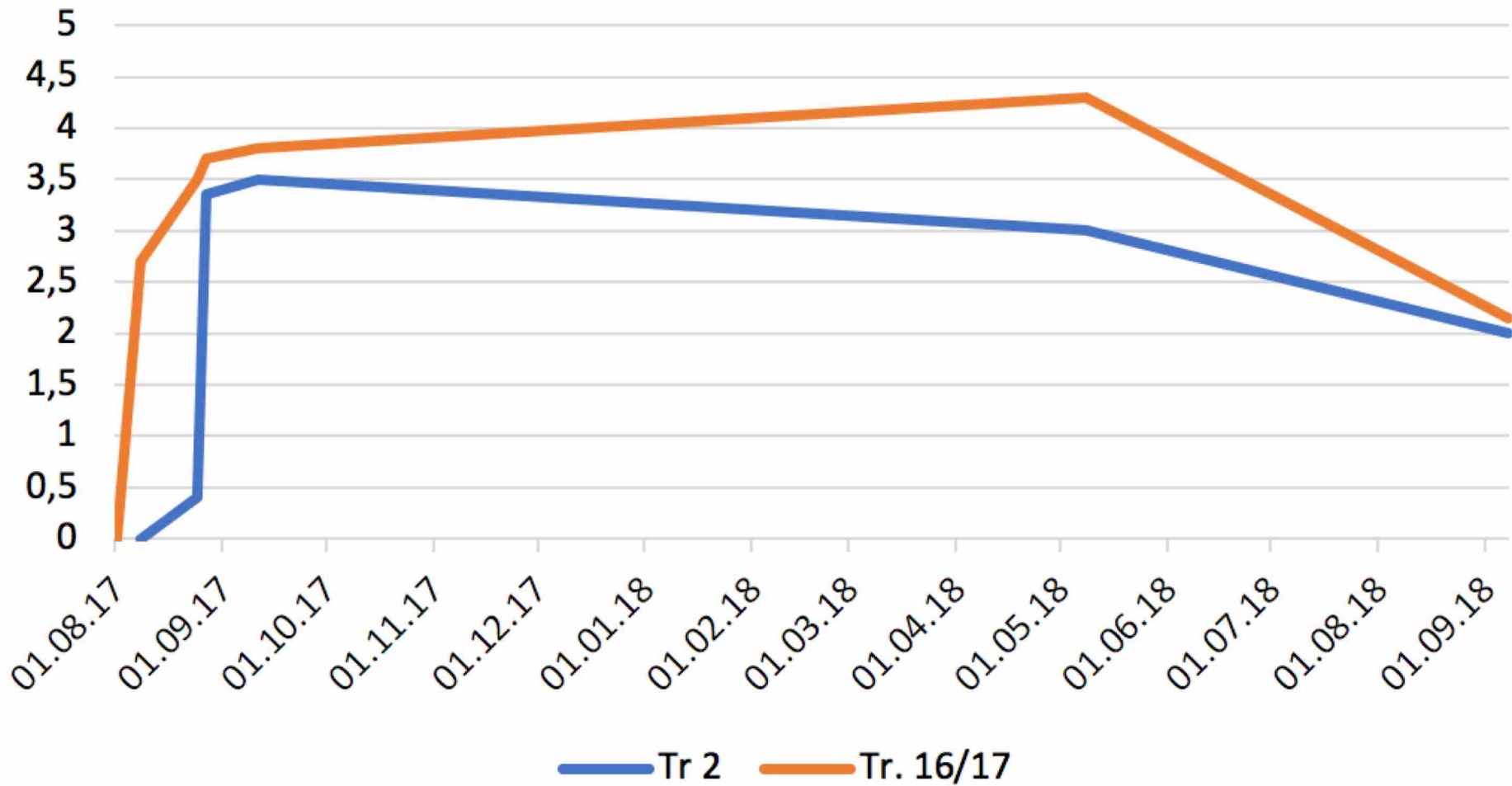
Beweissicherungstrichter 16/17 Bau 01.08.2017



Beweissicherungstrichter 2 (Bau 08.08.2017)



Wsp. über Trichtersohle





feldversuche

Parameter	Trichter 2 Rückfüll- material 1:1 Eluat	Versuchs- wasser (Tr. 1)	Trichter 2 1. PN Rohr Kontaktzeit 3 Tage	Trichter 16/17 Rückfüll- material 1:1 Eluat	Trichter 16/17 1. PN Rohr Kontaktzeit 7 d	Trichter 16/17 2. PN Rohr Kontaktzeit 26 Tage
	PN 08.08.2017 1:1 Eluat 10.08.17	24.08.2017	27.08.2017	PN 01.08.17 1:1 Eluat 09.08.17	08.08.17	27.08.2017
HMX	< 0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,4	< 0,1	< 0,1
RDX	0,63	< 0,1	< 0,1	< 0,4	< 0,1	< 0,1
TNB	< 0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,4	< 0,1	< 0,1
DNB	< 0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,4	< 0,1	< 0,1
DNA	< 0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,4	< 0,1	< 0,1
TNT	< 0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,4	< 0,1	< 0,1
4A-2,6-DNT	< 0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,4	< 0,1	< 0,1
2A-4,6-DNT	< 0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,4	< 0,1	< 0,1
2,4-DANT	vorhanden	n. b.	IF	vorhanden	n. b.	n. b.
2,6-DANT	vorhanden	n. b.	IF	vorhanden	n. b.	n. b.
PETN	< 1	< 0,1	< 0,1	< 1	< 0,25	< 0,25
C1	256	16,1	6,95	688	< 0,1	< 0,1
DPU	84,5	1,9	< 0,1	12,6	< 0,1	< 0,1
EPU	183	6,8	< 0,1	216	< 0,1	< 0,1
2,6-DNT	< 0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,4	< 0,1	< 0,1
2,4-DNT	< 0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,4	< 0,1	< 0,1
AK1	4,71	< 0,1	< 0,1	2,97	< 0,1	< 0,1
AK 2	< 0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,4	< 0,1	< 0,1
C2	< 0,4	< BG	< 0,1	< 0,4	< 0,1	< 0,1
DPA	0,94	< BG	< 0,1	1,84	< 0,1	< 0,1
DOC [mg/l]		n. b.	2.200		1.800	830
Σ STV	1	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
Σ PTV	529	25	7	921	n. n.	n. n.
Σ ETV	530	25	7	921	n. n.	n. n.

Bereich
Nordwest

Monitoring

Austritts-
stelle 2

Ruhbrunnen

BewTr. 16/17

Hauptsprengheld

Einlauf

Königsee

Auslauf

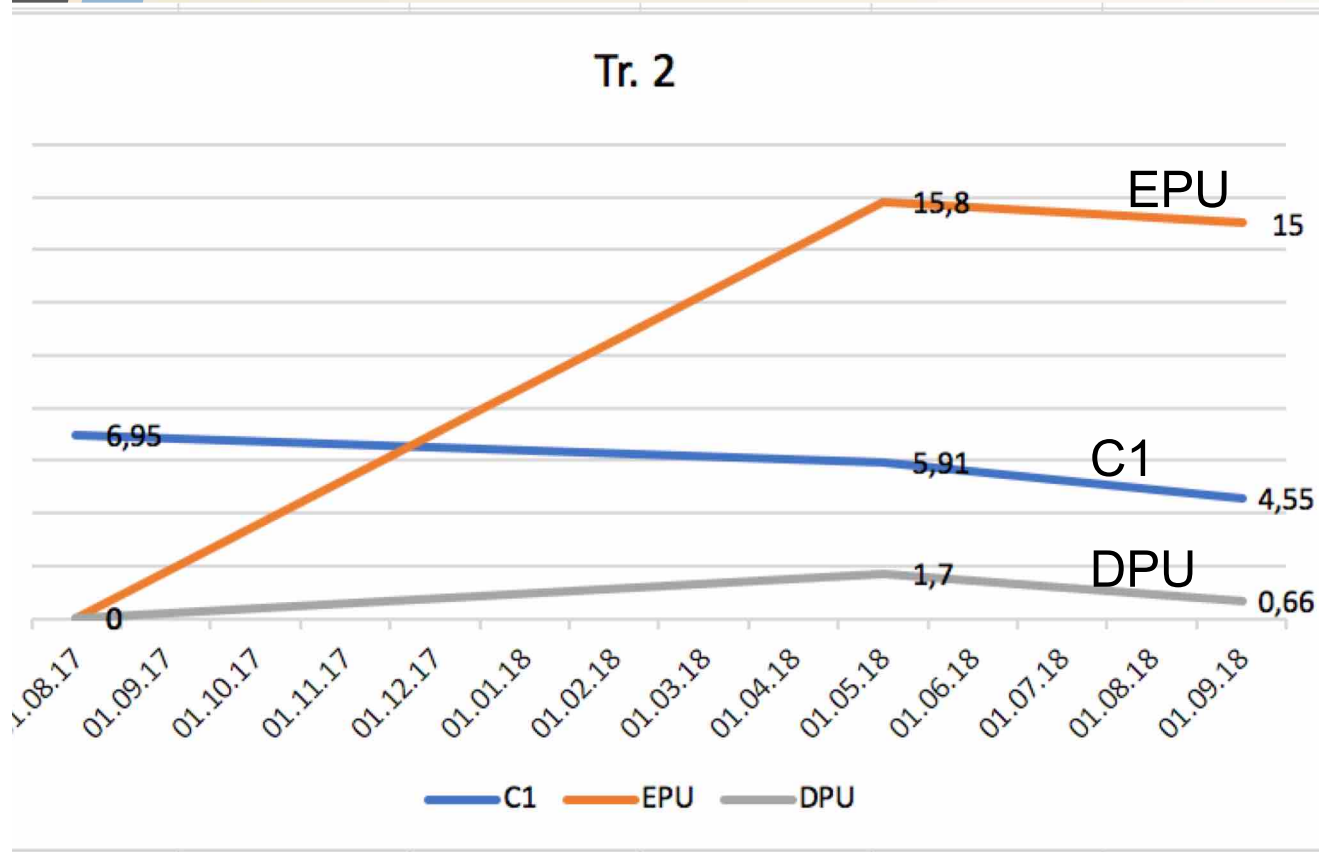
BewTr.





Monitoring im Beweissicherungstrichter 2

Eluat Rückfüllmaterial

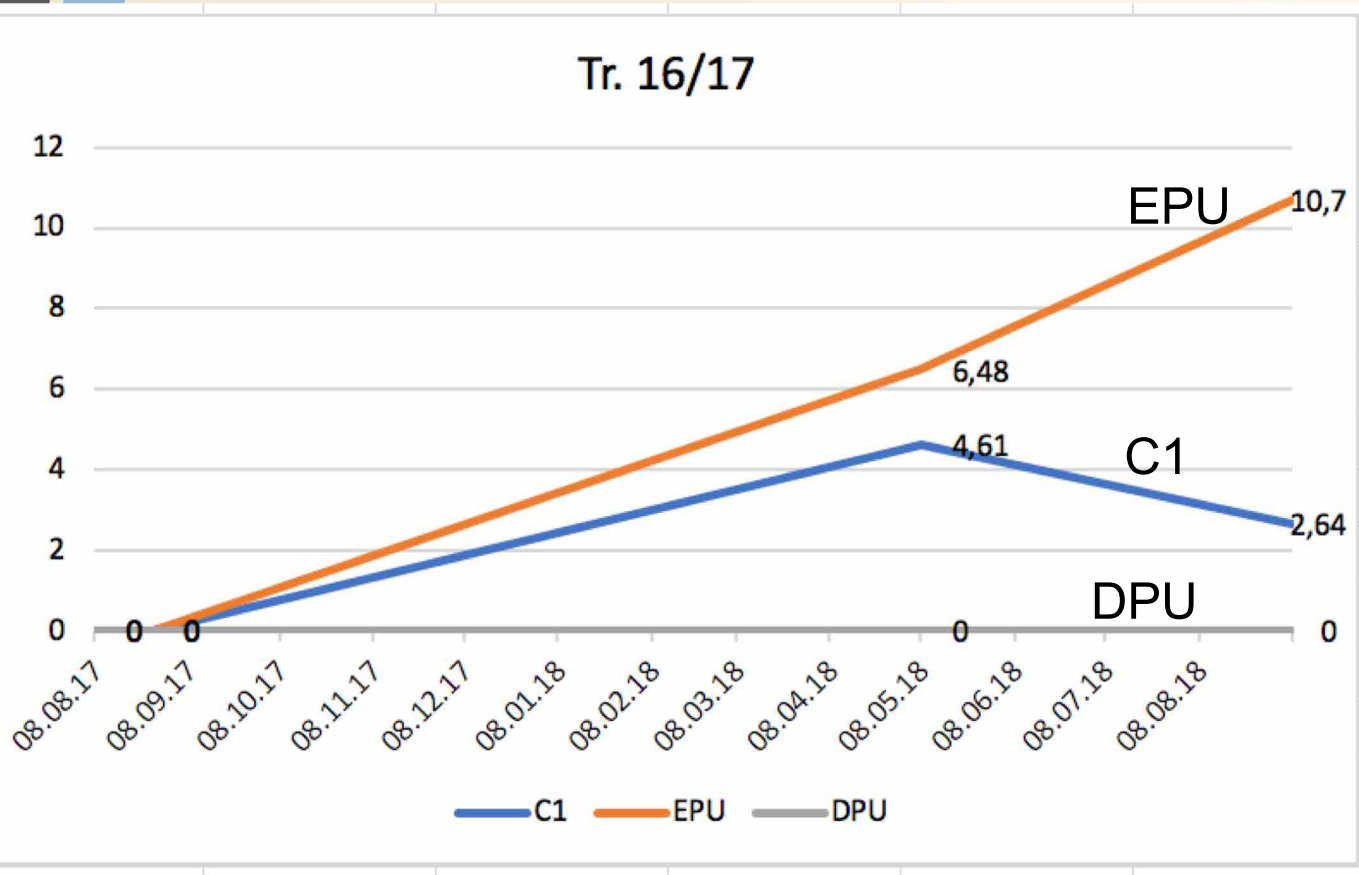


C1	256
DPU	84,5
EPU	183
2,6-DNT	< 0,4
2,4-DNT	< 0,4
AK1	4,71
AK 2	< 0,4
C2	< 0,4
DPA	0,94

Minderungsleistung nach einem Jahr:

C1 98,3 %
 DPU 99,2 %
 EPU 91,8 %
 AK1 100 %
 DPA 100 %

Monitoring Beweissicherungstrichter 16/17



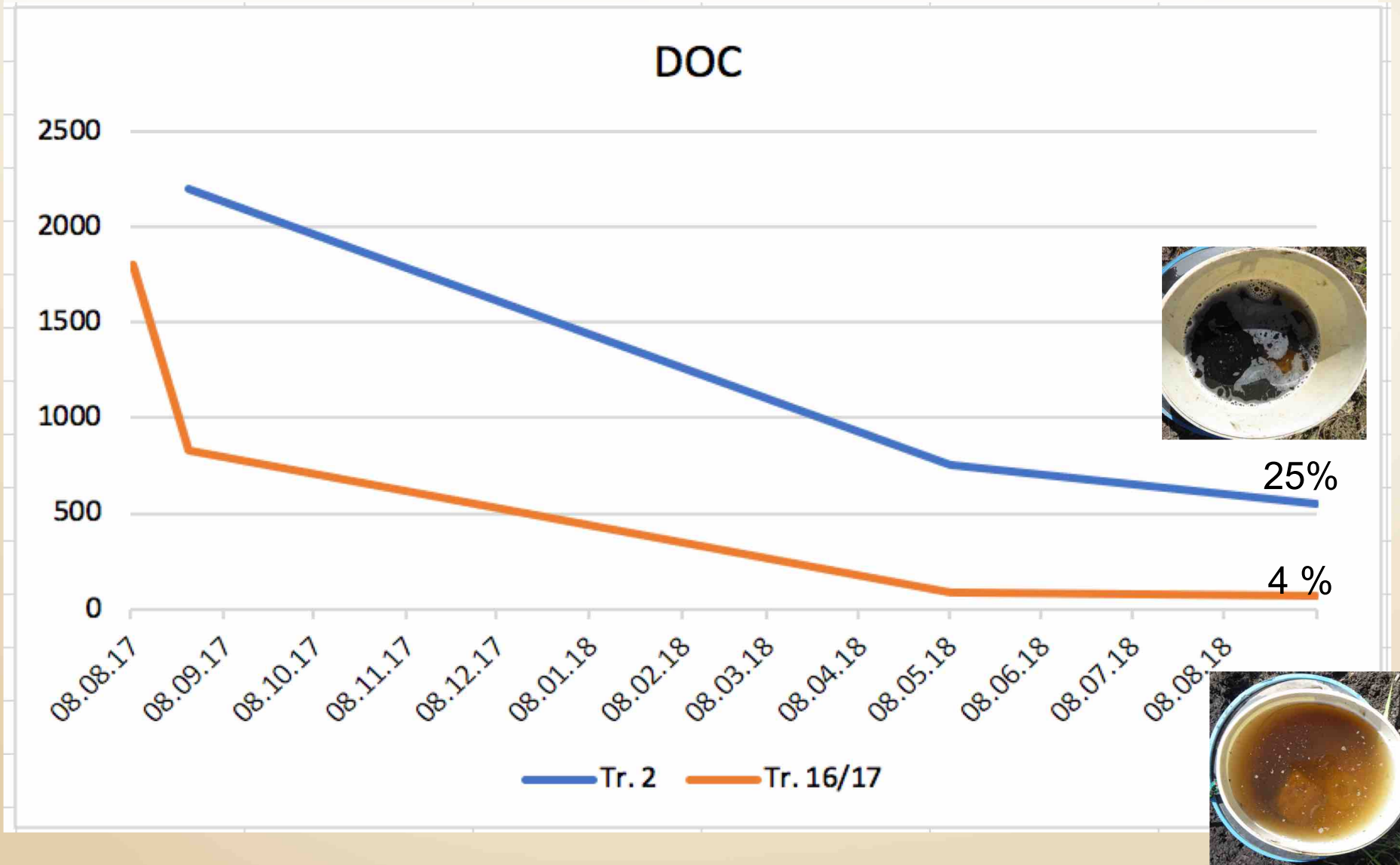
Eluat Rückfüllmaterial

C1	688
DPU	12,6
EPU	216
2,6-DNT	< 0,4
2,4-DNT	< 0,4
AK1	2,97
AK 2	< 0,4
C2	< 0,4
DPA	1,84

Minderungsleistung nach einem Jahr:

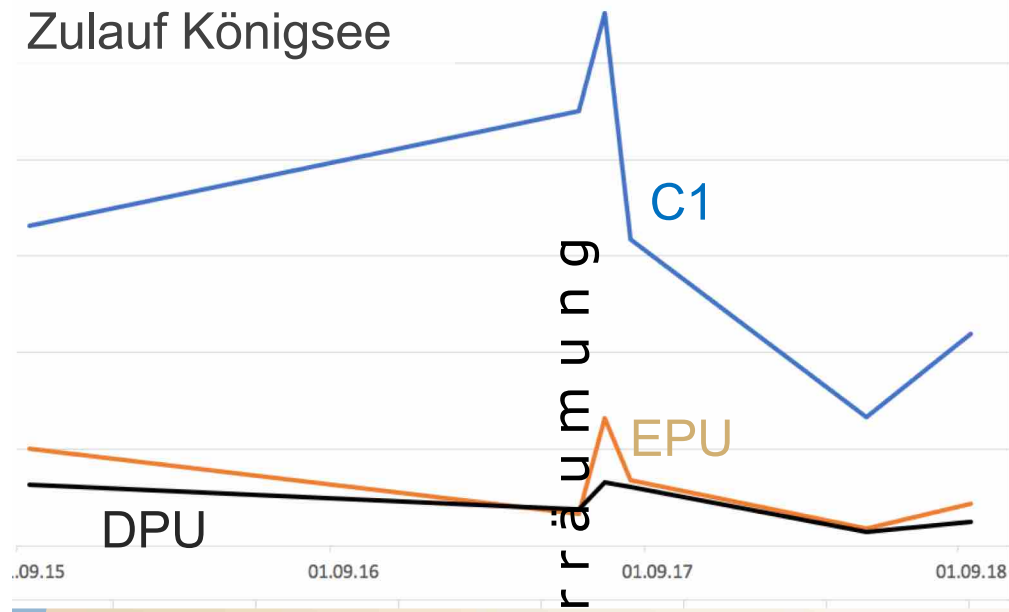
C1 99,6 %
 DPU 100 %
 EPU 95 %
 AK1 100 %
 DPA 100 %

Monitoring DOC Gehalte Beweissicherungstrichter 2 und 16/17



sehr schneller Austrag: trotzdem nach wie vor hohe Minderungsleistung
Wirkung ist auf (unlösliche) Humine und Mikrobiologie zurückzuführen

Zulauf Königsee



Ablauf Königsee

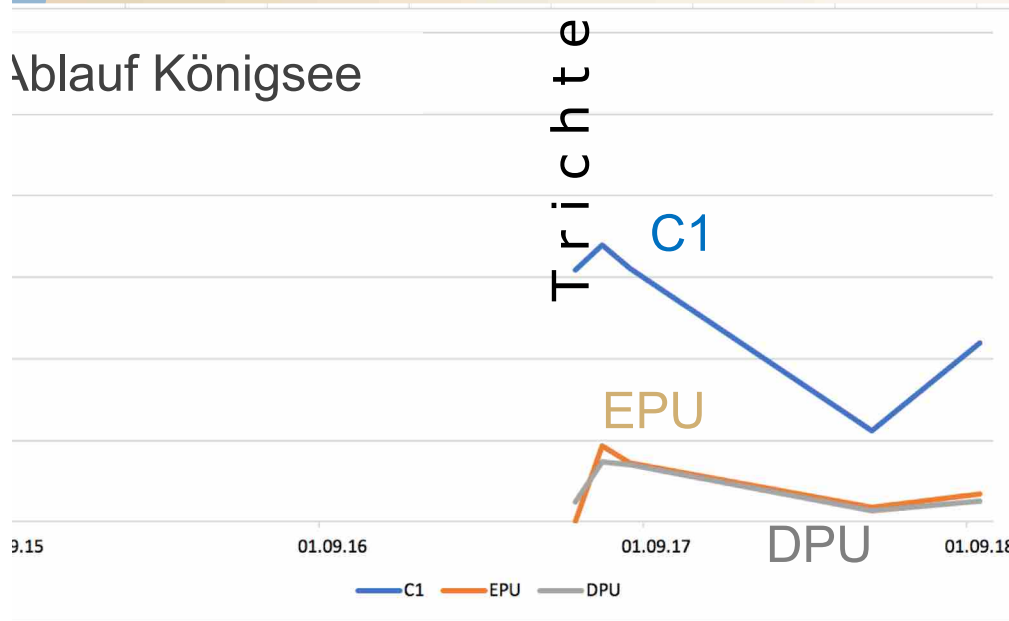
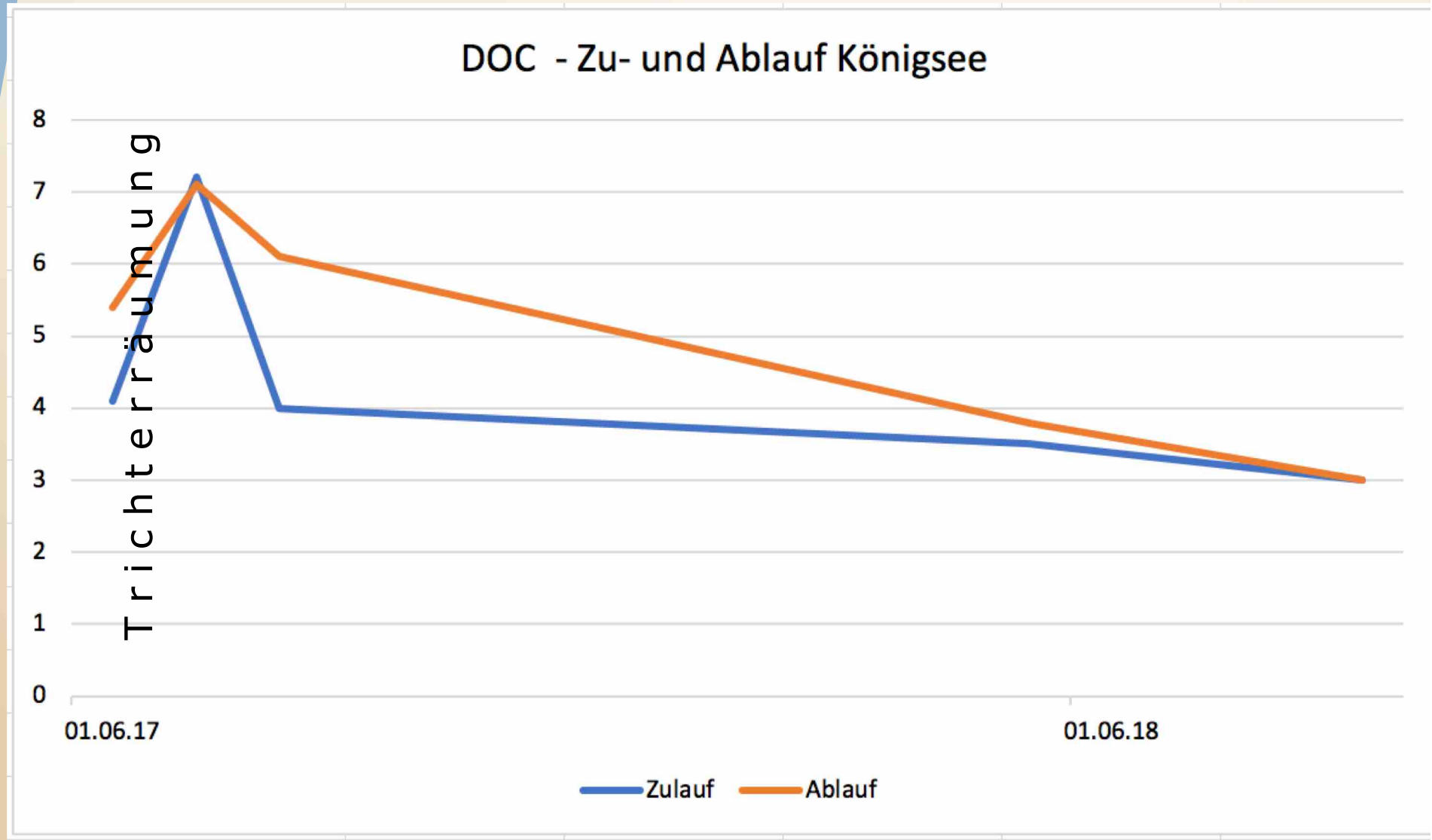


Tabelle 21: Ergebnisse des Monitorings [µg/l], EPU [µg/l], TE [Technische Erkennung]

Probenahmestelle	Datum	TNT/ADNT	C1	EPU	TE
Austrittsstelle 2	10.09.2015 (TE)	n. u.	n. u.	n. u.	r
	27.06.2017 (Mon 1)	0,21	0,48	< 0,1	<
	25.07.2017 (Mon 2)	< 0,1	0,36	< 0,1	<
	27.08.2017 (Mon 3)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0
	08.05.2018 (Mon 4)	< 0,1	0,2	< 0,1	<
	07.09.2018 (Mon 5)	< 0,1	0,31	< 0,1	<
	03/2019 09/2019				
Ruhbrunnen	10.09.2015 (TE)	< 0,1	0,45	0,24	0
	27.06.2017 (Mon 1)	1,22	< 0,1	< 0,1	<
	25.07.2017 (Mon 2)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<
	27.08.2017 (Mon 3)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<
	08.05.2018 (Mon 4)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<
	07.09.2018 (Mon 5)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<

Belastung im Bachwasser hat abgenommen
 Restbelastung kommt aus Trichtern
 Schadstoffeintrag durch Ruhbrunnen und
 Austrittsstelle gering



Zusammenfassung

- Mobilisierungsschub konnte durch die Verwendung von Frischkompost abgefangen werden
- Minderungsleistung nach einem Jahr bei PTV 95-100% trotz worst case Bedingungen
- Minderungsleistung bei STV i. d. R. 100% (Nachweis nicht möglich)
- (noch) keine vollständige Eliminierung, da Austragsrate derzeit zu hoch
- Restkonzentrationen werden mittelfristig abnehmen, da Auswaschung unter Minderungsleistung fallen wird
- negative Einflüsse durch den Einbau des Kompostes trotz der hohen Austragsrate an Organik im Bachwasser nicht zu erkennen
- Konzentrationen im Bachwasser abnehmend; werden vermutlich weiter fallen, da Eintrag durch nasse Trichter zurückgehen wird
- Kosten 45.000 €

Wirkungsweise IM

- Kompost wirkt wie ein Bioreaktor; Prozess evtl. ähnl. Fermentation
- TNT: Reduktion zu ADNT → irrev. Chemie-Sorption an Humine; Entgiftung
- RDX: sehr wahrscheinlich Mineralisierung (da anaerobes Milieu)
- C1, DPU, EPU: Metabolisierung oder Mineralisierung; DPU, EPU → Verminderung der GW-Gefahr; C1 unklar

- Offene Fragen:
 - Langzeitverhalten
 - Unterschiede in der Eignung (DPU, EPU, C1)
 - Regionale / saisonale Unterschiede?
- sehr kostengünstiges Verfahren, mit der KMR kombinierbar, auch in der gesättigten Zone anwendbar
- nicht ohne Nachdenken anwenden, immer standortspezifische Gegebenheiten beachten (Sickergeschwindigkeit, Stoffinventar, Wasserverhältnisse); Vorversuch empfohlen; ggf. Modifizierungen treffen



FACHGESPRÄCH

Rüstungsaltslasten

„Umgang mit Haufwerken aus der Kampfmittelräumung und sonstigen ETV-verunreinigten Böden“

Alkalische Hydrolyse

- bekannt seit den 50er Jahren
- ab 1999 intensiv in den USA getestet
- USA: Anwendung auf live-fire-Ranges (Handbuch) und Sprpl.
- DAHN (1995) Vorversuche (Reinsdorf); für Hallschlag vorgeschl.
- 2014: Temporärer Sprengplatz Marktbergel (AS)
- 2018: TNT-belasteter Aushub (AS)

- TNT: → Ringspaltung, Abbauweg noch immer ungeklärt;
weitere Mineralisierung möglich

- RDX → NDAB Endprodukt (wie aerob mikrobiol.)(2015)
neue Erkenntnisse: NDAB kann weiter abgebaut werden

Fallbeispiel 1: Temporärer Sprengplatz Marktbergel (RDX)



Inbetriebnahme
19.06.2013

A photograph showing the interior of a tunnel. The tunnel walls are made of a rough, grey material. In the center, there is a circular opening leading to another section. This opening is blocked by a wooden lattice structure. In front of this lattice, there are two large, cylindrical objects that look like spent shell casings. The floor of the tunnel is covered with a layer of sand. The lighting is dim, with a bright light source at the end of the tunnel.

Vordere
Splitterfangwand

Stahlrohr

Granatenleerhüllen

Sand



Vernichtetet (high order): 1.380 8,8 Pzsprgr.; 138 g RDX (mit Wachs phlegmatisiert),
Hohlladung: (*DYNAenergents*): 23 g RDX; Gesamtumsatz: 200 kg RDX

Beprobung 28.08.2013
(2 Monate in Betrieb)

Vordere
Splitterfangwand

Stahlrohr

Granatenleerhüllen

RDX
1.200 mg/kg
35.000 µg/l



Sand

Beprobung 09.09.2013 (3 Monate in Betrieb)

4.400 $\mu\text{g/l}$

Splitterfangwand 2

Stahlrohr

Abdecksand
9.574 $\mu\text{g/l}$

Splitterfangwand 1

Erdwall

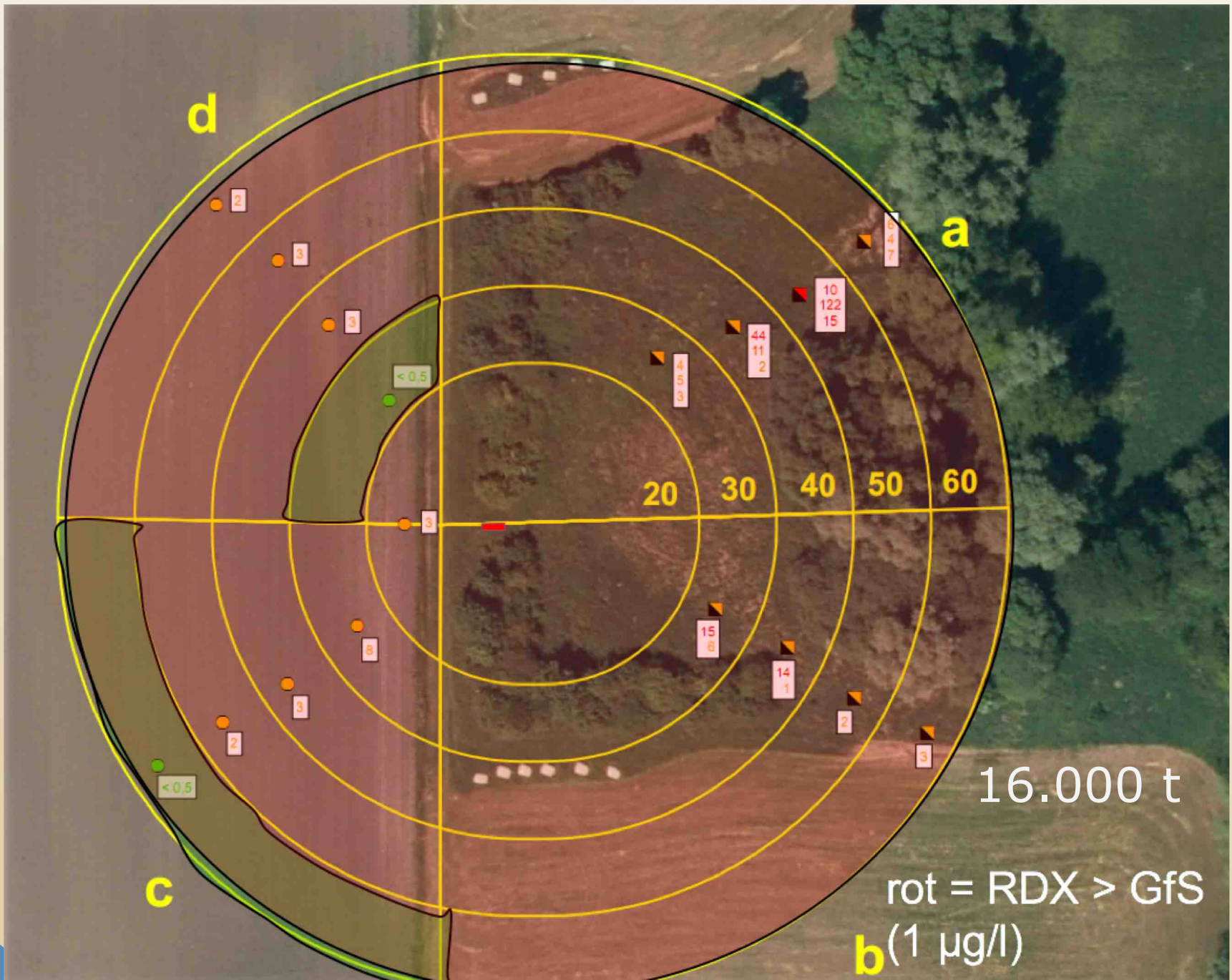
4.537 $\mu\text{g/l}$

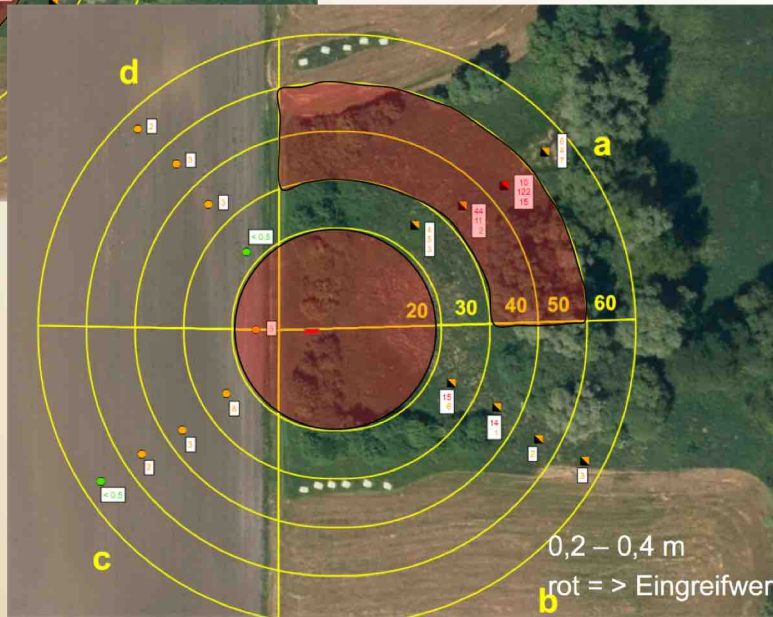
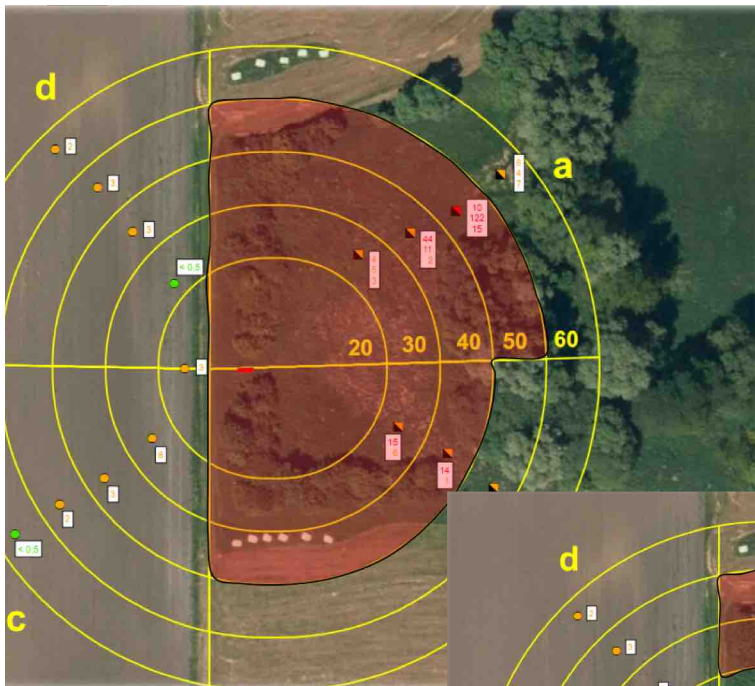


„hinter dem Wall“

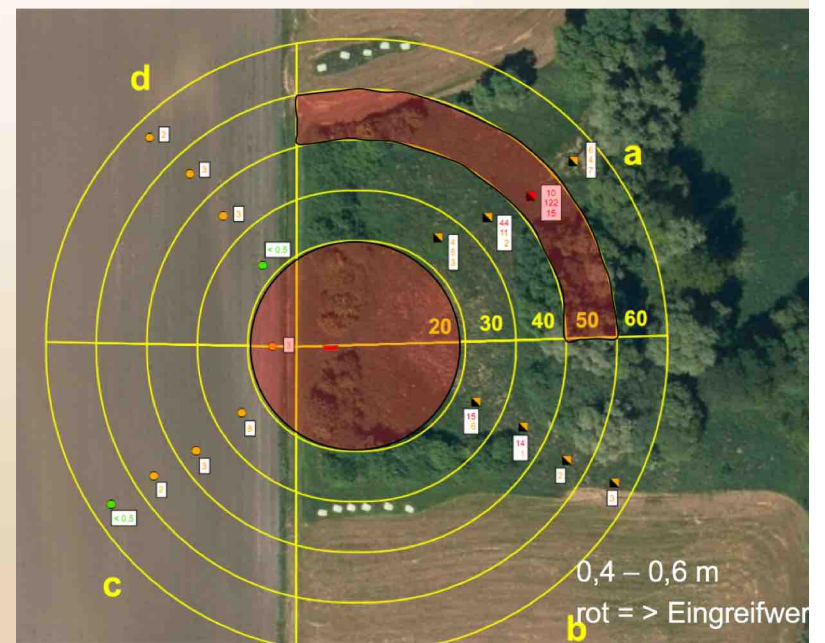
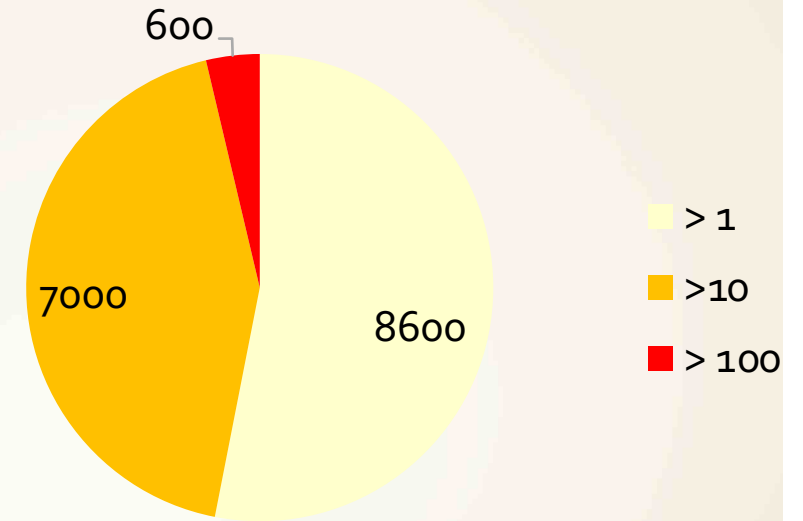
322 µg/l

208 µg/l

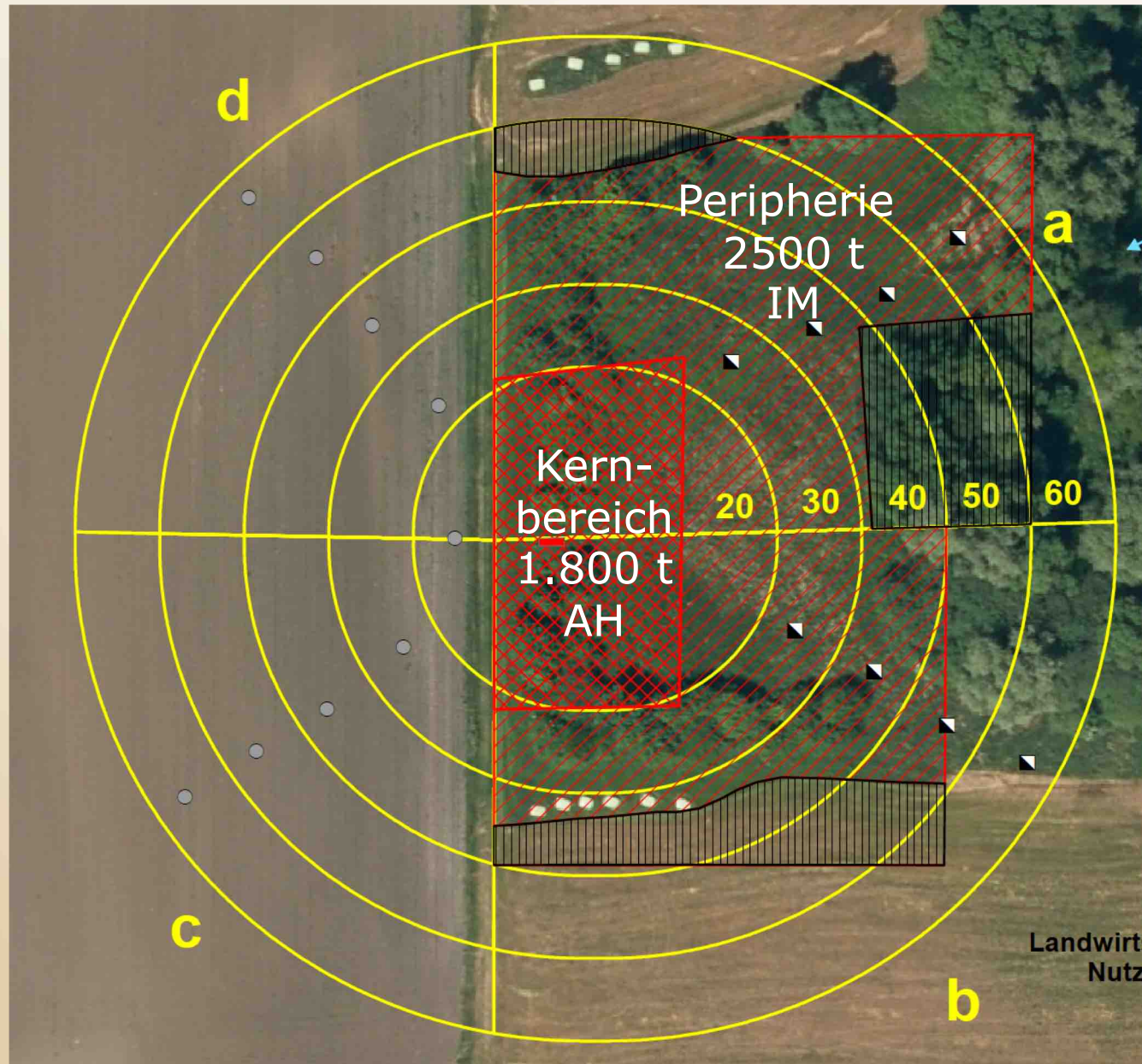




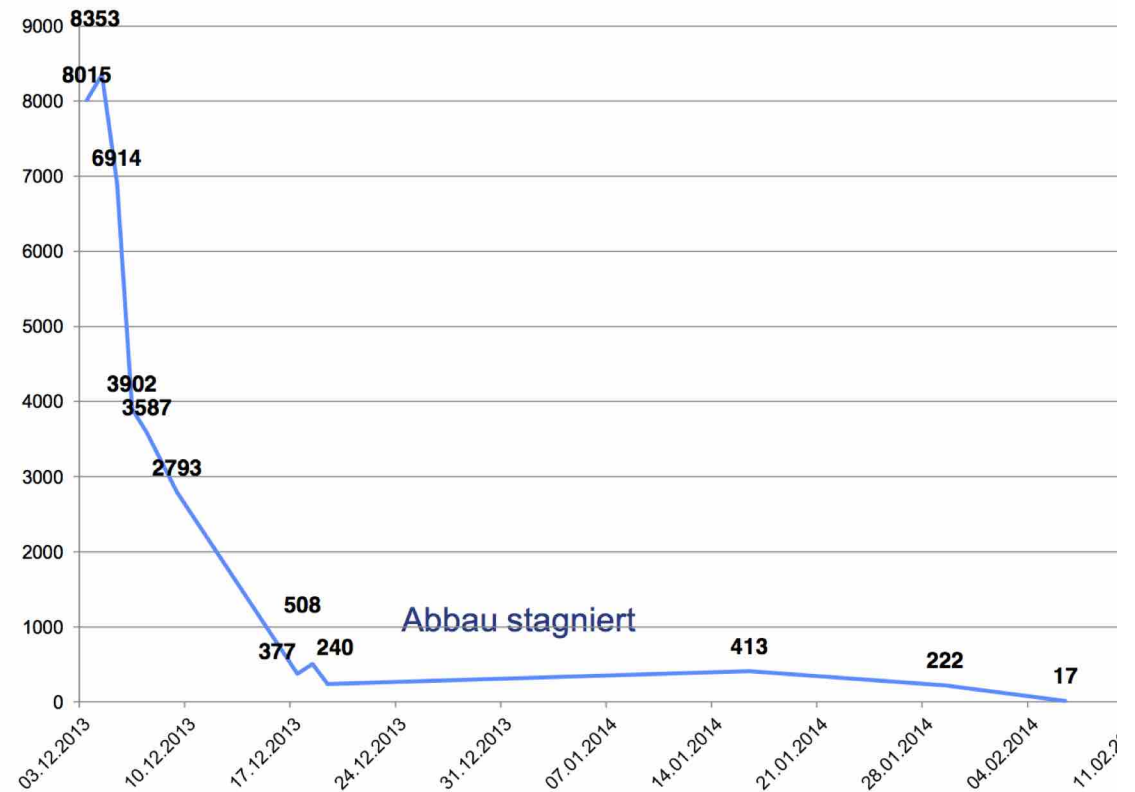
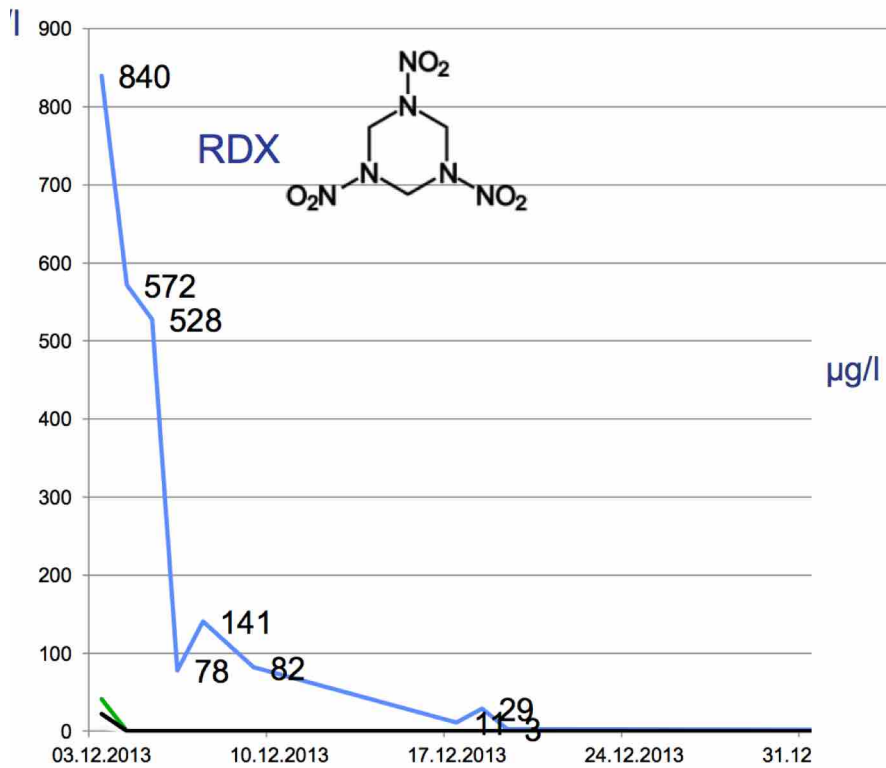
Eingreifwert 10 µg/l
 7.000 t Boden zu sanieren!
 Dep./Therm. 1-1,5 Mio.
 Rückstandsquote ca. 0,5 %



Sanierungskonzept: Kombination aus AH und IM



Vorversuche



Umsetzung



Beckenbau (53 x14 m, 878 m³)



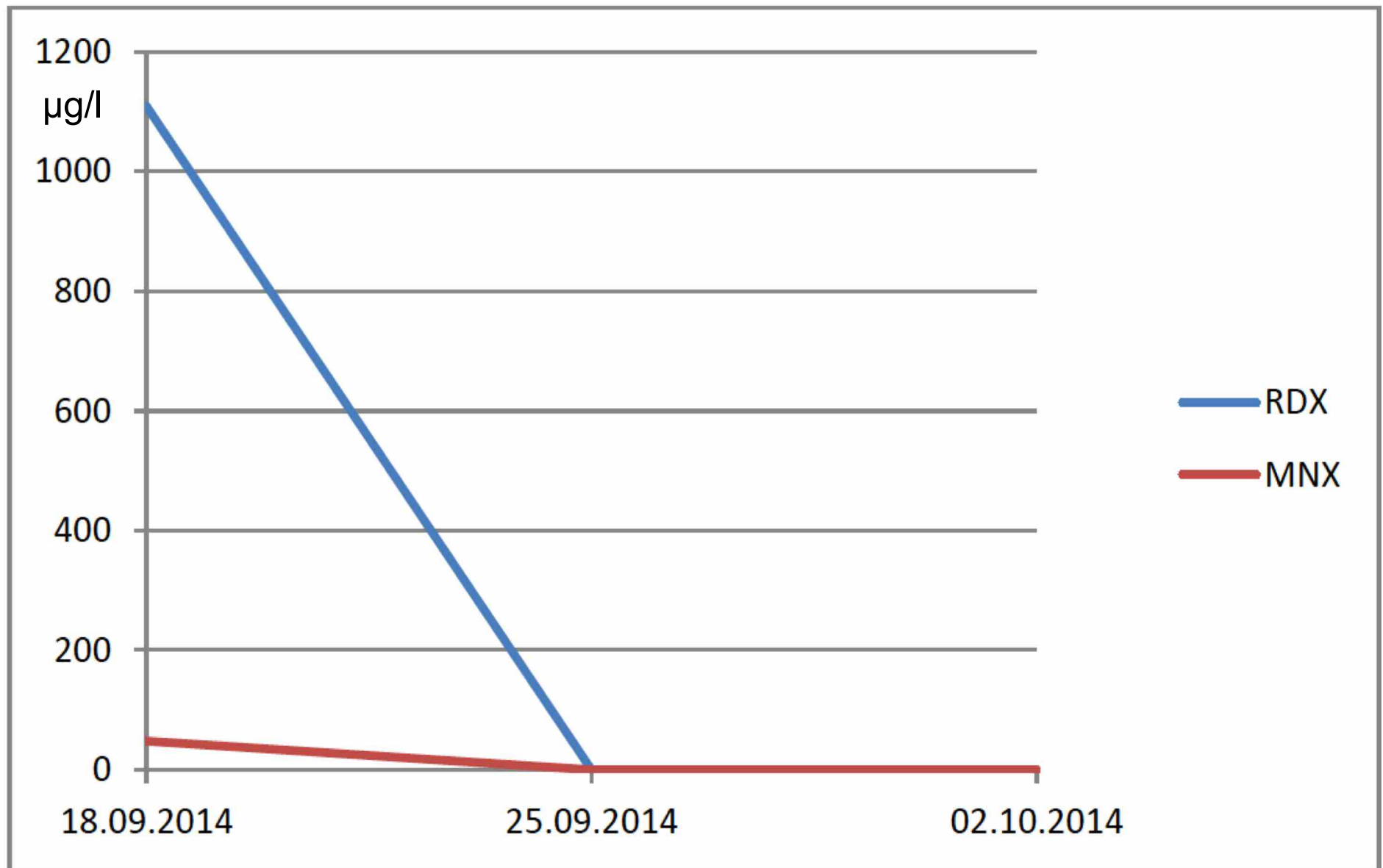
Einfüllen und Zugabe 20 t NaOH



Mischen



Verlauf



Einmischen 2500 t Peripheriematerial (max. 5 µg/l RDX) → pH 11,3



Abschließender Verbau und Überdeckung mit Kompost



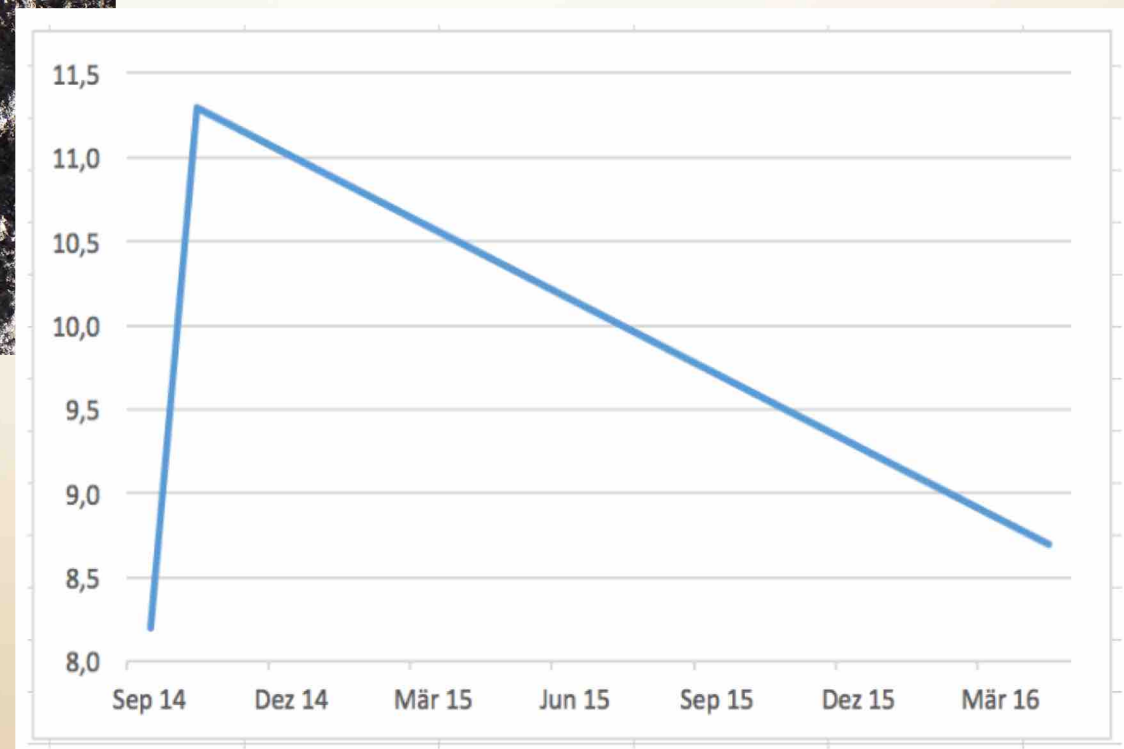
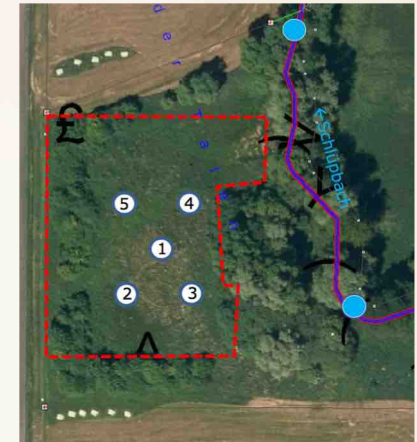
Kompost

Saniertes
Material

Kompost

pH 11,3

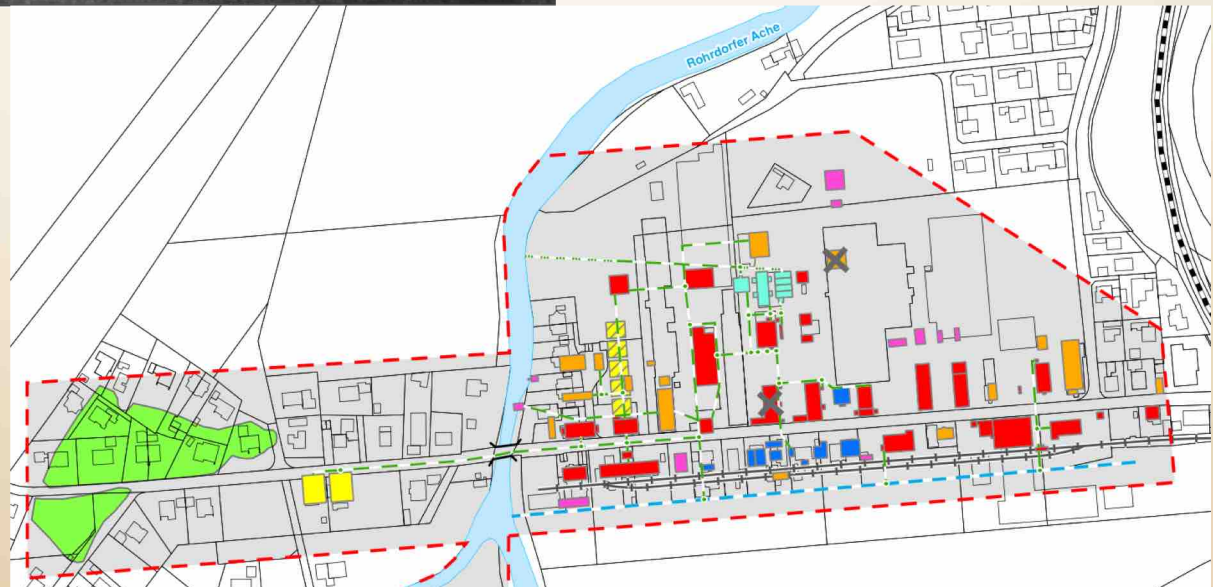
Nachkontrolle pH April 2016



Verbaufläche 2017



Fallbeispiel 2 – Sanierung TNT-belasteter Aushub



Baumaßnahme 2011 im Bereich der Abwasseranlagen



Zwischenlagerung kontaminierter Aushub



TNT/DNT 20 bis 30 g/kg



80 bis 3.500 mg/kg

andienpflichtig bei GSB (> 550 €/t)
Entsorgungskosten 600 TE

Alternativansatz: Entgiftung mit Alkalischer Hydrolyse

verschiedene Vorversuche

P2: unproblematisch; nach 2 Wochen komp. Zerlegung

P1: Zeitbedarf 3 Wochen; jedoch TNP als dead end-Produkt;
könne ausgewaschen und an Kompost sorbiert werden;
Zeitbedarf für Auswaschung unklar

Sanierungsansatz: → P1-Material thermisch verwerten (GSB)

P2: Material: Entgiften mit AH, Vermischen, ggf. Säurezugabe
Einmischen von Kompost, Rückverfüllung















Parameter	23.07.2018	30.07.2018	06.08.2018	07.09.2018	12.09.2018
	Beginn	7 Tage	14 Tage	47 Tage	52 Tage
TNB	3.778	< 20	< 20	Zugabe H ₂ SO ₄ pH 10	Untermischer Kompost Rückverfüllun
DNA	264	< 20	< 20		
TNT	29.800	30	Spur		
ADNT	230	< 20	< 20		
DNT	81	< 20	< 20		
2ADNBS	20.800	< 20	< 20		
4ADNBS	145	< 20	< 20		
TNBS	750	< 20	< 20		
Summe ETV	55.850	30	Spur		

Originalsubstanz [mg/kg] Summe 230 mg/kg
 TNB 9, DNA 1, TNT 221, ADNT 1, DNT 0,6

Kosten ca. 180.000 €



Fazit

- KMR und Bodenschutz nicht voneinander trennbar
- Bearbeitung muss interdisziplinär erfolgen
- bei Sanierung KMR an der Spitze, bodenschutzrechtliche Auflagen andocken
- Umdenken erforderlich, Fachleute fehlen

Umgang mit Haufwerken aus der KMR:

- IM momentan alternativlos; wirkt für STV und PTV sehr gut;
- Langzeiterfahrungen müssen im Zuge der Umsetzung gemacht werden;
- extrem kostengünstig, mit der KMR verzugsfrei kombinierbar

Umgang sonstige Böden:

- AH (TNT, RDX)
- Kombinationsansätze
- Bodenwäsche sollte getestet werden