

# Bodenkontamination und Sprengstoffanalytik

**Dr. Rainer Haas**

Büro für Altlastenerkundung und Umweltforschung, Stadtwaldstr. 45a,  
35037 Marburg

URL: r-haas.de, email: [haasr@gmx.net](mailto:haasr@gmx.net)

# Bodenkontamination

- Produktion und Verarbeitung von Sprengstoffen
- Delaborierung nach 1. und 2. Weltkrieg
- Truppenübungsplätze

# Hauptkontaminanten

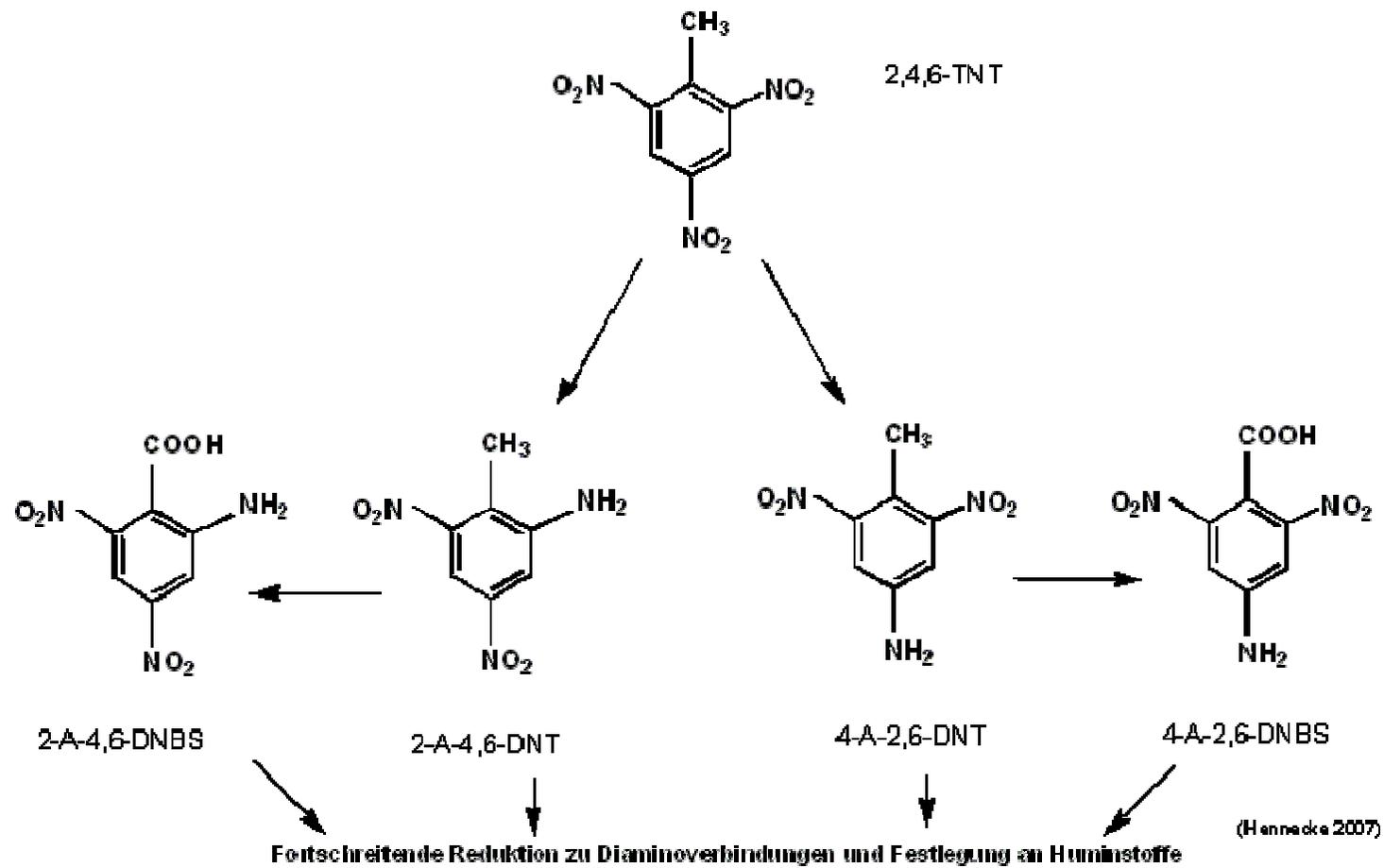
- Zwei Sprengstoffe sind von besonderer Bedeutung:  
2,4,6-Trinitrotoluol (TNT) und Hexogen (RDX)
- beide Sprengstoffe werden chemisch und mikrobiell umgewandelt
- die Umwandlungsprodukte haben z.T. wesentlich andere Eigenschaften als die Ausgangsprodukte

## 2,4,6-Trinitrotoluol

- TNT wird mikrobiell anaerob zu Aminodinitrotoluolen umgewandelt
- TNT und Aminodinitrotoluole können an Tonminerale und Humus binden
- TNT wird mikrobiell aerob zu Trinitrobenzoesäure umgewandelt

## 2,4,6-Trinitrotoluol

- Trinitrobenzoesäure decarboxiliert zu Trinitrobenzol
- Aminodinitrotoluole werden mikrobiell aerob zu Aminodinitro-benzoesäuren umgewandelt
- Die Nitrobenzoesäuren sind mobiler als TNT



# Hexogen (RDX)

- RDX ist im Boden sehr mobil
- bereits Bodenkontaminationen im  $\mu\text{g/l}$ -Bereich können Grundwasserkontaminationen im  $\mu\text{g/l}$ -Bereich verursachen
- RDX wird mikrobiell anaerob zu Mononitroso-Hexogen (MNX) umgewandelt
- nach Ringspaltung entstehen Formaldehyd und Hydrazine, die analytisch nur schwer bestimmbar sind

# Analytik, Stoffliste

## 1) Hexogen-Gruppe:

**Hexogen (RDX);** Sprengstoff

**Oktogen (HMX);** Produktions-Nebenprodukt und  
Sprengstoff

**Mononitroso-Hexogen (MNX);** wichtigster mikrobieller  
Metabolit

# Analytik, Stoffliste

## 2) TNT-Gruppe:

**2,4,6-Trinitrotoluol (TNT);**

Sprengstoff

**2,4-Dinitrotoluol (2,4-DNT);**

Produktions-

Nebenprodukt

**2,6-Dinitrotoluol (2,6-DNT);**

Produktions-

Nebenprodukt

# Analytik, Stoffliste

## 2) TNT-Gruppe

**2-Amino-4,6-Dinitrotoluol;**

mikrobieller Metabolit

**4-Amino-2,6-dinitrotoluol;**

mikrobieller Metabolit

**1,3,5-Trinitrobenzol;**

mikrobieller Metabolit,  
aus 2,4,6-Trinitrobenzoesäure

# Analytik, Stoffliste

## Polare Nitroverbindungen:

<b>2,4,6-Trinitrobenzoesäure;</b>	mikrobieller Metabolit
<b>2-Amino-4,6-dinitrobenzoesäure;</b>	mikrobieller Metabolit
<b>4-Amino-2,6-dinitrobenzoesäure;</b>	mikrobieller Metabolit

# Analytik, Stoffliste

## Polare Nitroverbindungen:

**2,4-Dinitrobenzoesäure;** mikrobieller Metabolit

**2,4-Dinitrotoluolsulfonsäure(3);** mikrobieller Metabolit  
**bzw.**

**Produktionsnebenprodukt**

**2,4-Dinitrotoluolsulfonsäure(5);** mikrobieller Metabolit  
**bzw. Produktionsnebenprodukt**

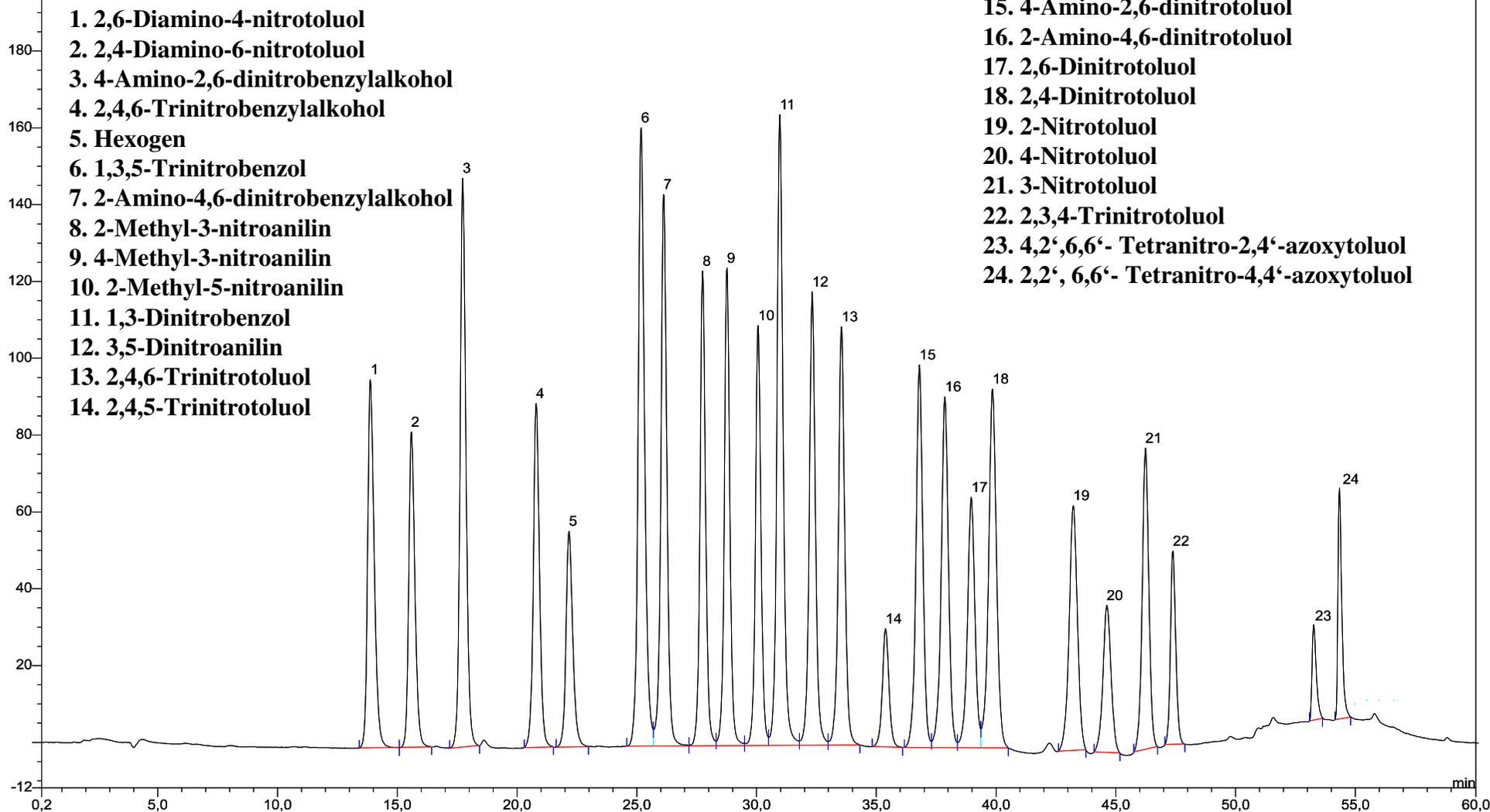
# **Analytik, Methoden (1)**

- **Analysenmethode:**

HPLC mit Diodenarraydetektion, 2 analytische Läufe

- **Aufbereitung von Bodenproben:**

wässriges Eluat ist notwendig, um Bestimmungsgrenzen im  $\mu\text{g/l}$ -Bereich zu erreichen!



- 1. 2,6-Diamino-4-nitrotoluol
- 2. 2,4-Diamino-6-nitrotoluol
- 3. 4-Amino-2,6-dinitrobenzylalkohol
- 4. 2,4,6-Trinitrobenzylalkohol
- 5. Hexogen
- 6. 1,3,5-Trinitrobenzol
- 7. 2-Amino-4,6-dinitrobenzylalkohol
- 8. 2-Methyl-3-nitroanilin
- 9. 4-Methyl-3-nitroanilin
- 10. 2-Methyl-5-nitroanilin
- 11. 1,3-Dinitrobenzol
- 12. 3,5-Dinitroanilin
- 13. 2,4,6-Trinitrotoluol
- 14. 2,4,5-Trinitrotoluol

- 15. 4-Amino-2,6-dinitrotoluol
- 16. 2-Amino-4,6-dinitrotoluol
- 17. 2,6-Dinitrotoluol
- 18. 2,4-Dinitrotoluol
- 19. 2-Nitrotoluol
- 20. 4-Nitrotoluol
- 21. 3-Nitrotoluol
- 22. 2,3,4-Trinitrotoluol
- 23. 4,2',6,6'- Tetranitro-2,4'-azoxytoluol
- 24. 2,2', 6,6'- Tetranitro-4,4'-azoxytoluol

Säule: Nucleosil 120-3-C18 250x 3 mm

Gradient: 0 min 80% Wasser- 20% Methanol 0,35 ml/min

25 min 45% Wasser- 55% Methanol

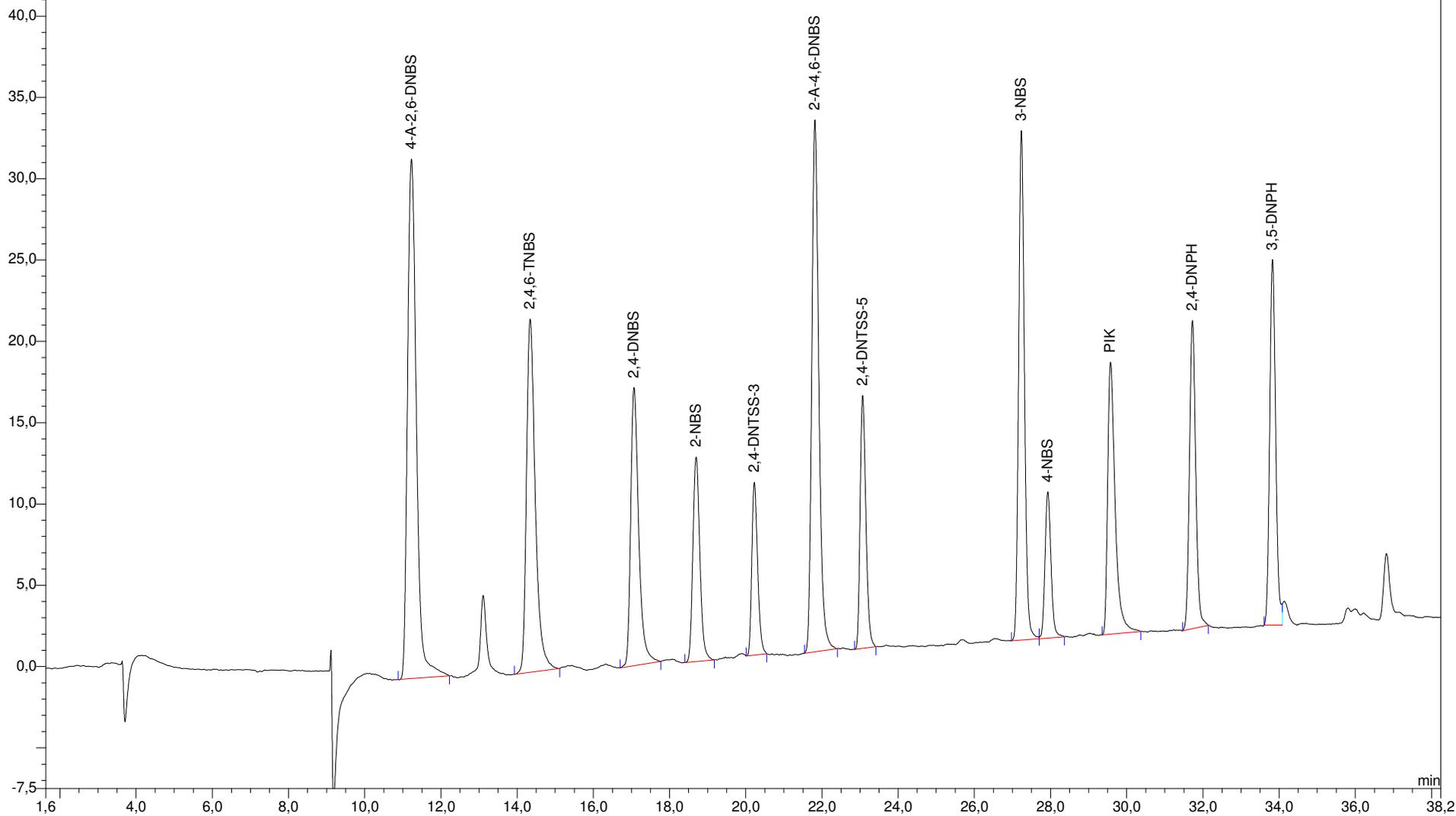
40 min 45% Wasser- 55% Methanol

50 min 0% Wasser-100% Methanol



mAU

WVL:230 nm



## **Analytik, Methoden (2)**

- **Konzentrationsbestimmung im Wasser:**

mittels Schöpf- bzw. Pumpprobe

- **Frachtbestimmung im Wasser:**

mittels zeitintegrierenden Passivsammlern

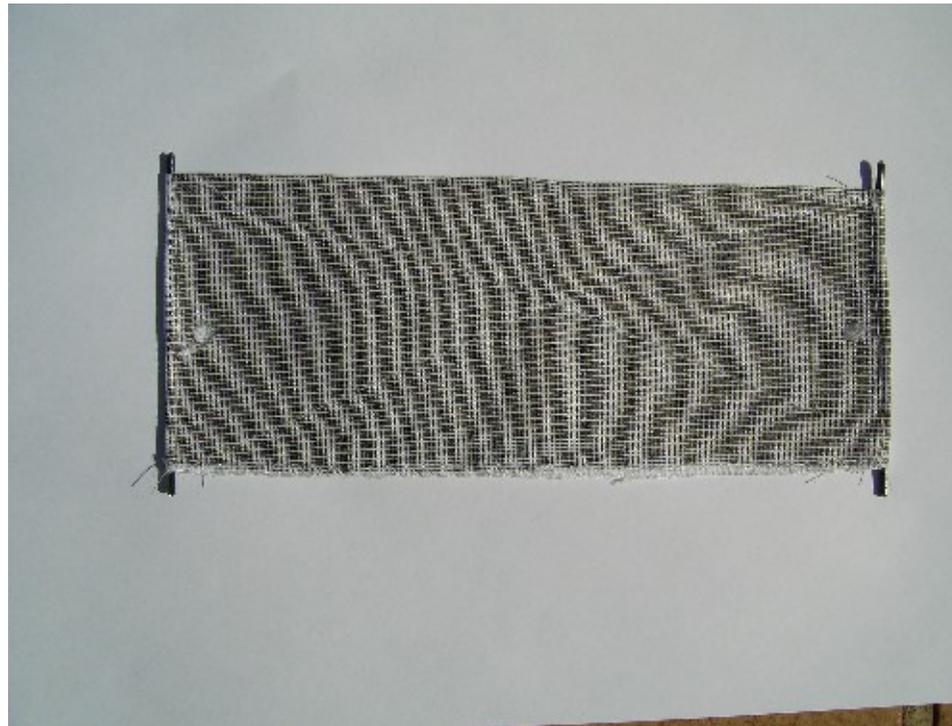
## Verwendete Passivsammler im TV 5

- a) gaiasafe-Passivsammler für Oberflächengewässer  
Einsatz: Monitoring des Oberflächenwasser-Abflusses in der ehemaligen Sprengstofffabrik „Werk Tanne, Clausthal-Zellerfeld



## Verwendete Passivsammler-Systeme im TV 5

- b) gaiasafe-Passivsammler für Grundwasser-Messstellen  
Einsatz: Grundwasser-Monitoring in der ehemaligen  
DAG-Sprengstofffabrik in Stadtallendorf



## **Beispiel Muna Schimmerwald**

Oberflächenwasser-Monitoring

Zeitraum 11/04 bis 12/05; zweimonatliches Monitoring

Auftraggeber: Landkreis Goslar

### **Ergebnisse:**

-sehr geringe Emissionen von TNT und Abbauprodukten  
in einigen Beprobungen detektiert

**-nur nachweisbar aufgrund kumulativer Anreicherung  
(nicht in Wasserproben)**

## **Beispiel Munitionsfabrik in Albanien**

Grund- und Oberflächenwasser-Monitoring

Einmalige Bestückung im Sommer 2006, Kollektionszeit 1 Monat

Auftraggeber: Armasuisse, Schweiz

### **Ergebnisse:**

- Nachweis von TNT und Abbauprodukten, RDX und Phthalaten in Grund- und Oberflächenwasser
- Beschreibung der Haupt-Austragspfade aus der Liegenschaft

## **Beispiel Munitionssprengung in der Ostsee**

Monitoring des Meerwassers mittels Ankerbojen um die Sprengstelle

Einmalige Bestückung im April 2008, Kollektionszeit 1 Woche

Auftraggeber: Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein (LANU)

### **Ergebnisse:**

- Spuren-Nachweis von TNT und Abbauprodukten  
in einzelnen Passivsammlern

**- nur nachweisbar aufgrund kumulativer Anreicherung**