AUTOMOTIVE

INFOKOM

MOBILITÄT, ENERGIE & UMWELT

LUFTFAHRT

RAUMFAHRT

VERTEIDIGUNG & SICHERHEIT

Immobilisierung von explosivstofftypischen Kontaminationen in Böden

Praxisbeispiel: Kampfmittelbeseitigungsmaßnahme Muna Lenglern im Landkreis Göttingen

Guido Hingst, IABG, Niederlassung Berlin

Hannover, Niedersächsisches Bodenschutzforum, 12.11.2019

Inhalt

1. **Wo liegt das Problem?**

2. **Methodischer Lösungsansatz**
   a. **Gefahreneinschätzung mittels Eluatanalysen (Wanneneluate)**
   b. **Sicherung der STV- Fracht im Sicker- bzw. Oberflächenwasser mittels Kompost**
   c. **Sicherungskonzept und Sanierungsplan nach § 13 BBodSchG**

3. **Modellstandort Munitionsanstalt (Muna) / Sprengplatz Lenglern (LK Göttingen)**
   a. **Durchführung der Maßnahme**
   b. **Voruntersuchungen**
   c. **Sicherungskonzept**
   d. **Umsetzung der Maßnahme**
   e. **Nachsorge und Monitoring**

4. **Ergebnisse/ Fazit/ Ausblick**

Problemstellung

- > 3000 Rüstungsaltlast-Verdachtsstandorte (Marose/Thieme, 2000)
- Gefahrensituation
  - direkte Gefährdung: Kampfmittel / Blindgänger
    → Kampfmittelräumung
  - stoffliche Belastungen durch explosivstofftypische Verbindungen (ETV)
    → Gefährdung über die Expositionspfade Boden - Mensch/ Boden - Grundwasser
    → Sanierungsmaßnahmen nach Bodenschutzrecht
- zunehmende Labilität der Kampfmittel aus dem 2. Weltkrieg
  → dadurch Erhöhung der Bedeutung der Kampfmittelräumung
  - händische Suche
  - Volumenräumung

→ Entstehung großer Bodenvolumina

→ Mobilisierung von Schadstoffen

Fotos: IABG, Röhll Kampfmittelbergung

Lösungsansätze

Vorgehensweise in der Vergangenheit:

- zum Teil → Wiedereinbau ohne abfallrechtliche Deklaration

  (§ 2 Abs. 2 Nr. 7 KrW-/AbfG gelten die Vorschriften dieses Gesetzes nicht für ... *„das Aufsuchen, Bergen, Befördern, Lagern, Behandeln von Kampfmitteln.“*)
  → Wiedereinbau

Vorgehensweise heute:

- untergesetzliche Regelwerke, Erlasse (Sieberlass):
  - abfallrechtliche Deklaration zuzgl. sprengstofftypischer Verbindungen

- **Problem 1: Entsorgung von Böden aus KMR- Maßnahmen**
  - Mengenproblem
  - Bindung von Deponieraum/ Sinnhaftigkeit

- **Problem 2: Grenzen der Analytik und Probenahme**
  - adäquate Erfassung der Belastung
  - häufige Ursache der Belastungen → **Sprengungen**
  - Vorliegen von STV im Boden in partikulärer Form

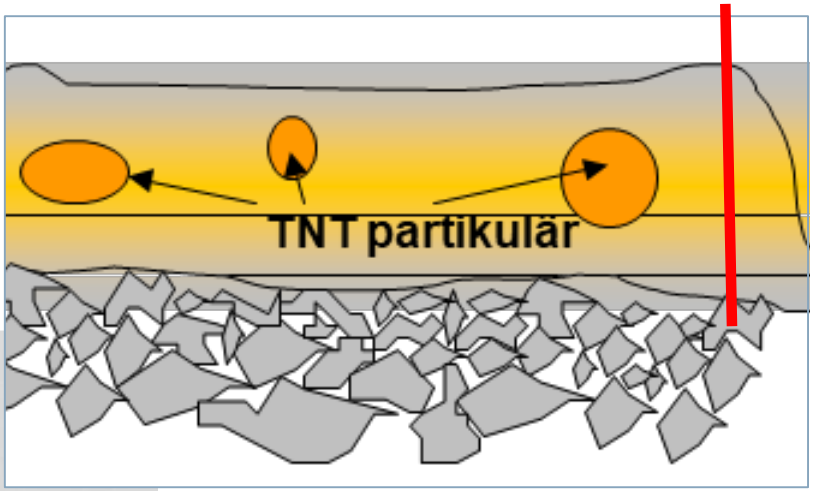
 © IABG 2017

Methodische Grundlagen – adäquate Erfassung der ETV- Belastung

- Hauptquelle der STV im Boden → **Sprengungen**
  → Vorliegen von STV im Boden in partikulärer Form

KRB

- Probenahmeverfahren Feststoff- Analytik:
  → 1l Braunglas, KRB, Schürfe
  → Laborprobe auf ETV: 10 g, Methanolextrakt
- Zufallsfaktor aufgrund Partikelerfassung:
  - A: nicht ausreichende Detektion der ETV
  - B: sehr hohe Gehalte

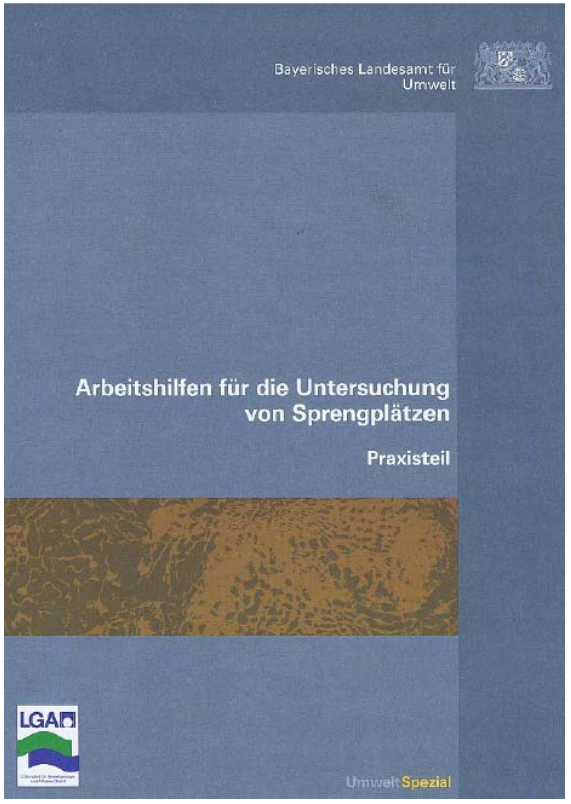


Fotos: LfU Bayern, National Archives, IABG

 © IABG 2017

Lösungsansatz Problem 2: adäquates Probenahme/ Aufschlussverfahren

- Voruntersuchungen → angepasstes Analytikspektrum explosivstofftypischer Verbindungen
- angepasstes Probenahmeverfahren → **Baggerschürfe**
- angepasste Probemenge zur Erfassung von Sprengstoffpartikeln → **5-20 kg**
- angepasste Untersuchungsmethode → **Wanneneluat**



→ Gefahrenbeurteilung und Sicherung vor Ort (Sanierungsplan §13 BBodSchG)

- Ergebnisse von Wanneneluatuntersuchungen des Bodens aus KMR - Maßnahmen
  - Gehalte an ETV im Bereich zwischen **nn und >1000fach** Geringfügigkeitsschwelle (GFS)
  - i.d.R. ETV- Gehalte im Bereich der **GFS bis 100fach** GFS
  - Hauptbelastung in kampfmittelbelasteten Bodenbereichen
    → 0-50 cm u. GOK und im Auswurfbereich der Trichter
  - Mobilisierung / Erhöhung der ETV - Belastung durch die Räummaßnahme (händisch oder sog. maschinelle Volumenräumung)
  - **Gefährdung für das Grund- und Oberflächenwasser** liegt i.d.R. vor (bei Wiedereinbau)
    → Sanierungs-/ Sicherungsmaßnahmen erforderlich

Lösungsansatz Problem 1: Mengenproblem - Kostenproblem

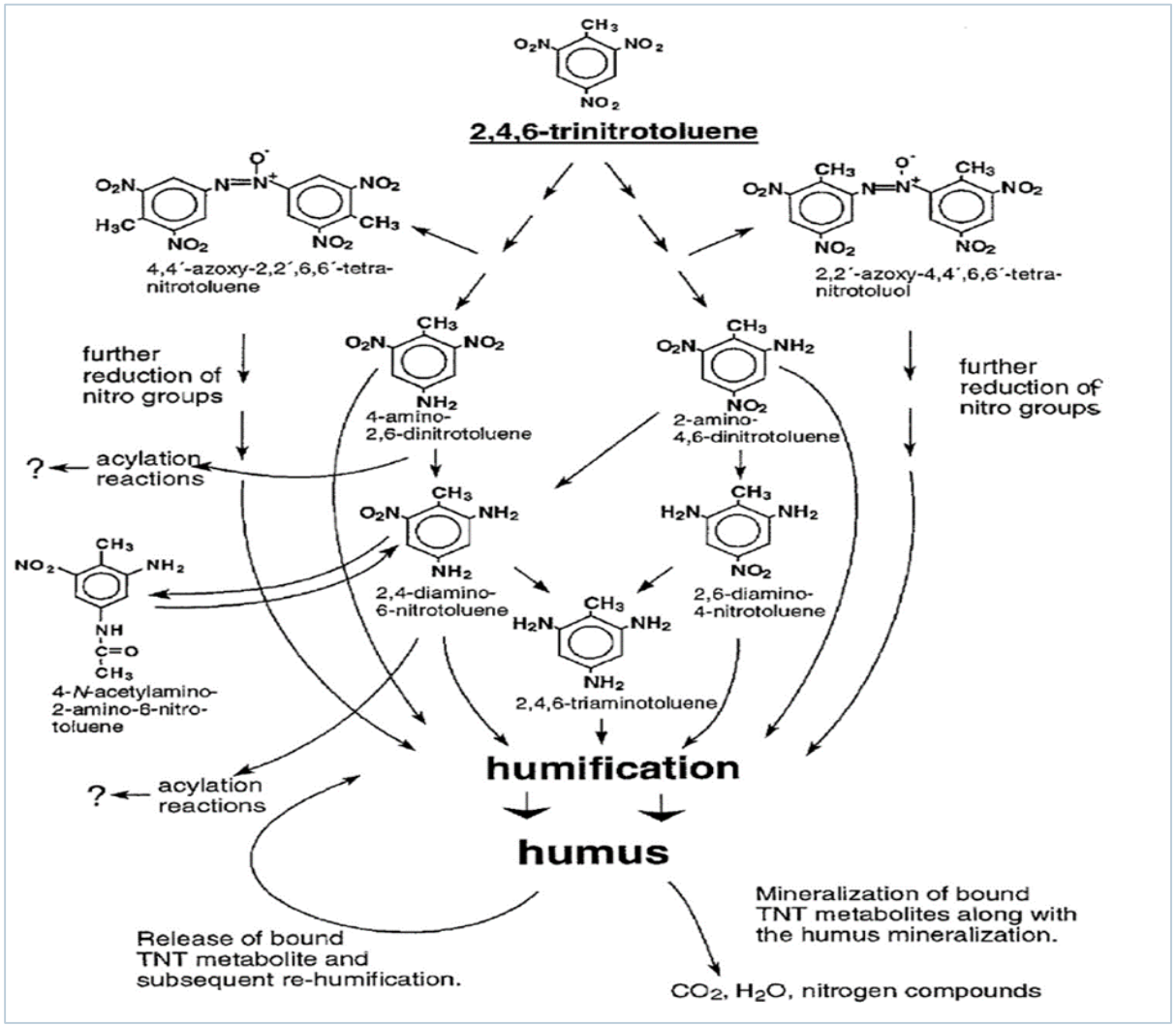
- Entsorgung aufgrund der großen Bodenmengen nicht möglich bzw. sinnvoll

- **Voraussetzung: Aufstellung eines Sanierungsplanes** einschließlich Verbindlichkeitserklärung nach §13 BBodSchG

- **Verfahren: Sicherungsmaßnahme durch Immobilisierung der ETV im Sickerwasser mittels organischen Beimengungen z.B. Kompost**

 © IABG 2017

Sicherungskonzept → Wirkprinzip der Immobilisierung



Quelle: Bruns- Nagel et. al., 2000

N_{15} – Markierung und Elution mit verschiedenen Eluenten

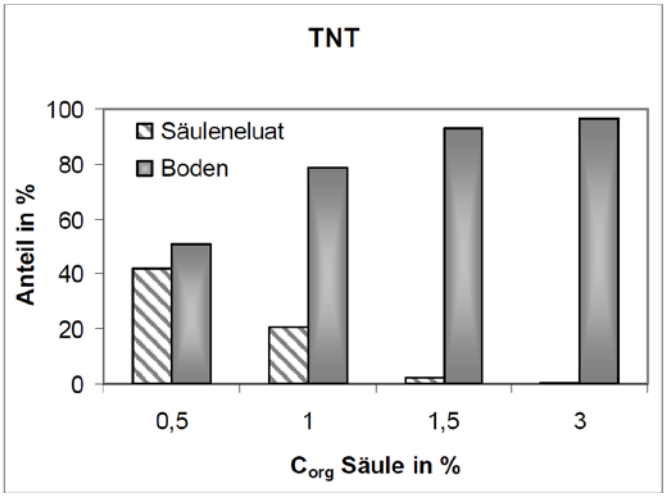
Humifizierung = irreversibler Prozess !

Dauerhafte Immobilisierung

Immobilisierung – Literaturdaten und Anforderungen Kompost

Randbedingungen

- partiell anaerobe Bereiche erforderlich (ADNT- Bildung)
- Immobilisierung - TOC- abhängig
  - 0,5% TOC ca. 50% Adsorption
  - 3% TOC >> 90% Adsorption
- KAK- abhängig (Tonminerale)
- Bindung überwiegend an der Humin- und Huminsäure- Fraktion, Bindung an Fulvosäuren schlechter



Quelle: Haderlein et.al., 1996

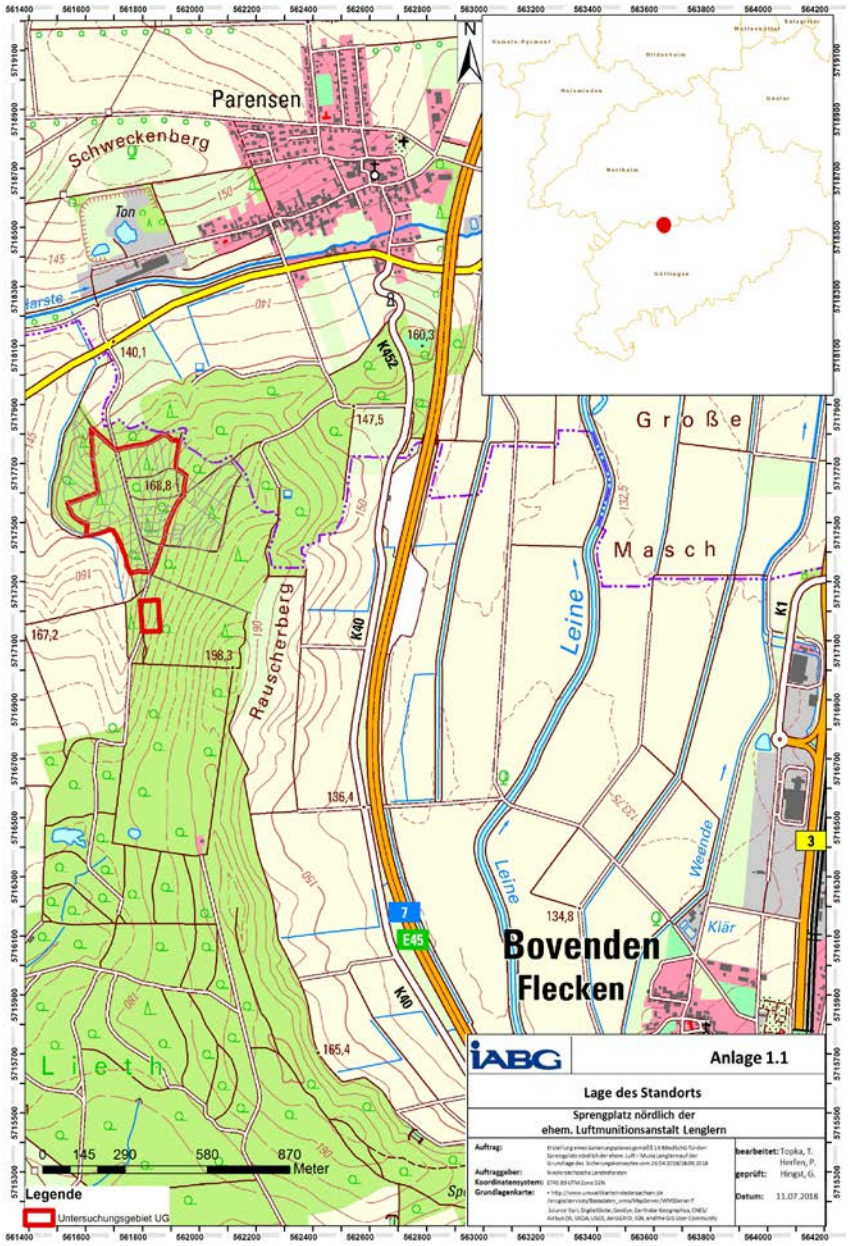
→ **gute Eignung Stauwasser-beeinflusster Standorte**

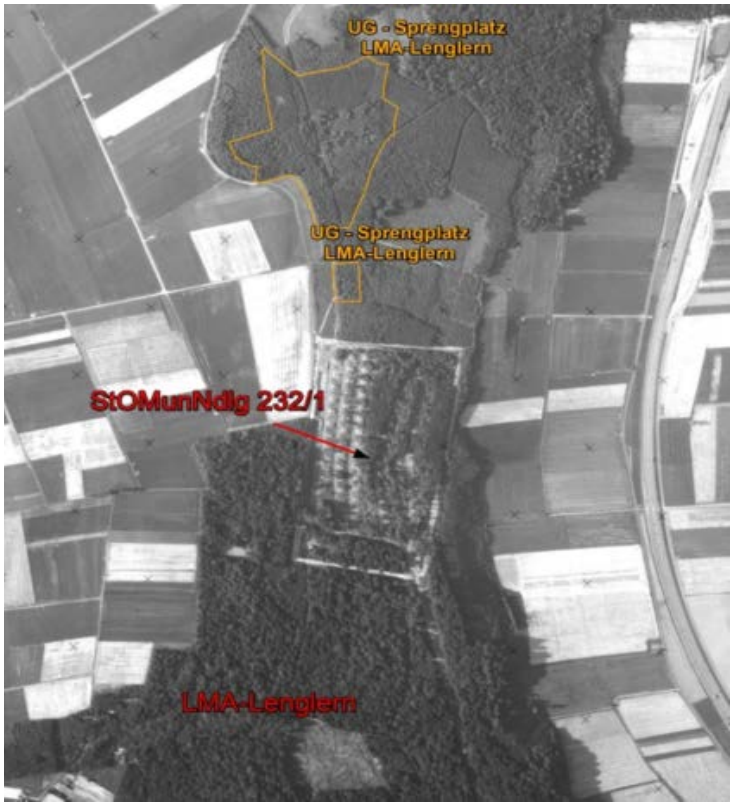
→ **Erhöhung des Organikanteil im Boden erforderlich, z.B. durch Kompost**

Anforderungen an den Kompost:

- Fertigkompost, ausschließlich aus **Grünschnitt** (keine Biotonne)
- **Körnung** 0-15 mm (oder 0-10 mm)
- **ausgereifter Kompost** - Rottegrad IV-V
- **Wassergehalt** max. 50 % der Frischmasse (Wärmebildung)
- Zertifizierung nach RAL GZ 251 oder vergleichbar

Luftmunitionsanstalt Lenglern – allgemeine Daten





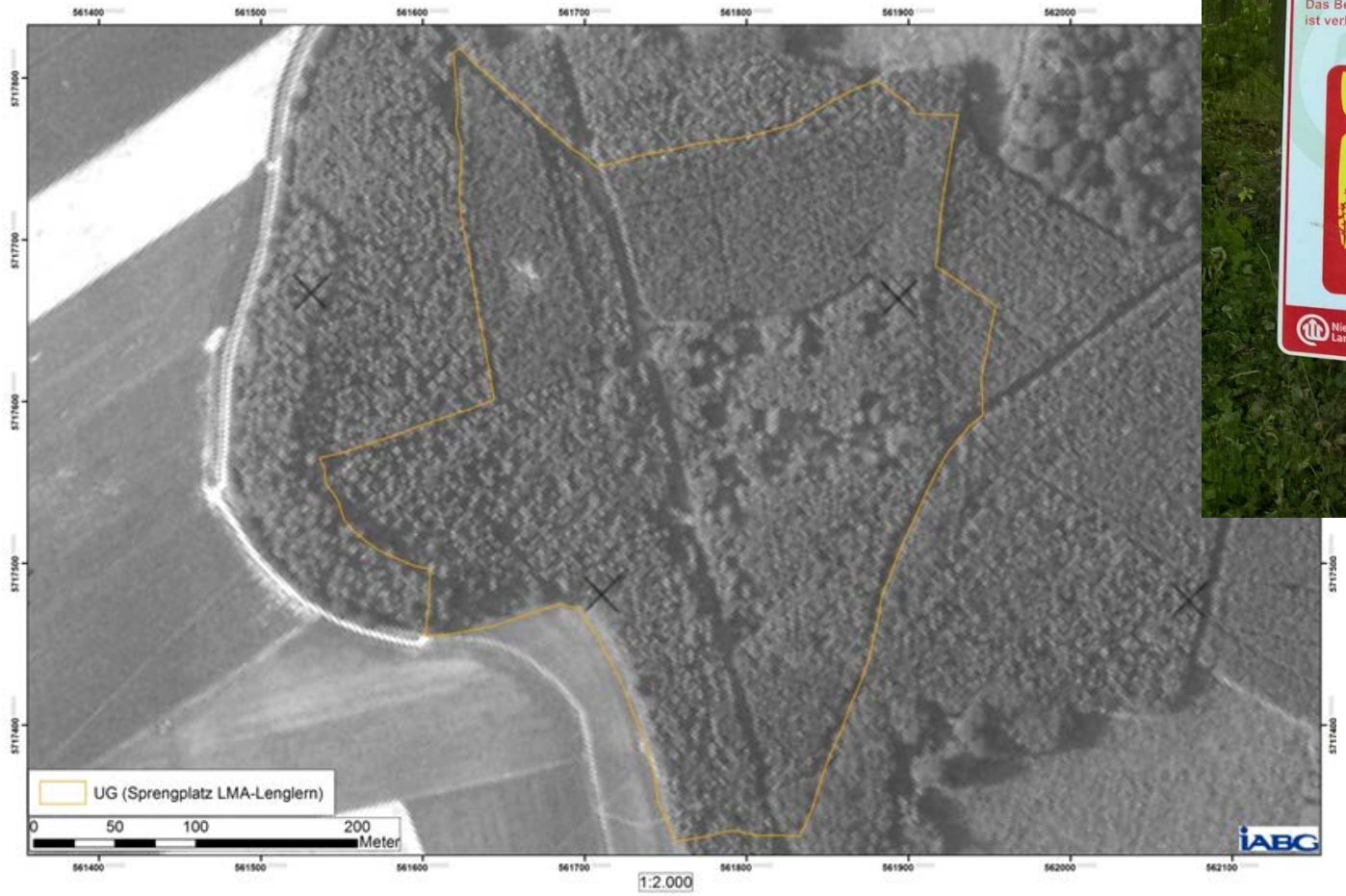
Standorthistorie:

1935-45	Luft- Munitionsanstalt 3/VI Lenglern (Umschlag/ Bezünderung Bomben, Granaten für Flugabwehr)
1944 - 47	Munitionslagerung in der Muna in 115 Bunkern (Luftwaffe: Bordwaffen-, Abwurfmunition)
1945-47	Demilitarisierung durch britische Truppen, Vernichtung der Munitionsbestände
Mitte 50er	Nutzung durch Bundeswehr, Standortmunitions-niederlage
heute	forstwirtschaftliche Nutzung

Nutzung/ Luftbildauswertung → Ausgangssituation

Ausgangssituation:

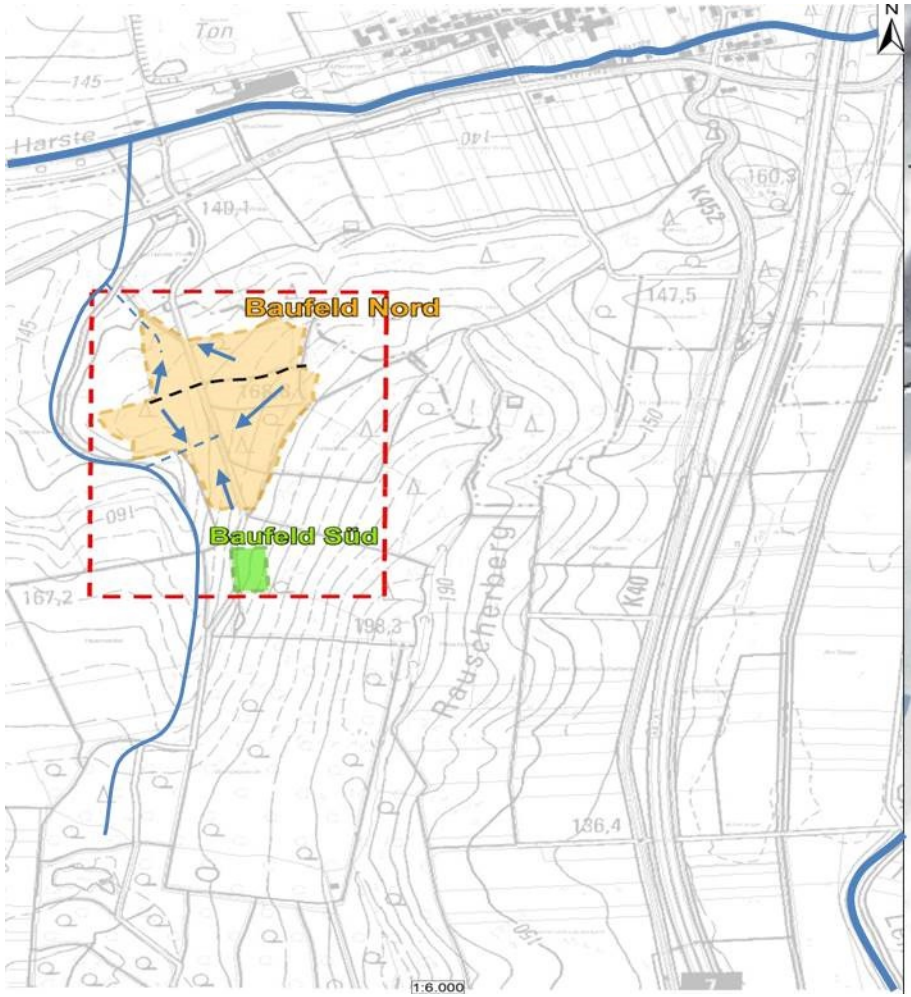
- hochwertige Laubwälder im Umfeld, Erholungsnutzung
- forstwirtschaftliche Nutzung nur eingeschränkt möglich
- KMR- Maßnahme zur Wiederherstellung einer Nutzung
  - keine Gefährdungsabschätzung gemäß BBodSchG
  - erhöhte Eluatgehalte in den Böden aus der Massenräumung

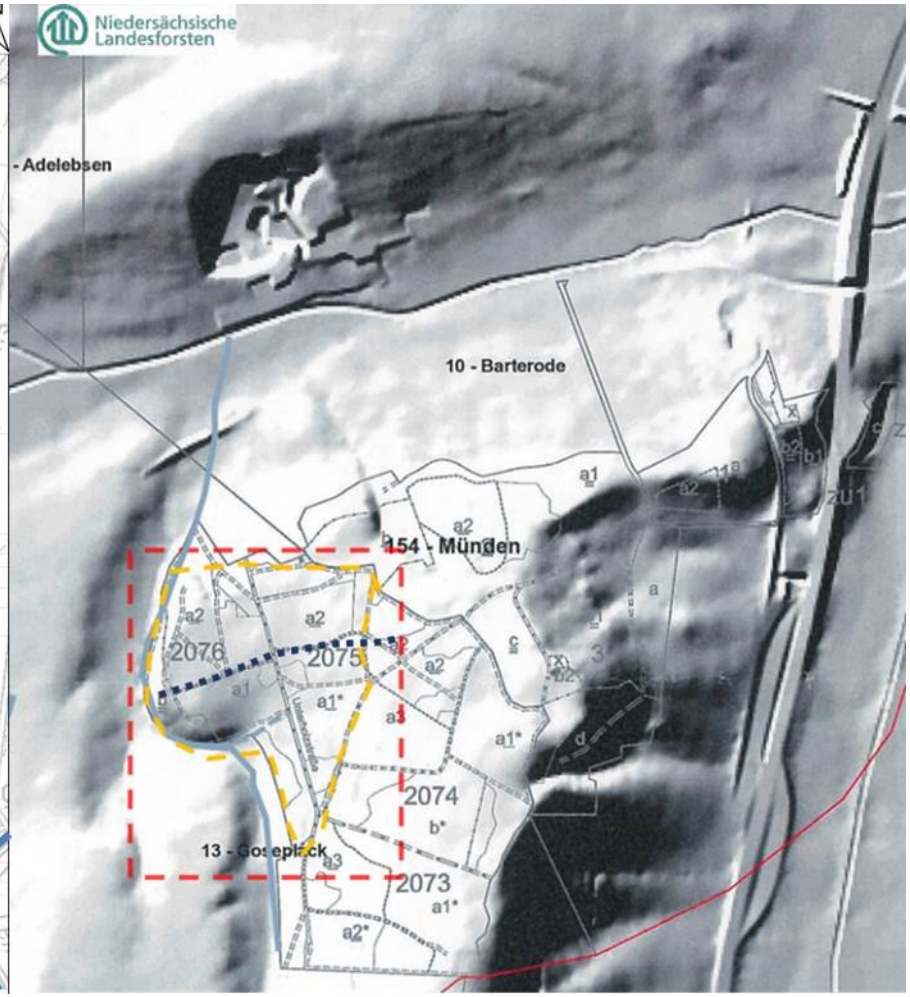


Gefahrenbetrachtung: Lage + Geomorphologie

- Leinetal, Höhenzug Lieth
- Fläche: ca. 12,1 ha

Keuper: Tone, Schluffe, Tonstein





- **Niederschlag 2010-2017:** 514-778 mm (635 mm)
  Kf 10^{-8} – 10^{-10} , Versickerung: 150-350 mm/a theoret. Fracht: 150-350 g/a

Gefahrenbetrachtung

→ Pfad Boden- Grundwasser

- **Ort der Probenahme** (GOK - max. 2,5 m u. GOK, Trichter)
  → Gefährdung durch Gehalte an ETV (Wanneneluate: i.d.R. **0 - 100fach GFS**, in Einzelfällen darüber)
- **Ort der Beurteilung** (OdB, ca. 12 m u. GOK)
  - Reduktion der ETV-Konzentrationen bis zum OdB, aufgrund der lokalen Bedingungen:
    - günstige geologische Bedingungen (schlechte Versickerung, gute Sorptionsfähigkeit, Ton, Schluff, Tonstein)
    - hoher Flurabstand (min. ca. 12 m)
    - kompakte Ausprägung der in Bohrung B1 erbohrten Tonsteine bis ca. 19 m u. GOK (kf > 10^{-10})
  - *geringer Eintrag der oberflächennah festgestellten ETV in das Grundwasser nicht auszuschließen*
- **geringe Gefährdung für das Schutzgut Grundwasser/ Sickerwasser**

→ Pfad Boden- Oberflächenwasser

- geringe Versickerung bedingt entsprechend höhere Oberflächenwasserabflüsse
- Gefährdung für Oberflächenwasser gegeben
  → aber Verweilzeit (photolytischer/ mikrobieller Abbau) gegeben und verlängerbar
- **Oberflächenwasserproben: nur Spuren an ADNT – 0,2 - 4,1 µg/l (1-16fach GFS, Trockenphase)**

Fazit:

- **geringe Gefährdung gegeben → Sicherung (Immobilisierung) erforderlich/ möglich**
- **Gefährdung wird durch die geplanten Sicherungsmaßnahmen vollständig ausgeräumt**
- **Erstellung Sicherungskonzept und Sanierungsplan gemäß §13 BBodSchG**

Sicherungskonzept: Kampfmittelbeseitigungsmaßnahme

→ **in Zusammenarbeit IBH (A. Schwendner) / IABG**

Konzept:

- Sicherungsmaßnahmen mittels Immobilisierung durch Kompost
- schichtweiser Wiedereinbau des Bodens in den beräumten Sprengtrichtern
- Kombination von:
  - Sicherung des vertikalen Sickerwasserstroms in den Trichtern mittels Immobilisierung durch Kompost (sohlig, seitlich und Zwischenlagen), keine Bepflanzung der Trichter
  - Sicherung des horizontalen Abstroms (Oberflächenwasser) mittels
    - offener Gräben (Retention, Photolyse, mikrobiologischer Abbau)
    - Immobilisierung (kompostgefüllte Gräben, „Rigolen“)
    - ergänzende Rückhaltekapazitäten, Wetlands und Teiche
  - Sickerwasserminimierung (rezeptive Gehölzarten, Ableitungsgräben)

Einzelfallentscheidung: Voraussetzungen/ Rahmenbedingungen:

- sehr **geringe Versickerung**
- resp. Austrag über das Oberflächenwasser temporär möglich
- Schadstoffminderungsversuche mit **verfügbarem Kompost** positiv

→ d.h. Eignung der relevanten ETV des Sprengplatzes

(**ETV- Spektrum** Lenglern: überwiegend TNT, ADNT, vereinzelt Spuren an RDX)

Erstellung Sanierungsplan §13 BBodSchG – Verbindlichkeitserklärung

IABG-Auftrag: K-8133:01

Sanierungsplan gemäß §13 BBodSchG
für den Sprengplatz nördlich der ehem. Luftmunitionsanstalt Lenglern

im Auftrag der

Niedersächsischen Landesforsten
Betriebsleitung, Liegenschaften / Immobilien

IABG

Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH

Friedrichstraße 185
10117 Berlin

Berlin, den 17.07.2018

Projektleiter / Projektbearbeiter:
Guido Hingst
Telefon: 030/293991-21
Telefax: 030/293991-44
Email: hingst@iabg.de

Projektbearbeiter:
Jörg Uhde
Telefon: 030/293991-29
Telefax: 030/293991-44
Email: uhde@iabg.de

Sanierungsziele:

- < GFS
  - im Grundwasser
  - Oberflächenwasser (abstromig)
- < 10fach GFS
  - Trichter
  - Ausfluss Sanierungsanlagen Oberflächenwassersicherung

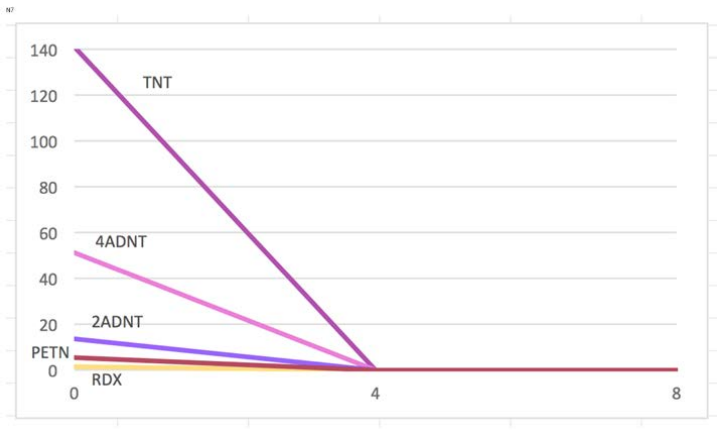
Projektbeteiligte

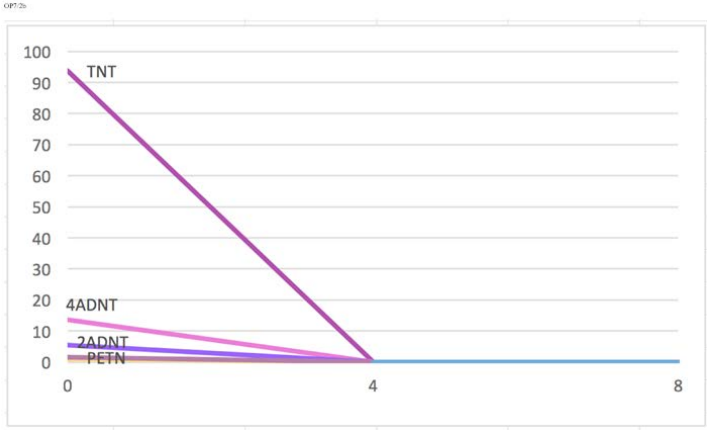
AG/ Sanierungspflichtiger:	Niedersächsische Landesforsten
zuständige Behörde:	uBB des Landkreises Göttingen
fachliche Beratung:	MU / LBEG
Sanierungsplan/ -begleitung:	IABG Berlin / IBH Weimar
AG für KMR- Maßnahme:	BImA, SB-SN, KBD Niedersachsen
Kampfmittelräummaßnahme:	MAKS, IB Döring

Meilensteine

- 2017: Vorarbeiten, Beginn der Kampfmittelräumung
- 01- 02/2018: Vorversuche, geologisches Gutachten, Gefährdungsabschätzung, Sanierungsplan
- bis 12/ 2018 Kampfmittelräumung
- 12/ 2018 bis 04/2019: Fertigstellung Sicherungsanlagen
- Seit Anfang 2019 – Nachsorge/ Monitoring

Vorversuche: Ergebnisse der Schadstoffminderungsversuche





Methodik Schadstoffminderungsversuche

- Kompostproben verfügbarer Kompostieranlagen
- Mischprobenherstellung
- 24 h Wanneneluat im Verhältnis 1:1 (30 kg)
- Säulenversuch 3 kg Kompost, 4 l Eluat (Versuchsdauer 15 Tage)
- Reelutionsversuch: (Wasser: 2+9+2 Tage)
- ergänzend Methanolextrakt

Fazit:

- **Verfahren und Kompost gut geeignet**
- **außergewöhnlich schnelle Immobilisierung (4 h)**
- **keine wässrige Reelution (2 Tage, 9 Tage, 2 Tage Standzeit)**
- **Methanolextrakt: ebenfalls negativ**

Wiedereinbaukonzept (ca. 24.000 m³ Boden)

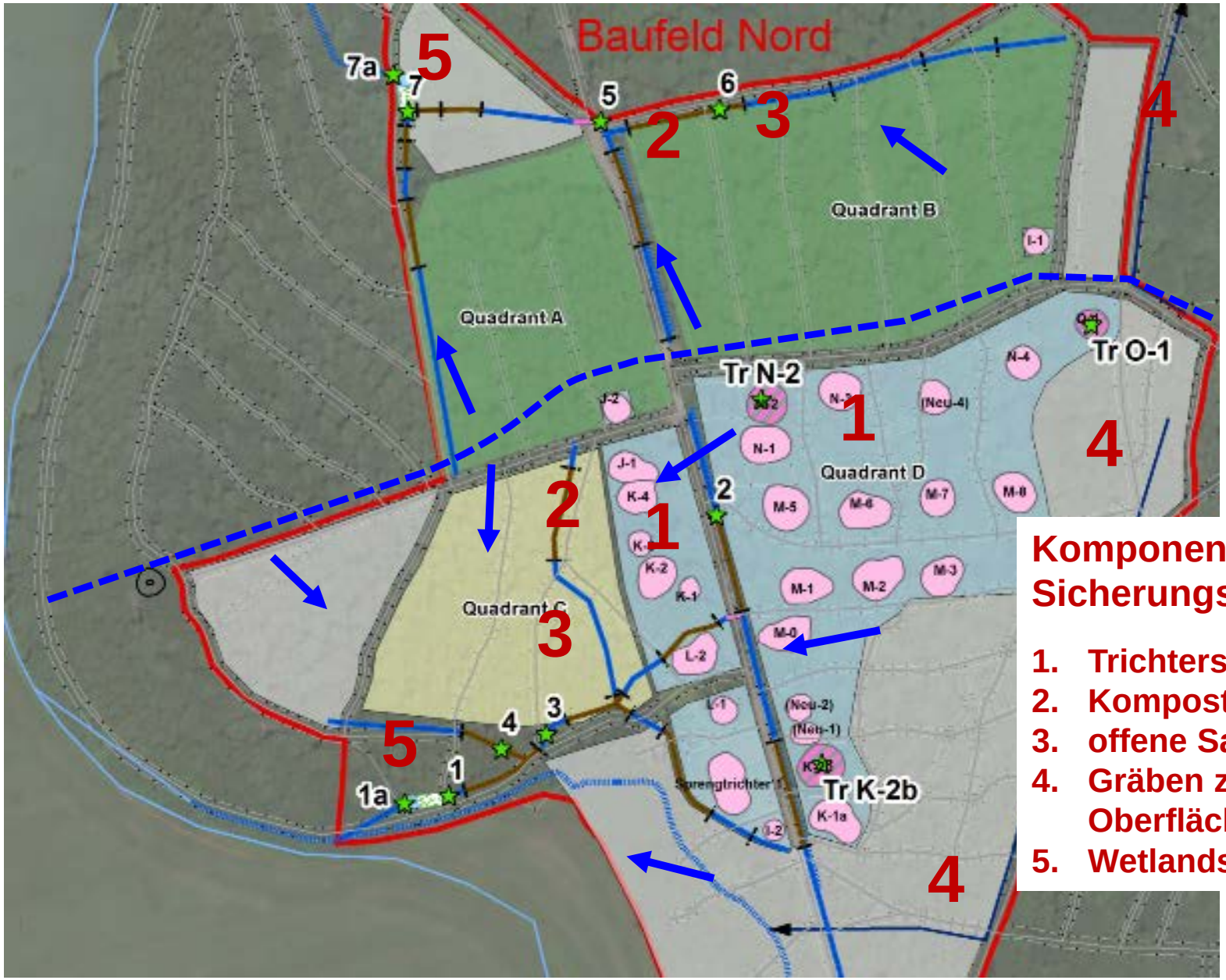
- **Kategorie W (bis 10fach GFS):**
  - Wiedereinbau in der Fläche nach der KM- Freigabe ohne Sickerwassersicherung
  - Sicherung des Oberflächenwassers durch abstromige Kompostrigolen und offene Gräben sowie ergänzende Wetlands / Schönungsteiche

- **Kategorie VW (bis 100fach GFS) → Ermessensentscheidung**
  - wie Kategorie W (bei ausreichenden Kapazitäten Sicherung in den Sprengtrichtern)

- **Kategorie VW* (100-500fach GFS):**
  - Sicherung Sickerwasser und Oberflächenwasser durch Kompost (Immobilisierung)
  - Einbau in den beräumten Trichtern (mit Sohlsicherung und „Sandwich- Lagen“ in einem Abstand von max. 1 m)
  - Sicherung des Oberflächenwasserabstroms durch abstromige Kompostrigolen und offene Gräben und ergänzende Wetlands / Schönungsteiche

- **Kategorie KW:**
  - Entsorgung oder Einbau in den beräumten Trichtern (analog VW*)
    - sofern keine große Mengen (grundsätzlich Beobachtungstrichter)

Räumliche Anordnung und Elemente des Sicherungskonzeptes



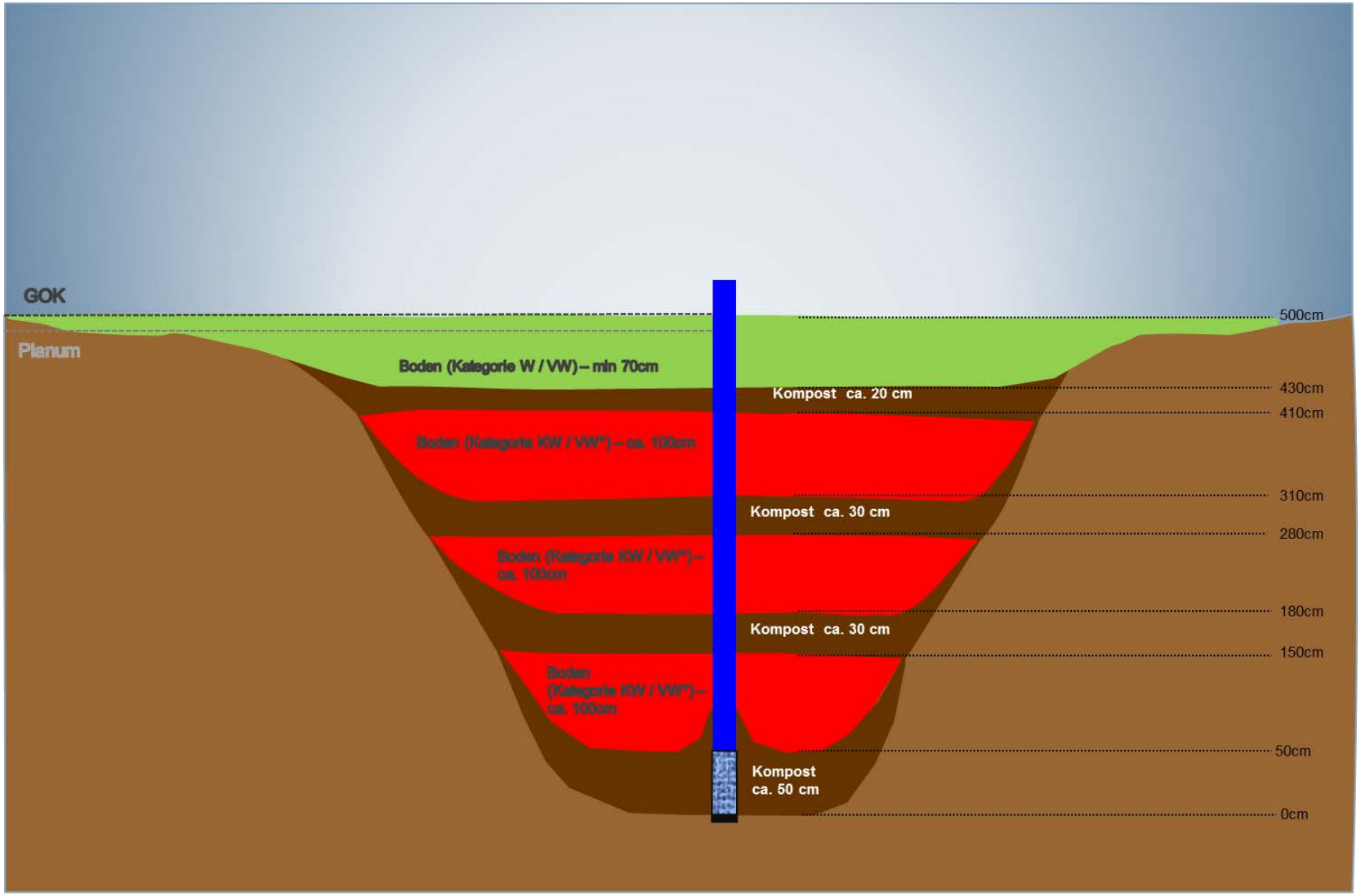
© IABG 2017

Sicherungskonzept - Beräumung der Trichter

© IABG 2017

Sicherungsanlagen

- Sicherungskomponente: Trichter / Sickerwasser



Sicherungsanlagen

- Sicherungskomponente: Trichter / Sickerwasser

Einbau der „Sandwich- Lagen“ in die Trichter

Sicherungsanlagen

- Sicherungskomponente: Trichter / Sickerwasser

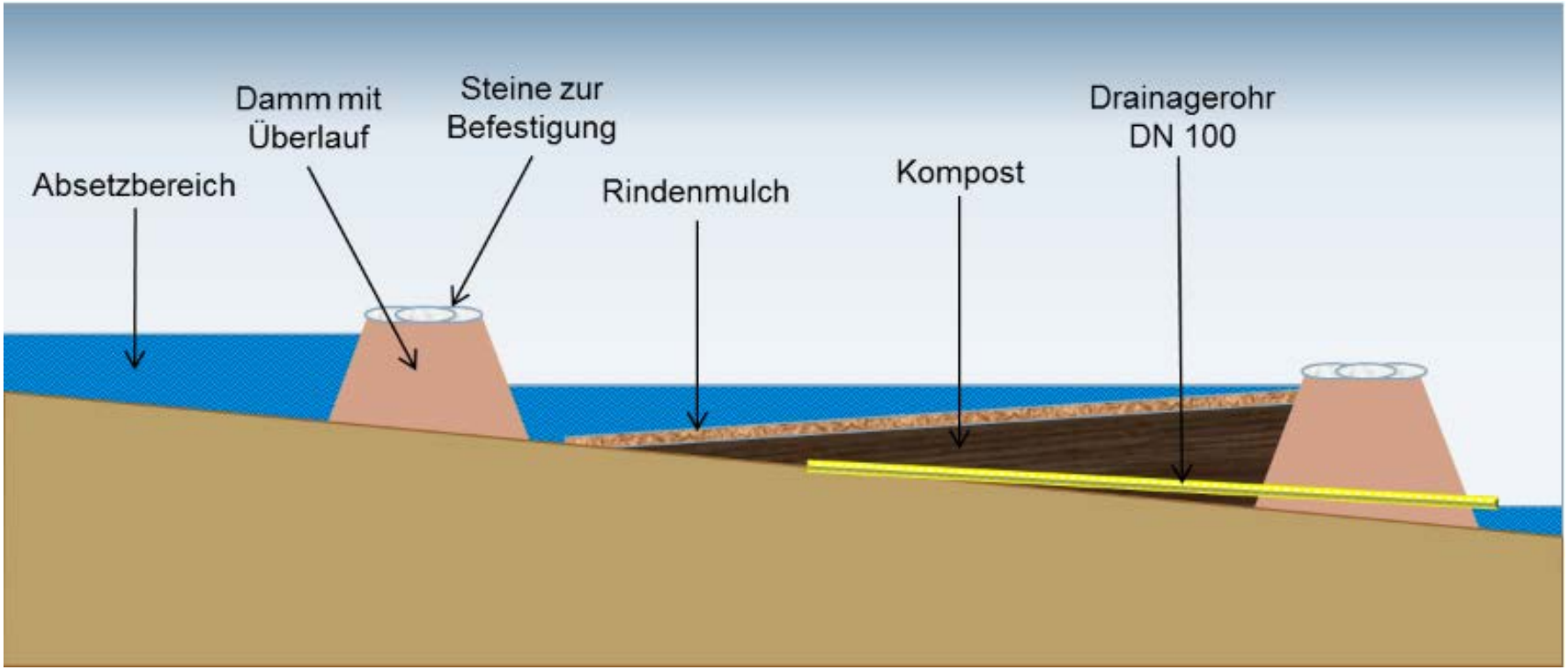
Trichter (Endzustand)

Beobachtungsrohre
(Schöpfproben)

Sicherungsanlagen

- Sicherungskomponenten Oberflächenwassersicherung (offene Absetzgräben und Kompostrigolen)

Kombination:
- photolytische/ mikrobielle ETV- Abbaukapazitäten (offene Gräben)
- Immobilisierung der ETV mittels Kompost (Rigolen)



Sicherungsanlagen

- Sicherungskomponenten: Oberflächenwassersicherung (offene Absetzgräben und Kompostrigolen)

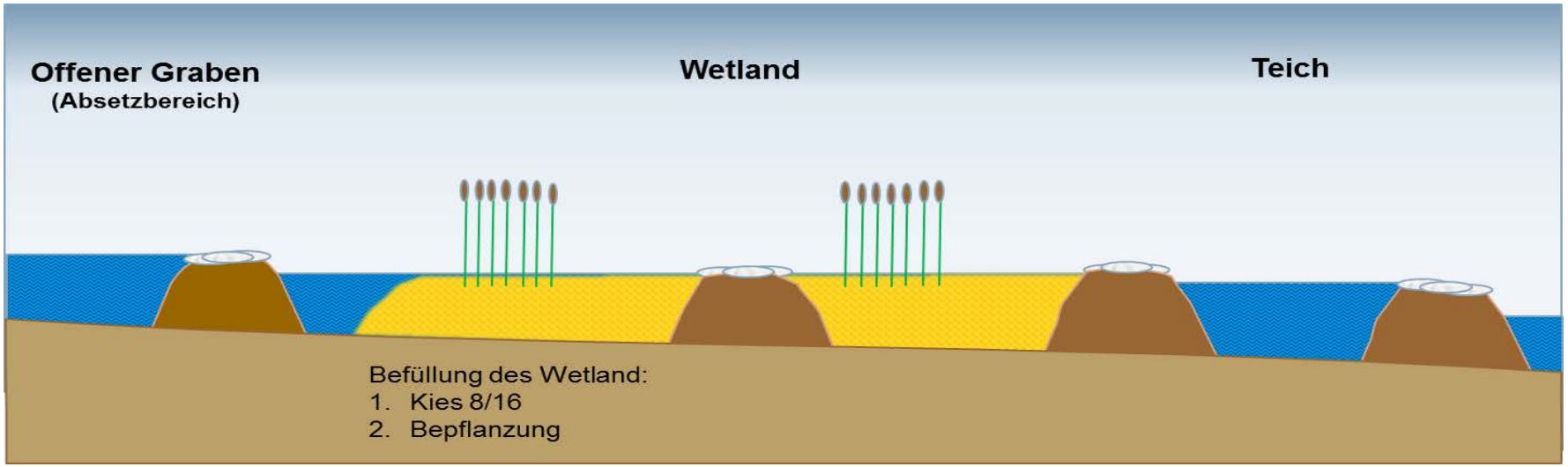
Kombination photolytischer / mikrobieller ETV- Abbaukapazitäten (offene Gräben) sowie Immobilisierung (Rigolen)

© IABG 2017

Sicherungsanlagen

- Sicherungskomponenten: Wetlands, Teiche

Wetland und „Schönungsteich“ (Prinzips-Skizze)



Sicherungskonzept

- Sicherungskomponenten: Wetland und „Schönungsteich“

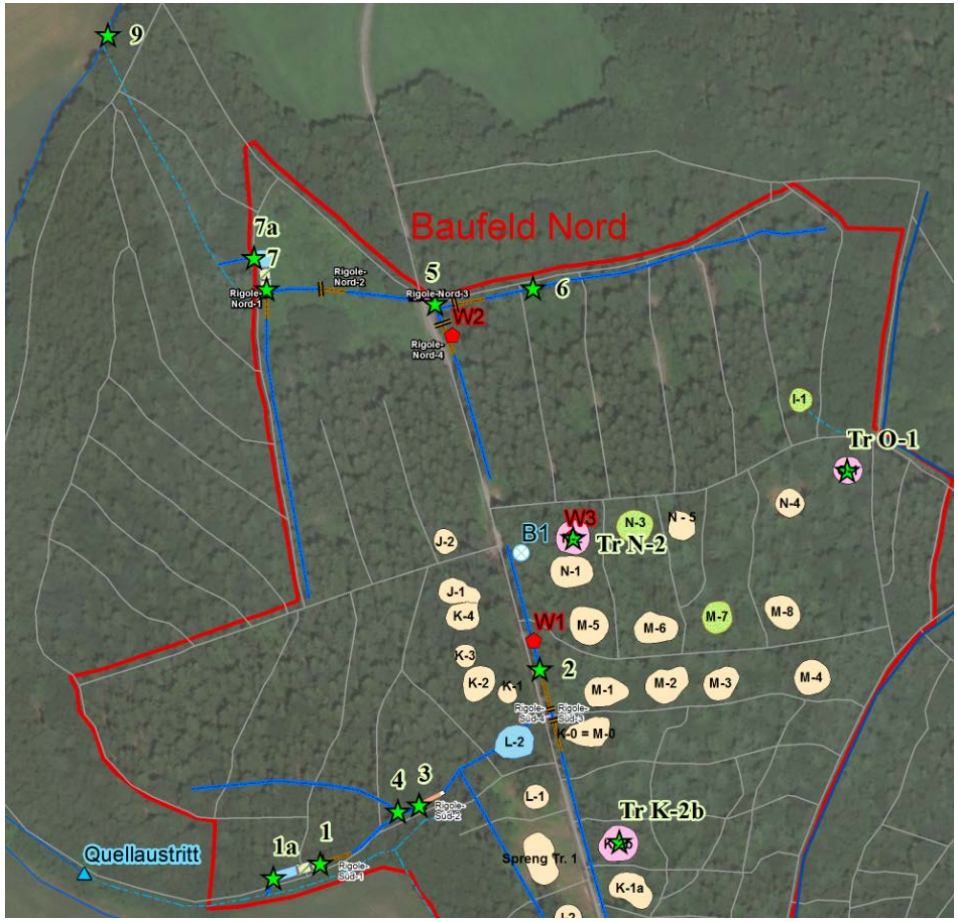
Retentionsteich, Stufenausbau mit ökologischer Funktion

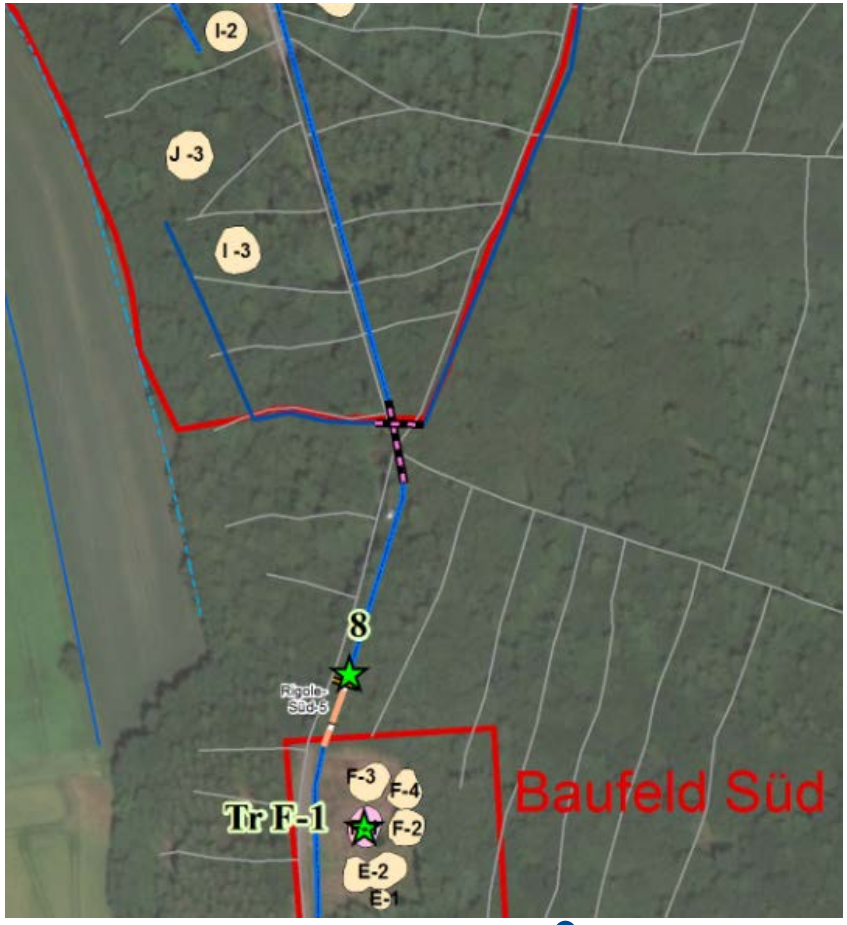
Wetland, Kiesfilter (im Bau)

Überwachung, Nachsorge - Monitoring- und Instandhaltungskonzept

Zeit	Abstrom C und D	Abstrom A und B	Trichter
2018/1	PN- Punkte 1 (Wet1), 2, 3 und 4	PN- Punkt 5, 6, und 7 (Wet2)	Tr1 und Tr2
2018/2	PN- Punkte 1 (Wet1), 2, 3 und 4	PN- Punkt 5, 6, und 7 (Wet2)	Tr1 und Tr2
2019/1	PN- Punkte 1 (Wet1), 2, 3 und 4	PN- Punkt -5, 6, und 7 (Wet2)	Tr1 und Tr2
2019/2	PN- Punkt 1 (Wet1), 2, 3 und 4	PN- Punkt-5, 6, und 7 (Wet2)	Tr1 und Tr2
ab 2020	jährlich Wet1 (1a)	vermutlich Einstellung (ggf. 7a)	jährlich Tr1 und Tr2

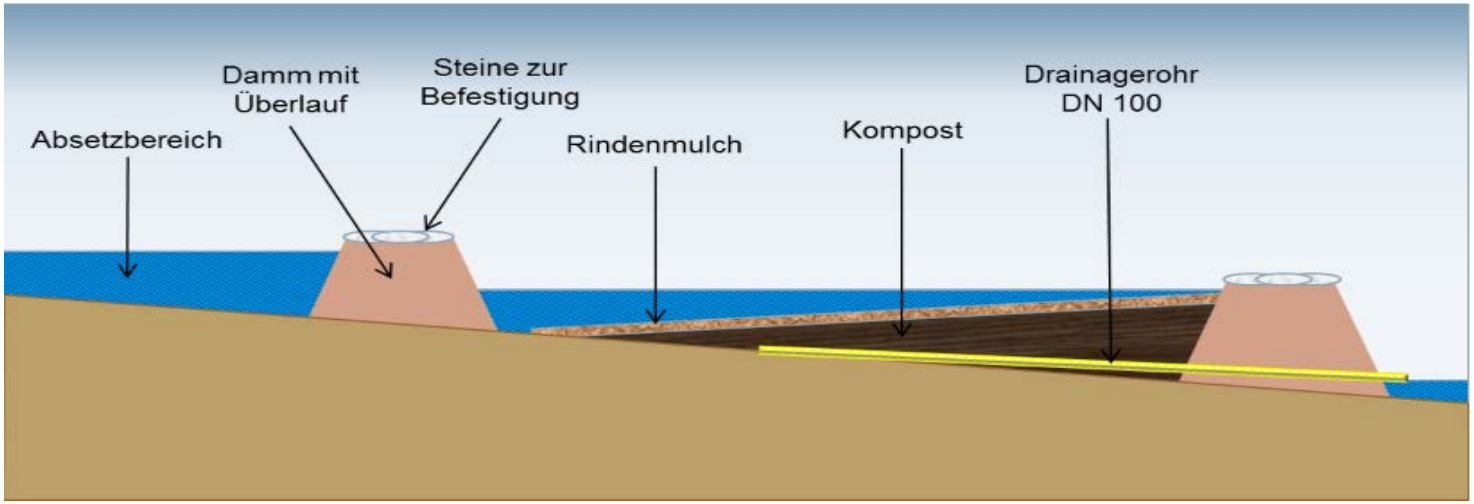
Parameterumfang: Lf, O_2, pH, t°, TNT, 2ADNT, 4ADNT, 2,4DANT, 2,6DANT, TNB, 3,5-DNA, 2,4-DNP, 3,5-DNP, RDX, MNX, DNX, TNX, PETN sowie DOC (Erstanalyse: langfristig Anpassung: standorttypische STV + Nitropenta)





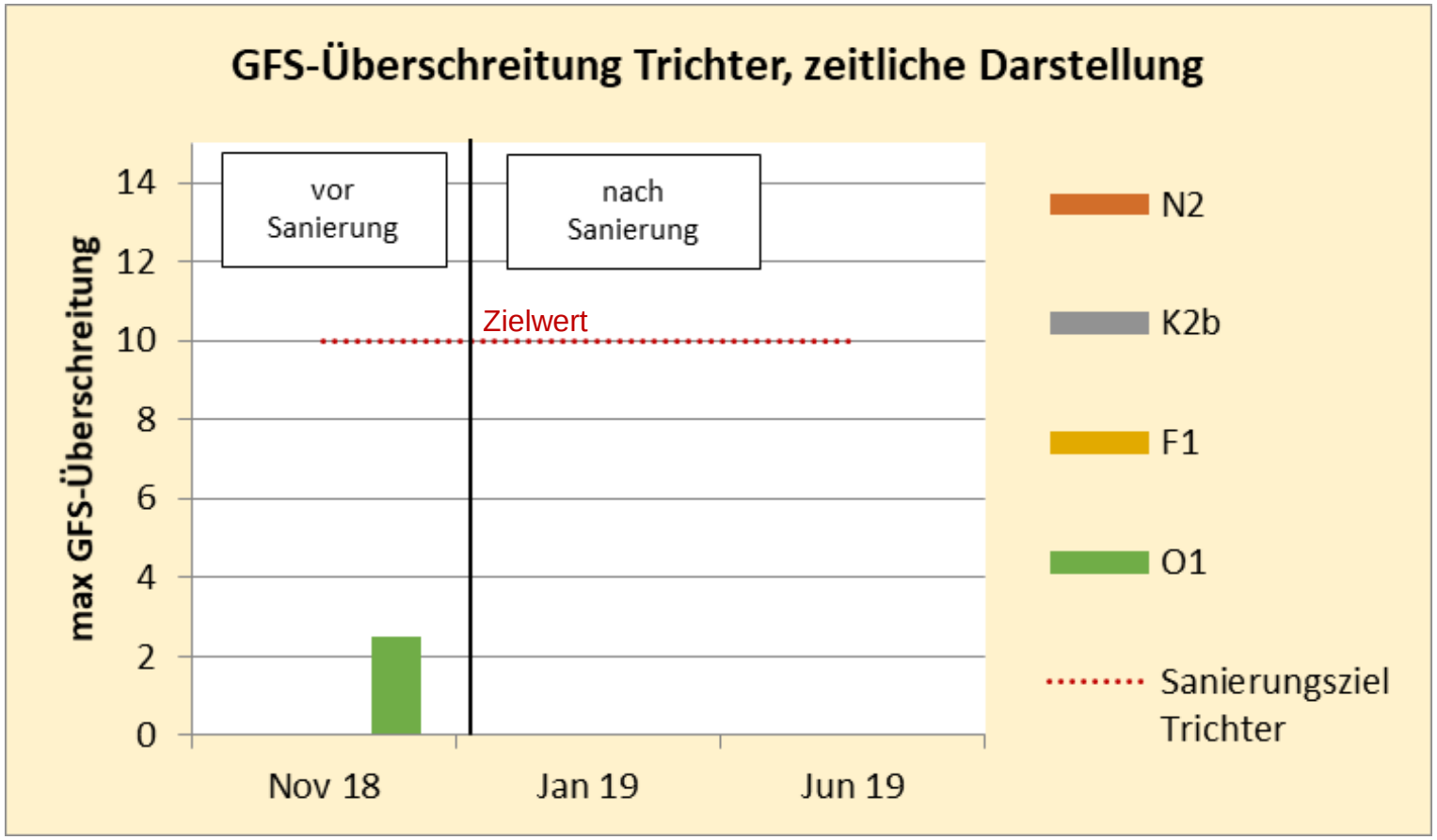
Instandhaltungsanforderungen

- bislang keine Erfahrungen in Deutschland mit der konkreten Umsetzung
- zunächst halbjährlicher, dann jährlicher Turnus bei der Instandhaltungskontrolle (Kombination mit Monitoring)
  - Beschaffenheit des Kompostes: Ausspülung, Zersetzung → ggf. Ersatz
  - Abdeckung durch Rindenmulch: Fehlstellen, Zersetzung
  - Verhinderung intensiven Bewuchses: Freihaltung der Rigolen von größerer Vegetation
  - Kontrolle der Zu- und Abflüsse: Verstopfung Drainagen, Überläufe
  - Kontrolle Sedimentation und Erosion der Dämme
  - Kontrolle des Wasserspiegels in Rigolen, Wetlands / Kiesfiltern, Teiche



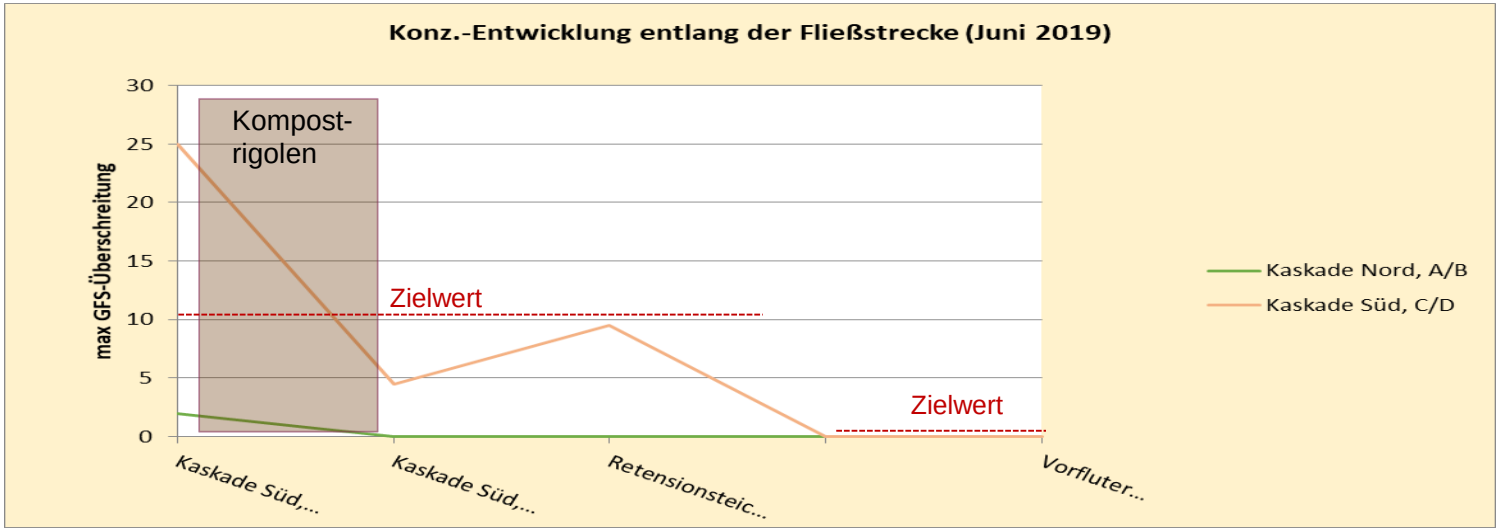
Überwachung, Nachsorge - Monitoring

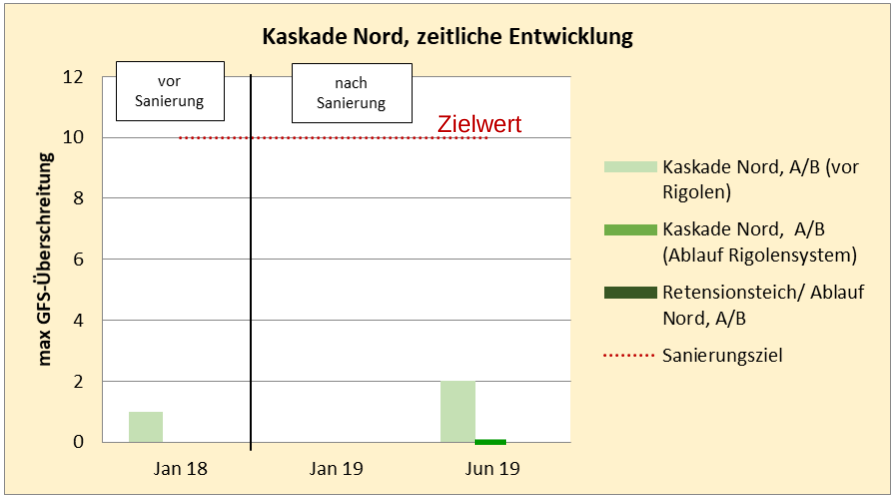
- erste Ergebnisse des Monitoring der **Trichter** (Sickerwasser):

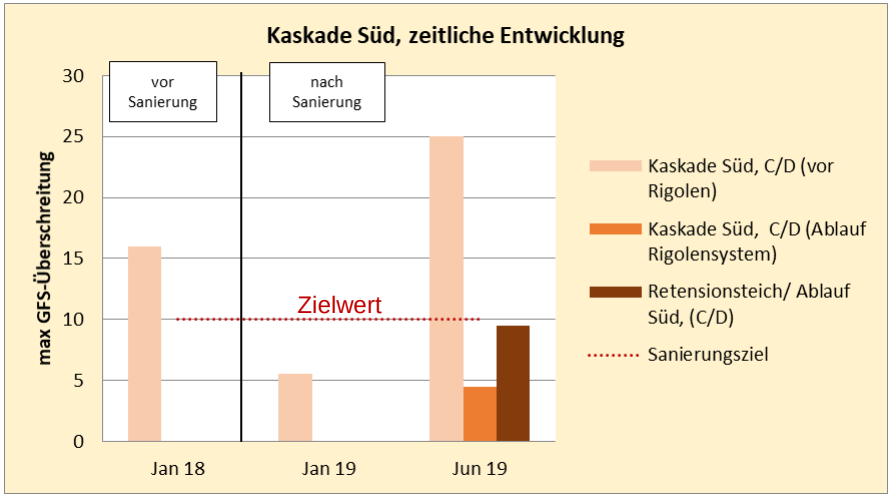


Überwachung, Nachsorge - Monitoring

- erste Ergebnisse des Monitoring der Rigolen und Gräben (Oberflächenwasser):







Ergebnisse / Fazit / Ausblick

- erfolgreiche Umsetzung des Sanierungsplanes
  → Immobilisierung ist gute, kostengünstige Möglichkeit der Sicherung von ETV- belasteten Böden bei KMR- Maßnahmen
  → erste Ergebnisse des Monitoring positiv
- Kosten betragen 10-20 % der KMR- Maßnahme
- ergänzende Maßnahmen zur Optimierung erforderlich (insbesondere in Hinblick auf das Oberflächenwasser bei Starkregen):
  - Anzahl der Staustufen / der Retentionsräume muss iterativ angepasst werden
    → Verhinderung von Erosionserscheinungen (Rückhaltung des Wassers am Standort)
    → Verbesserung der Durchsickerung des Kompost (Beimengungen)
  - möglichst schnelle Aufforstung

- Konzept ist für Standorte mit stauenden geologischen Verhältnissen gut geeignet (einschlägige Erfahrungen an Standorten in Bayern)

- Pilotprojekte für Standorte mit sickerwasserbeeinflussten Verhältnissen sinnvoll (erste Erfahrungen in Niedersachsen liegen vor)