

# FACHPLANUNG KAMPFMITTELRÄUMUNG

**20FEA46035 KaMiSo Unterstützungsleistungen**

**RV 0016 / IP4 / 92291105**

**Bestellung: 016 / VBZ / 10508805**

**Projekt: PRA5 Erfurt-Gispersleben - Erfurt-Johannesvorstadt**

**Pos. 10: Grundlagenermittlung**

**Pos. 20: Kampfmittelräumkonzept**



Übersicht des Projektgebiets (hellblau markiert) mit hinterlegtem aktuellem Luftbild  
(Datenquelle Kartenhintergrund: Google SatelliteTM)

# AUFTRAGSDATEN

Auftraggeber:	DB Netz AG I.NI-SO-L-R Humboldtstraße 2 504105 Leipzig
Ansprechpartner*in:	Theresa Mix +49 152 37428 123
Ihr Zeichen:	I.NF-SO-P 2 KF
Bestellung:	016 / VBZ / 10508805
Rahmenvertrag:	0016 / IP4 / 92291105
Auftragsdatum:	15.06.2021

Auftragnehmer:	ARGE Fachplanung KME Süd Robert-Koch-Straße 2 82152 Planegg
Unser Zeichen:	FE.EA43 MG
Kreditor:	40084297
Erstgutachter*in:	Brunnenmeister Dieter Vierbach, MA +43 699 14421041
Zweitgutachter*in:	Laura Kuulmann, M.Sc.-Geogr. +49 152 05 88 26 85

Bearbeitungsstand:	22.11.2021
--------------------	------------

## INHALTSVERZEICHNIS

1	Zusammenfassung.....	1
2	Aufgabenstellung und Vorgehensweise.....	2
3	Grundlagenermittlung.....	3
3.1	Beurteilung der Grundlagen .....	3
3.2	Von den Auftraggebern bereitgestellte Unterlagen .....	3
3.3	Luftbildauswertung.....	4
3.4	Kampfmittelbelastung .....	6
3.5	Maßnahmenrelevante Faktoren.....	7
3.6	Auswertung der Projektplanungsunterlagen .....	8
4	Kampfmittelräumkonzept .....	9
4.1	Ergebnisse der Grundlagenermittlung .....	9
4.2	Grundlagenbeschreibung .....	10
4.3	Gefährdungsabschätzung .....	11
4.4	Rechtliche Rahmenbedingungen.....	14
4.5	Maßnahmenbeschreibung .....	16
4.6	Messverfahren.....	18
4.7	Sondierverfahren .....	20
4.8	Baubegleitende Kampfmittelräumung.....	23
4.9	Verdachtspunkte und Kampfmittelbergung.....	24
4.10	Anzeige und Genehmigung.....	24
4.11	Handlungsempfehlung .....	25
5	Ausschreibungsunterlagen.....	34
5.1	Kostenschätzung und Mengenermittlung.....	34
5.2	Leistungsverzeichnis .....	34
6	Quellenverzeichnis .....	35
7	Abbildungsverzeichnis.....	37
8	Tabellenverzeichnis.....	38

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Die DB Netz AG beabsichtigt den grundhaften Ausbau der Strecke 6302 Wolframshausen – Erfurt. Der Infrastrukturausbau der gesamten Verbindung Erfurt - Nordhausen wird in 6 Projektabschnitte unterteilt. Dieses Gutachten befasst sich mit der Kampfmittelräumung im PRA 5, km 60,790 – km 66,740, Erfurt-Gispersleben - Erfurt-Johannesvorstadt.<sup>1</sup>

Der erste Teil des Auftrages, die Grundlagenermittlung (Pos. 10 des RV 0016 / IP4 / 92291105, 20FEA46035 KaMiSo Unterstützungsleistungen: Grundlagenermittlung), beantwortet die Fragen, ob für die betroffenen Flächen ein begründeter Kampfmittelverdacht besteht und ob dadurch eine Gefährdung für die geplanten Eingriffe besteht.

Nach Beurteilung der vorgelegten Unterlagen besteht für die geplanten Bodeneingriffe eine Gefährdung durch potenziell im Boden verbliebene Kampfmittel. Personen- und Sachschäden können durch die Stoßwelle einer Detonation, durch die entstehende Druckwelle, durch Stein- und Splitterflug sowie Brand- und Rauchwirkung eintreten. Es ist erforderlich, eine weiterführende technische Kampfmittelerkundung und -räumung zu planen (Pos. 20: Kampfmittelräumkonzept).

Das Kampfmittelräumkonzept sieht vor, Kampfmittel in den Bereichen zu räumen, in welchen so in den Baugrund eingegriffen wird, dass eine Gefahr durch Kampfmittel anzunehmen ist. In Bereichen, in denen nicht in den Baugrund eingegriffen wird, ist keine Kampfmittelräumung durchzuführen. Für das gegenständliche Bauvorhaben (BVH) werden folgende Maßnahmen zur Kampfmittelräumung in der zu untersuchenden Fläche empfohlen:

- Oberflächensondierungen mit Georadar
- Bohrlochsondierungen mit 3-Achs Geomagnetik
- Baubegleitende Kampfmittelräumung

Die in Kapitel 5 angesetzten Mengen und Massen stellen eine grobe Schätzung gemäß aktuellem Planungsstand dar. Die Erstellung eines Leistungsverzeichnisses und einer darauf basierenden Kostenschätzung sind gemeinsam mit der DB Netz AG durchzuführen.

---

<sup>1</sup> DB Netz AG et al. 2019, 21.



## 2 AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE

Die ARGE Fachplanung KME Süd wurde durch die DB Netz AG mit der Ausfertigung eines Kampfmittelräumkonzeptes, bestehend aus der Grundlagenermittlung, der Erstellung des Kampfmittelräumkonzeptes und der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen, für das Bauvorhaben "PRA5 Erfurt-Gispersleben - Erfurt-Johannesvorstadt" beauftragt.

Zu beantworten sind die Fragen, ob für die vom BVH betroffenen Flächen ein begründeter Kampfmittelverdacht besteht und ob dadurch eine Gefährdung für die geplanten Eingriffe ausgeht. Zunächst wird untersucht, ob die Datengrundlage belastbar ist, um eine fundierte Aussage treffen zu können (Pos. 10, Grundlagenermittlung).

Wird im Zuge der Grundlagenermittlung eine potenzielle Gefährdung festgestellt, sind Empfehlungen zur Beseitigung/Minimierung der Gefährdung darzulegen und ein Kampfmittelräumkonzept als Basis für die auszuschreibende Kampfmittelerkundung und -räumung zu erstellen.<sup>2</sup> Darin werden Lösungsmöglichkeiten geprüft, wie der Gefährdung durch Kampfmittel begegnet werden soll und wie diese abzuwehren ist.<sup>3</sup> Unter Berücksichtigung der zu erwartenden Kampfmittel, Untergrundgegebenheiten sowie geplanten Bauarbeiten wird erörtert, welche Verfahren nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik<sup>4</sup> geeignet sind und wie der Ablauf zu gestalten ist (Pos. 20, Erstellung Kampfmittelräumkonzept). Die Erstellung der Ausschreibungsunterlagen (Pos. 30) bildet den Abschluss dieses Gutachtens.

---

<sup>2</sup> Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat et al. 2018, 27.

<sup>3</sup> Ebd., 35.

<sup>4</sup> Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung 2020, 7.

### 3 GRUNDLAGENERMITTLUNG

#### 3.1 BEURTEILUNG DER GRUNDLAGEN

Im Zuge der Grundlagenermittlung werden die zur Verfügung gestellten Unterlagen für das BVH „PRA5 Erfurt-Gispersleben - Erfurt-Johannesvorstadt“ ausgewertet und beurteilt, um mögliche Erkenntnislücken auszuschließen. Die Erkenntnisse aus der Luftbilddauswertung werden in den Kontext der Baumaßnahmen gestellt, um darauf basierend eine Gefährdungsabschätzung ableiten zu können.

#### 3.2 VON DEN AUFTRAGGEBERN BEREITGESTELLTE UNTERLAGEN

Das vorliegende Gutachten basiert auf den von den Auftraggebern bereitgestellten Unterlagen:

- Kampfmittelvorerkundung PRA5 Erfurt/Gispersleben – Erfurt/Johannesvorstadt, Strecke 6302, km 61,7 – 66,7 des Sachverständigenbüros STAUDE vom 10.08.2020 mit Anhängen I bis II und Anlagen 1.1 bis 1.3 und 2.2 bis 2.3 sowie Raster- und Shape-Dateien.
- Erläuterungsbericht
- Projektbeschreibungen
  - DB NETZ AG. Projektbeschreibung. Infrastrukturausbau Erfurt - Wolframshausen - Nordhausen Leistungsbild Technische Ausrüstung Verkehrsanlagen. Anlage 01/08P
  - DB NETZ AG. Projektbeschreibung. Leistungsbild Technische Ausrüstung gem. §53 HOAI. Anlage 01/10P.
- DB NETZ AG 2018. Projektbeschreibung. Infrastrukturausbau Erfurt - Wolframshausen - Nordhausen [PRA 3-5] Greußen (a) - Erfurt Nord (e). Anlage 01/02&05P.
- DB NETZ AG; DB ENGINEERING & CONSULTING GMBH 2019. Infrastrukturausbau Erfurt - Nordhausen PRA 3: Greußen (a) - Kühnhausen (a) PRA 4: Kühnhausen (e) PRA 5: Kühnhausen (a) - Erfurt-Nord (e). Erläuterungsbericht zur Vorplanung, Leipzig u. a.
- DB STATION & SERVICE AG 2016. Projektauftrag Verkehrsstation Erfurt Nord. Neubau Bahnsteige mit Zugängen vom BÜ km [sic!], Ausstattung, 50 Hz.
- Übersichtskarte Greußen (a) – Erfurt-Nord (e)
- Lagepläne
  - Konvolut aus acht Lageplänen (\_D\_VP\_LP\_6302\_ErNo\_PRA\_3-5-Anl\_6-3-1-1 bis \_D\_VP\_LP\_6302\_ErNo\_PRA\_3-5-Anl\_6-3-1-8)
  - Verkehrsanlagen \_D\_VP\_LP\_6302\_ErNo\_PRA\_3-5-Anl\_6-3-2-4\_EG und \_D\_VP\_LP\_6302\_ErNo\_PRA\_3-5-Anl\_6-3-2-5\_EN
  - Ingenieurbauwerke \_D\_VP\_IB\_6302\_ErNo\_PRA\_3-5-Anl\_6-3-5-1

- Bauphasenplanung
- Bauzeitplan (Anlage 9.1.1 zur Vorplanung)
- Geotechnische Berichte
  - Geotechnischer Bericht zu den Baugrundverhältnissen im Eisenbahnunterbau, Freie Strecke, Bf Gispersleben, Bf Erfurt-Nord, des Geotechnischen Ingenieurbüros Dipl.-Ing. A. Pampel GmbH vom 26.04.2021
  - Geotechnischer Bericht zur Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Erdbauwerken, Erdstatik Dammabschnitte km 65,6+50 - 66,7+40, des Geotechnischen Ingenieurbüros Dipl.-Ing. A. Pampel GmbH vom 30.04.2021
  - Geotechnischer Bericht zu den Baugrund- und Gründungsverhältnissen Bahnübergang km 62,1+35, Bernauer Straße des Geotechnischen Ingenieurbüros Dipl.-Ing. A. Pampel GmbH vom 17.02.2021
  - Geotechnischer Bericht zu den Baugrund- und Gründungsverhältnissen Bf Gispersleben, Bahnsteige Gl.1 & 2, km 62,2+35 – 62,3+75, Zuwegung Bahnsteige, Beleuchtung, des Geotechnischen Ingenieurbüros Dipl.-Ing. A. Pampel GmbH vom 19.02.2021
  - Geotechnischer Bericht zu den Baugrund- und Gründungsverhältnissen, Bahnübergang km 64,3+40, An der Lache, des Geotechnischen Ingenieurbüros Dipl.-Ing. A. Pampel GmbH vom 25.02.2021
  - Geotechnischer Bericht zu den Baugrund- und Gründungsverhältnissen, Beleuchtung Gleise 2 und 3, km 64,4+00 – 65,0+55, des Geotechnischen Ingenieurbüros Dipl.-Ing. A. Pampel GmbH vom 02.03.2021
  - Geotechnischer Bericht zu den Baugrund- und Gründungsverhältnissen, Bf Erfurt Nord, -Bahnsteig Gl.1, km 65,0+60 – 65,2+00, Bahnsteig Gl.2, km 65,1+05 – 65,2+45, Zuwegung Bahnsteige, des Geotechnischen Ingenieurbüros Dipl.-Ing. A. Pampel GmbH vom 08.03.2021
  - Geotechnischer Bericht zu den Baugrund- und Gründungsverhältnissen, Bf EÜ Paul-Schäfer-Straße, km 66,2+05, des Geotechnischen Ingenieurbüros Dipl.-Ing. A. Pampel GmbH vom 12.03.2021
- 210907\_Maßnahmenübersicht\_Tiefbau\_ergänzt (Excel-Dokument)

Die in diesem Dokument getroffenen Aussagen beziehen sich ausschließlich auf oben genannten und im Quellenverzeichnis aufgeführte Unterlagen, unter Vorbehalt deren Richtigkeit. Sollten sich vor oder während der Ausführung neue Erkenntnisse oder Änderungen bezüglich des BVH ergeben, sind die hier getroffenen Aussagen auf ihre Gültigkeit zu prüfen.

### 3.3 LUFTBILDAUSWERTUNG

Vorgelegt wurde aus der Phase A eine Kampfmittelvorerkundung in Form einer Akten- und Luftbildauswertung des Sachverständigenbüros STAUDE. Ausgewertet wurden dabei

historische Luftaufnahmen zwischen dem 07.09.1943 und dem 22.07.1945, ergänzt durch Nachkriegsbefliegungen aus den Jahren 1953, 1991, 2008 und 2018 sowie Archivalien und Sekundärliteratur.<sup>5</sup>

Die Kampfmittelvorerkundung kommt zu dem Ergebnis, dass die Anlagen an der Bahnstrecke 6302 zwischen Erfurt-Gispersleben und Erfurt-Johannesvorstadt zweimal von alliierten Luftangriffen betroffen waren. Ein US-amerikanischer Luftangriff erfolgte am 20.07.1944 und ein britischer Luftangriff in der Nacht vom 19. zum 20. Februar 1945.<sup>6</sup>

Neben Bombentrichtern wurden Schäden an Gebäuden erkannt und dokumentiert. Bodenkämpfe im Auswertungsbereich wurden in der Phase A nicht erwähnt.

Die vorliegende Kampfmittelvorerkundung des Sachverständigenbüros STAUDE basiert auf Primärakten aus den relevanten Archiven<sup>7</sup> und auf Standardliteratur als sekundäre Quellen. Die vollständige Abdeckung der Kriegsereignisse wird durch Bilddokumente zu unterschiedlichen Zeitschnitten gewährleistet.

---

<sup>5</sup> Staude et al. 2020, 7f.

<sup>6</sup> Ebd., 10.

<sup>7</sup> Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat et al. 2018, 140.



### 3.4 KAMPFMITTELBELASTUNG

Die Luftbild- und Aktenauswertung beschreibt eine potenzielle Belastung der Bereiche von km 63,200 bis 65,400 (vgl. Abb. 1) durch den US-amerikanischen Angriff und km 66,400 bis 66,600 (vgl. Abb. 2) durch den britischen Luftangriff. Es ist ausschließlich von einer Kampfmittelbelastung durch Abwurfmunition auszugehen.<sup>8</sup> Im Bereich von km 66,400 bis 66,600 ist der Einsatz von Bomben mit Langzeitzündern dokumentiert.<sup>9</sup>

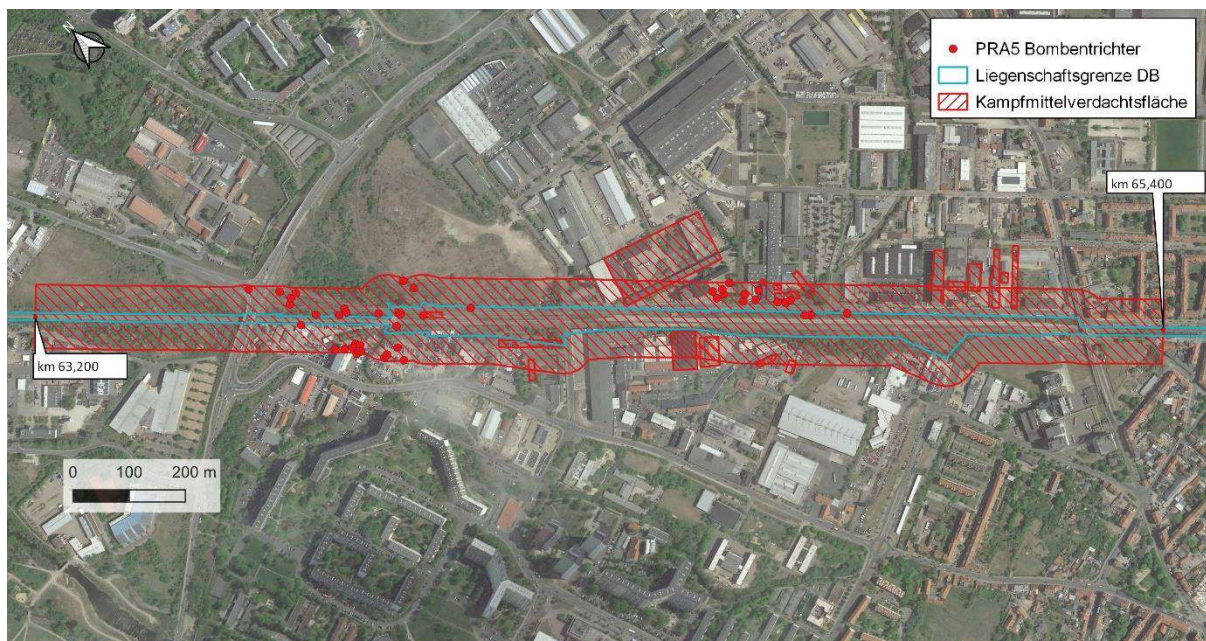


ABBILDUNG 1: Potenziell kampfmittelbelasteter Streckenabschnitt von km 63,200 bis 65,400 durch US-amerikanischen Luftangriff aus 1944 mit 50 m Sicherheitspuffer (Datenquelle Kartenhintergrund: Google SatelliteTM)

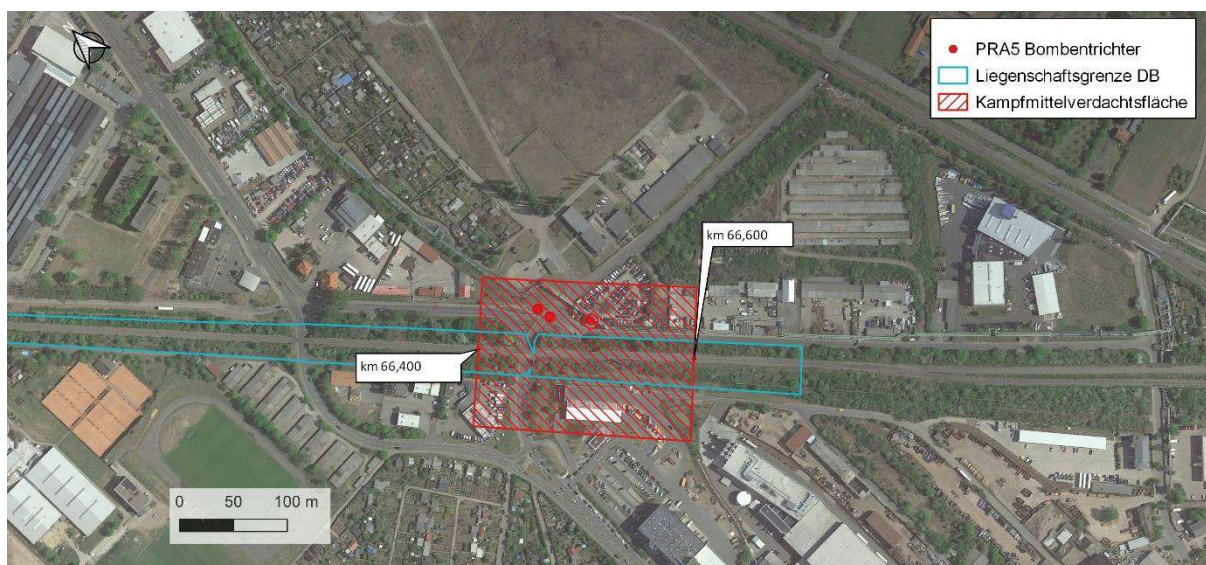


ABBILDUNG 2: Potenziell kampfmittelbelasteter Streckenabschnitt von km 66,400 bis 66,600 durch britischen Luftangriff aus 1945 mit 50 m Sicherheitspuffer (Datenquelle Kartenhintergrund: Google SatelliteTM)

<sup>8</sup> Staude et al. 2020, 11.

<sup>9</sup> Ebd., 11.

### 3.5 MAßNAHMENRELEVANTE FAKTOREN

Der PRA 5 umfasst den Abschnitt Kühnhausen – Erfurt Nord von km 60,790 – km 66,740 mit den Bahnhöfen Erfurt-Gispersleben und Erfurt Nord. Die Abschnittsgrenze zum Knoten Erfurt liegt bei km 66,740 (Spitze der Weiche 957 der Abzweigstelle Erfurt Dieselstraße) ca. 1 km nach dem Bf Erfurt Nord.<sup>10</sup>

Folgende bodeneingreifende Maßnahmen werden durchgeführt:

- Herstellung des Kabelgefäßsystems<sup>11</sup>
- Gleisquerungen<sup>12</sup>
- Bettungsreinigung und Umbauten<sup>13</sup>
- BÜ 64,3 An der Lache, Kabeltiefbau und Fundamente für neue BÜSA<sup>14</sup>
- Neuer Hausbahnsteig Gleis 1 von km 65,060 bis km 65,200 und neuer Außenbahnsteig Gleis 2 von km 65,115 bis km 65,255<sup>15</sup>
- Bei km 65,138 Neubau der Weiche 11<sup>16</sup>
- BÜ 65,2 Erfurt Nord, Vollschrakenanlage wird mit einer LzF-Hp-Anlage ausgerüstet<sup>17</sup>
- Bei km 65,296 wird eine Fußwegunterführung rückgebaut und verfüllt<sup>18</sup>
- An der EÜ Paul-Schäfer-Straße km 66,443 ist bahnlinks ein Randwegverbau erforderlich<sup>19</sup>
- Das Kreuzungsbauwerk Industriebahn bei km 66,514 wird rückgebaut, verfüllt und es erfolgt eine Dammschüttung<sup>20</sup>

Eine Gefährdung durch eine unkontrollierte Detonation von Kriegsmunition ist besonders durch äußere Einwirkung (z.B. Schlag, Erschütterung, Temperaturwechsel) oder unsachgemäße Handhabung von Kampfmitteln gegeben. Insbesondere bei Bomben mit chemischem Langzeitzünder können selbst geringfügige Verlagerung oder Wechsel der Lagerungsbedingungen (Temperatur, Druckveränderung des auflagernden Bodens) potenziell zur Umsetzung führen. Vor der Durchführung bodeneingreifender Maßnahmen sind daher die Gefährdung abzuschätzen und das Risiko zu beurteilen. Zu den relevanten Bodeneingriffen zählen im Allgemeinen:

---

<sup>10</sup> DB Netz AG et al. 2019, 61.

<sup>11</sup> DB Netz AG o.J., 6; DB Netz AG et al. 2019, 156.

<sup>12</sup> DB Netz AG et al. 2019, 156.

<sup>13</sup> DB Netz AG o.J., 6.

<sup>14</sup> DB Netz AG et al. 2019, 153f.

<sup>15</sup> Ebd., 179.

<sup>16</sup> Ebd., 179.

<sup>17</sup> Ebd., 154.

<sup>18</sup> Ebd., 146.

<sup>19</sup> Ebd., 149.

<sup>20</sup> Ebd., 149f.

- Abschieben von Oberboden
- Aushub von Baugruben, Leitungsgräben, Gründung von Fundamenten
- Rodungsarbeiten
- Spezialtiefbauarbeiten aller Art, z.B. Spundwandbau, Herstellung von Rückverankerungen, Herstellung von Bohrpfählen
- Tiefenenttrümmerungen<sup>21</sup>

### 3.6 AUSWERTUNG DER PROJEKTPLANUNGSUNTERLAGEN

Nach Auswertung der vorhandenen Unterlagen und Einbeziehung der örtlichen, technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen ist für die vom BVH betroffenen Flächen ein begründeter Kampfmittelverdacht in den Bereichen von km 63,200 - 65,400 und km 66,400 bis 66,600 festgestellt worden.<sup>22</sup>

Für die geplanten Bodeneingriffe in diesen kampfmittelverdächtigen Flächen ist mit dem Vorhandensein von im Boden verbliebenen Kampfmitteln zu rechnen. Somit besteht eine potenzielle Gefährdung während der Arbeiten durch ungewollte Detonationen. Personen- und Sachschäden können durch die Stoßwelle einer Detonation, durch die entstehende Druckwelle, durch Stein- und Splitterflug sowie Brand- und Rauchwirkung eintreten.

Daher ist eine weiterführende technische Kampfmittelerkundung und -räumung erforderlich.

Für die einzelnen bodeneingreifenden Maßnahmen sind noch keine Ausführungspläne verfügbar. Somit liegen zum aktuellen Stand noch keine konkreten Angaben zur Bauweise, dem Ausmaß geplanter Bodeneingriffe sowie einzusetzendem Arbeitsgerät vor, welche die maßgeblichen Faktoren für das Räumkonzept darstellen. In Absprache mit der Auftraggeberin sollen einzelne Maßnahmen der Kampfmittelräumung unter dem Aspekt „wenn – dann“ erläutert werden.

---

<sup>21</sup> KÖTTER, M.; GEISLER, S.; HELMS, K.; NUSSE, J.; WINKELMANN, K., 2019.

<sup>22</sup> Staude et al. 2020, 13.



## 4 KAMPFMITTELRÄUMKONZEPT

### 4.1 ERGEBNISSE DER GRUNDLAGENERMITTLUNG

Gemäß der historischen Vorerkundung war das Untersuchungsgebiet des PRA5 kein strategisches Angriffsziel. Das Untersuchungsgebiet liegt jedoch in unmittelbarer Nähe zum ehemaligen Flugplatz Erfurt-Nord, welcher mit dem Ziel-Code GU-4030 ein potenzielles Primärziel der alliierten Luftkriegsplanung war. Bis zum Kriegsende erfolgten im Projektabschnitt 5 zwei Luftangriffe: Am 20.07.1944 durch die 8th USAAF und in der Nacht vom 19. zum 20.02.1945 durch das Bomber Command der RAF. Diese Angriffe sind auch räumlich klar voneinander abgrenzbar:

- Im Bereich von km 63,200 - 65,400 erfolgte der US-amerikanische Luftangriff mit 500 lb/250 kg Sprengbomben, 20 lb/10 kg Splitterbomben, 30 lb/15 kg Flüssigkeitsbrandbomben und 4 lb/1,7 kg Stabbrandbomben.<sup>23</sup>
- Im Bereich von km 66,400 bis 66,600 wurde in der Nacht vom 19. zum 20. 02.1945 der Einsatz von britischen Bombern dokumentiert, welche Großladungsbomben HC 4000 lb (2000 kg) und 500 lb/250 kg Sprengbomben, auch mit Langzeitzündern, abgeworfen haben.<sup>24</sup>

Im Zuge der historischen Erkundungen wurden durch das Sachverständigenbüro STAUDE keine Bombenverdachtspunkte festgestellt.

Mit einer Kampfmittelbelastung durch Bodenkriegsereignisse ist im Projektbereich des PRA5 nicht zu rechnen. Eine mögliche Kampfmittelbelastung resultiert ausschließlich aus den zuvor beschriebenen Luftangriffen im Jahr 1944 und im Jahr 1945.<sup>25</sup> Für Teilbereiche des Projektgebietes wurde ausschließlich das Verursachungsszenarium 1 (Luftangriffe) nach BFR KMR ermittelt. Daraus abgeleitet erfolgte die Einstufung in Flächenkategorie 2, für die weiterer Erkundungsbedarf besteht.<sup>26</sup> Das vermutete Kampfmittelinventar umfasst kleine bis große Spreng-, Splitter- und Brandbomben US-amerikanischer Herkunft im nordwestlichen Streckenabschnitt sowie größere bzw. Großladungssprengbomben britischer Herkunft im südöstlichen Baufeld.

Die zugrunde liegende Kampfmittelvorerkundung des Sachverständigenbüros STAUDE erfüllt die Forderungen nach Objektivität und Überprüfbarkeit. Die gewonnenen Befunde werden als aussagekräftig bewertet.

---

<sup>23</sup> Staude et al. 2020, 13.

<sup>24</sup> Ebd., 11.

<sup>25</sup> Ebd.

<sup>26</sup> Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat et al. 2018, 151.

## 4.2 GRUNDLAGENBESCHREIBUNG

### 4.2.1 Bauvorhaben

Die DB Netz AG beabsichtigt den grundhaften Ausbau der Strecke 6302 Wolframshausen – Erfurt.

Durch Anpassung der vorhandenen Infrastruktur an den Bedarf wird die Reduzierung des Instandhaltungsaufwandes erreicht. Die veraltete Sicherungstechnik wird durch den Einsatz von ESTW-Technik erneuert.

Die bodeneingreifenden Maßnahmen sind in Kapitel 3.5 aufgelistet.

### 4.2.2 Lage des Projektgebiets

Der Projektabschnitt 5 befindet sich im Nordosten der Stadt Erfurt, beginnt bei km 60,790 Kühnhausen und reicht bis km 66,740 Erfurt-Nord. Die unmittelbare Umgebung unterliegt, abgesehen von vereinzelter Wohnbebauung, überwiegend industrieller bzw. gewerblicher Nutzung. Teilbereiche, insb. im nordwestlichen Streckenabschnitt, sind von Freiflächen umgeben. An mehreren Stellen wird die Bahnstrecke von Straßen gekreuzt.

### 4.2.3 Untergrundverhältnisse

Für den Bereich PRA5 liegen mehrere Baugrundgutachten des Geotechnischen Ingenieurbüros Dipl.-Ing. A. Pampel vor.

Der Streckenabschnitt liegt im Stadtteil Erfurt-Nord. Landschaftlich gehört das Untersuchungsgebiet zum Innerthüringer Hügelland (Thüringer Becken). Dieses ist geprägt durch eine wechselhafte Morphologie aus flachen Hügeln und Tälern.

Die oberste Bodenschicht von etwa 0,10 bis 0,30 m besteht aus älteren Auffüllungen mit schwankender Kornzusammensetzung, durchsetzt mit Pflanzen- und Wurzelresten. Darunter liegt eine Schicht aus stark verschmutztem Bahnschotter aus dem Rückbau alter Gleisanlagen. Er hat eine Mächtigkeit von ca. 0,70 m. Oberhalb des gewachsenen Bodens sind großflächige Auffüllungen aus grob- bis gemischtkörnigem Kies-Sand-Gemischen mit wechselnden Anteilen an schluffigen und tonigen Beimengungen, verunreinigt durch Bauschutt (Beton, Ziegelbruch), Schlacke sowie organischem Material. Das aufgefüllte Material ist bis 1,20 m mächtig und locker bis mitteldicht gelagert. Darunter befinden sich Ablagerungen aus sandigem Kies mit geringen schluffigen und tonigen Beimengungen.<sup>27</sup>

Die Strecke geht ab ca. km 65,6+50 in eine Dammlage über. Die Böschungsflanken sind stark mit Bäumen und Sträuchern sowie Gras bewachsen. Der Bewuchs reicht stellenweise bis in das Schotterbett. Das aufgeschüttete Material des Bahndammes besteht aus schwach

---

<sup>27</sup> Geotechnisches Ingenieurbüro Dipl.-Ing. A. Pampel GmbH 2021a, 7.

kiesigem, sandigem bis stark sandigem, tonigem Schluff in steifer bis halbfester Konsistenz. Die Schichtdicke beträgt ab der Dammkrone etwa 5,80 bis 6,40 m. Die Schichtuntergrenze liegt bei 186,47 - 187,07 m ü. NHN.<sup>28</sup>

#### 4.2.4 Schutzgebiete

Es sind keine ausgewiesenen Schutzgebiete für den Bereich PRA5 bekannt.

#### 4.2.5 Kontamination und Altlasten

An den Umbaubereich des Hausbahnsteiges grenzt die ALFV B-003037-003 mit einer ausgewiesenen GK 1.2, in welcher eine Belastung mit KKW bis 3 m unter GOK nachgewiesen worden ist. Die GK 1.2 weist eine latente Gefahr mit Belastungen >LAGA Z 2 aus. Weitere Kontaminationen im Umbaubereich des PRA5 sind nicht bekannt.

### 4.3 GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG

Die Klassifizierung der Gefährdung und Kategorisierung von kampfmittelverdächtigen und kampfmittelbelasteten Flächen erfolgt durch die Kombination der Faktoren

- Grundklasse
- Tiefenstufe
- derzeitige oder geplante Nutzung

Die Einstufung der Untersuchungsflächen in Gefährdungsklassen erfolgt anhand der höchsten, vermuteten Grundklasse (vgl. Tab. 1).<sup>29</sup>

---

<sup>28</sup> Geotechnisches Ingenieurbüro Dipl.-Ing. A. Pampel GmbH 2021b, 9.

<sup>29</sup> Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat et al. 2018, 313.

<b>GRUND-KLASSE</b>	<b>BESCHREIBUNG</b>	<b>BEISPIEL</b>
A	Schrott ziviler Herkunft	Getränkedosen; Stahlseil
B	Schrott militärischer Herkunft	Militärtechnische Ausrüstungen oder Teile davon, z. B. Fahrzeugteile
C	Munitionsschrott; ehemalige Munition oder Teile davon ohne gefährliche Stoffe	Exerziermunition
D	Waffen, Waffenteile	Gewehr-, Geschützreste
E	Kampfmittel mit Explosivstoffen ohne Zünder	8 cm Granate ohne Zünder; Splitter/Fragment mit Explosivstoffanhaftung
F	Kampfmittel mit Explosivstoffen und Zünder; Detonationsfähig durch Fremdeinwirkung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Splitterbomben FRAG 20 lb</li> <li>• 500 lb GP Sprengbomben</li> <li>• Großladungsbomben HC 4.000 lb</li> </ul>
G	Kampfmittel mit Explosivstoffen und Zünder; selbstdetonationsfähig oder aufgrund mittelbarer Energiezufuhr wirkfähig	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 500 lb/250 kg Sprengbomben mit Langzeitzünder</li> </ul>
H	Chemische Kampfmittel mit Brand-, Reiz- oder Nebelstoff	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stabbrandbomben (INC 4 lb)</li> <li>• Flüssigkeitsbrandbomben (INC 30 lb)</li> </ul>
K	Kampfmittel mit chemischen Kampfstoffen, mit oder ohne Zünder	Granaten und Bomben des Ersten und Zweiten Weltkriegs, die Kampfstoffe enthalten.

Tabelle 1: Grundklassen der Kampfmittelsräumung. Die für den gegenständlichen Kampfmittelverdacht relevanten Grundklassen sind rot hinterlegt. Eigene Darstellung verändert nach BFR KMR.

Ist durch Explosivstoffmasse und Ablagetiefe der Munition eine Wirkung auf das Schutzgut zu erwarten, wird das mit dem Zusatzbuchstaben w gekennzeichnet. Liegt die Munition an der Oberfläche, wird der Zusatzbuchstabe w um die Zahl 10 erweitert - w10 bezeichnet somit einen Munitionskörper, welcher direkt an der Oberfläche liegt und/ oder eine unmittelbare Gefahr auf das Schutzgut ausübt (vgl. Tab. 2).

<b>GEFÄHRDUNGS-KLASSE</b>	<b>WIRKUNG AUF DAS SCHUTZGUT</b>	<b>BEZEICHNUNG</b>
Grundklasse	Gefährdungsklassen ohne Wirkung auf das Schutzgut	Die Grundklasse wird mit den Buchstaben A bis K der Fundklassen bezeichnet
W-Klasse	Gefährdungsklasse mit Wirkung auf das Schutzgut	Bei der W-Klasse wird der Buchstabe der Grundklasse um das Kürzel „w“ erweitert (z. B. „Fw“)
W10-Klasse	Gefährdungsklasse mit möglicher unmittelbarer Wirkung auf das Schutzgut, da der Fund an der Oberfläche bzw. bis 10 cm unter der Geländeoberfläche liegt	Bei der W10-Klasse wird der Buchstabe der Grundklasse um das Kürzel „w10“ erweitert (z. B. „Fw10“).

Tabelle 2: Tiefenklassen w und w10. Eigene Darstellung verändert nach BFR KMR, 317.

Aus der Kombination von Grundklasse und Gefährdungsklasse resultieren 21 Gefährdungsstufen, die in die folgenden drei Flächenkategorisierungen eingeteilt werden (vgl. Tabelle 3):

GEFÄHRDUNGSKLASSEN			
	Grundklasse	w-Klasse	w10- Klasse
<b>Kategorie 1</b> kein Kampfmittelverdacht	A	nicht relevant	
	B		
	C		
<b>Kategorie 3</b> zurzeit keine Gefährdung	D	Fw	Ew10
	E		Fw10
	F	Gw	Gw10
	G	Hw	Hw10
	H	Kw	Kw10
	K		
<b>Kategorie 4</b> Gefahr Notwendigkeit von Kampfmittlräumung			

Tabelle 3: Ableitung der Flächenkategorien aus den Gefährdungsklassen. Eigene Darstellung verändert nach BFR KMR, 318.

Nach den historischen Erhebungen der Phase A werden neben Funden der Grundklassen A bis D folgende Kampfmittel der Gefährdungsklassen vermutet:

- Fw - km 63,200 - 65,400: Kampfmittel mit Explosivstoffen und Zünder, kein Hinweis auf Bomben mit Langzeitzünder;
- Hw - km 63,200 - 65,400: Chemische Kampfmittel mit Brandstoff;
- Gw10 - km 66,400 - 66,600: Kampfmittel mit Explosivstoffen und selbstdetonationsfähigem oder aufgrund mittelbarer Energiezufuhr wirkfähigem Zünder.

Fliegerbombenblindgänger mit Langzeitzündern sind in die Gefährdungsklasse  $G_w$  und  $G_{w10}$  einzuteilen. In den w-Klassen liegen Kampfmittel in einer Tiefe, bei der durch eine Detonation die Schutzwirkung der überlagernden Böden überwunden wird. Werden Kampfmittel bei Tiefbaumaßnahmen freigelegt oder können mit Tiefbaugeräten in unmittelbaren Kontakt kommen, ist die w10-Klasse anzunehmen, da eine Detonation durch

- unmittelbare Fremdeinwirkung
- bei einer mittelbaren Energiezufuhr z.B. durch Erschütterungen
- durch Selbstdetonation

möglich ist.<sup>30</sup>

Bei reinen Umbaumaßnahmen im nach 1945 nachweislich erneuerten Oberbau ist eine Gefährdung durch Kampfmittel unwahrscheinlich. Bei Bodeneingriffen für das Kabelgefäßsystem und Eingriffen in den Unterbau wie dem Einbau einer PSS ist eine Gefährdung durch Kampfmittel nicht auszuschließen, da in den Gefährdungshorizont

<sup>30</sup> Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat et al. 2018, 320.

eingegriffen wird. Durch den Bodeneingriff ändert sich zwischen km 63,200 und 65,400 die Gefährdungsklasse von  $F_w$  (Kategorie 3) auf  $F_{w10}$  (Kategorie 4).

Zwischen km 66,400 und 66,600 ist durch die mögliche Ausstattung von Bombenblindgängern mit Langzeitzündern per Definition bereits eine Gefährdung der Kategorie 4 vorhanden.

In Bezug auf den Kampfmittelverdacht sind daher folgende Schlussfolgerungen zu treffen:

- Für Teile des Projektgebietes (zwischen km 63,200 und 65,400 und zwischen km 66,400 und 66,600) besteht Verdacht auf Sprengbombenblindgänger.
- Zwischen km 63,200 und 65,400 besteht außerdem Verdacht auf 20 lb Splitterbomben- und 30 lb Brandbombenblindgänger.

Bombenblindgänger und andere sprengkräftige Kampfmittel (Bodenkampfmittel) stellen ein erhebliches Gefährdungspotenzial insbesondere bei Eingriffen in den Baugrund (Erdaushub, grabenlose Leitungsverlegung, Spezialtiefbau) dar. Eine mechanische Einwirkung auf Kampfmittel kann zur Auslösung deren Zündsysteme und in der Folge zur detonativen Umsetzung führen. In einem solchen Fall sind eine Gefährdung von Leben und Gesundheit von Menschen sowie Schäden an Sachgütern zu erwarten.

#### 4.4 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

##### 4.4.1 Bauherrenpflichten

Gemäß BGB ist der Grundstückseigentümer als Zustandsstörer für Gefährdungen und Risiken des Baugrunds verantwortlich, das Baugrundrisiko liegt also bei ihm bzw. dem Bauherrn. Zum Baugrundrisiko gehören auch Kampfmittel und es obliegt dem Grundstückseigentümer/Bauherrn, das Grundstück im Vorfeld einer Baumaßnahme auf eine potenzielle Gefährdung durch Kampfmittel zu untersuchen und ggf. deren Beseitigung zu veranlassen.<sup>31</sup>

Zur Kampfmittelerkundung gehört eine historische Vorerkundung mit ggf. anschließender technischer Untersuchung (Sondierung) und Beräumung. Wer ohne Kampfmittelerkundung baut, macht sich unter Umständen nach § 308 StGB (Herbeiführen einer Sprengstoffexplosion) oder § 319 StGB (Baugefährdung) strafbar.<sup>32</sup>

Zu den Grundpflichten eines Arbeitgebers gehört die Gewährleistung der Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten (§ 3 ArbSchG), wozu auch die Vermeidung von Risiken durch Kampfmittel im Baugrund gehört.<sup>33</sup> Da die Deutsche Bahn nicht nur die Bauherrschaft

---

<sup>31</sup> Deutscher Bundestag 1896, § 1004 Abs. 1.

<sup>32</sup> Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz 1871.

<sup>33</sup> Deutscher Bundestag 1996.

inhält, sondern auch Arbeitgeberin für die eigenen Mitarbeitenden ist, ist das ArbSchG anwendbar.

Somit ist der Grundstückseigentümer/Bauherr verpflichtet, Maßnahmen zur Vermeidung von Gefährdungen bzw. Risikominimierung durch Kampfmittel zu ergreifen und ist für die Ausführung von Maßnahmen der Gefahrenabwehr und die Sicherheit des beschäftigten Personals nach allgemein anerkannten Regeln der Technik verantwortlich. Aus vertragsrechtlicher Sicht sind für eine sichere und fachlich ordnungsgemäße Kampfmittelerkundung die Vorgaben der VOB/C DIN 18299 und 18323<sup>34</sup> und die BFR KMR (2018) einzuhalten.<sup>35</sup> Die konkrete Umsetzung dieser Vorgaben in Bezug auf Kampfmittel wird in der DGUV-I 201-027 spezifiziert.<sup>36</sup>

#### 4.4.2 Allgemeines Eisenbahngesetz

Für Eisenbahnanlagen ist das Allgemeine Eisenbahngesetz (AEG) anzuwenden. Nach §4 (3) sind die Eisenbahnunternehmen verpflichtet, die Eisenbahninfrastruktur sicher zu bauen und in betriebssicherem Zustand zu halten. Baumaßnahmen an Betriebsanlagen der Eisenbahn erfordern eine Planfeststellung (§18 AEG), in welcher - im Rahmen der Abwägungen - öffentliche und private Belange geprüft werden.

#### 4.4.3 Landesspezifische rechtliche Vorgaben

Mit der Kampfmittelsuche, konkret dem Sondieren, Freilegen, Sammeln und Zwischenlagern von Kampfmitteln, ist in Thüringen durch Eigentümer und Berechtigte ein nach dem Sprengstoffgesetz geeignetes Unternehmen zu beauftragen.<sup>37</sup>

Die Entschärfung, der Transport, die Lagerung und die Vernichtung von Kampfmitteln werden im Freistaat Thüringen gem. § 4 Abs. 3, KampfMGAVO durch das Unternehmen

Tauber Delaborierung GmbH  
Osterlange 25  
99189 Elxleben  
Telefon: +49 361 493060  
Fax: +49 361 4930699

sichergestellt.<sup>38</sup>

---

<sup>34</sup> Deutsches Institut für Normung 2019.

<sup>35</sup> Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat et al. 2018.

<sup>36</sup> Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung 2020.

<sup>37</sup> Thüringer Landesverwaltungsamt 2016c.

<sup>38</sup> Thüringer Landesverwaltungsamt 2016a.



#### 4.4.4 Sicherheits- und Gesundheitsschutz

Für Gefahren, die von einer Liegenschaft ausgehen, haftet der Eigentümer/Bauherr als Zustandsstörer. Der Grundstückseigentümer bzw. Bauherr ist für die Beseitigung konkreter Gefahren durch Kampfmittel verantwortlich. Es ist die Verantwortung des Bauherrn, dass die im jeweiligen Bundesland geltenden Anforderungen in Bezug auf ein vorhandenes Kampfmittelrisiko durch Kampfmittelerkundungs- und -räumarbeiten erfüllt werden. Gemeinsam mit den bauausführenden Firmen sind dabei die erforderlichen Maßnahmen (gemäß den landesrechtlichen Vorschriften) zur Vermeidung einer Gefährdung durch/bei den Baumaßnahmen zu veranlassen. Es besteht Aufklärungs- und Unterweisungspflicht aller am Bau beschäftigter Personen hinsichtlich der von Kampfmitteln ausgehender Gefahren.<sup>39</sup>

#### 4.5 MAßNAHMENBESCHREIBUNG

Für alle messtechnischen Verfahren und Räumverfahren der Kampfmittelräumung gilt, dass sie im § 1b (1) Z. 3 lit. d) SprengG 2002 idGF erfasst sind. Demnach dürfen auch nichtinvasive Messverfahren nur durch Unternehmen mit Erlaubnis nach §7 SprengG und unter Leitung eines Befähigungsscheininhabers gemäß § 20 SprengG als verantwortliche Person gemäß § 19 SprengG ausgeführt werden.<sup>40</sup>

##### 4.5.1 Veranlassung und Zielstellung

Um die Gefährdung durch nicht detonierte Fliegerbomben für die umfangreichen Baugrundeingriffe im Zuge des Streckenausbaus zu PRA5 Erfurt Gispersleben – Erfurt Johannesvorstadt zu minimieren und bestenfalls auszuschließen, wird eine Kampfmittelräumung unter folgenden Grundvoraussetzungen geplant:

- Die Kampfmittelräumung ist so auszurichten, dass vom Baugrund keine, über das allgemeine Lebensrisiko hinaus gehende, Gefährdung von Leib und Leben Beteiligter oder Unbeteiligter, ausgeht. Diese Gefährdung ist abhängig von Art und Umfang der potenziellen Kampfmittelbelastung, den bodeneingreifenden Arbeiten sowie der Nutzungshistorie und den Standortfaktoren des Baufelds.
- Im Vorfeld bodeneingreifender Arbeiten muss als Maßnahme der Gefahrenabwehr eine Untersuchung der betreffenden Fläche in den jeweiligen Verdachtshorizont oder die jeweilige Tiefe der Erdingriffe auf potenziell vorhandene Munition und deren Reste erfolgen. Im Bereich Johannesvorstadt und Gispersleben rechnet das mit der staatlichen Kampfmittelbeseitigung beauftragte Unternehmen mit einem Verdachtshorizont bis 3 m Tiefe unter der GOK1945 für mittlere Fliegerbombenblindgänger.<sup>41</sup> Dem gegenüber werden in den meisten anderen Bundesländern die Eindringtiefe von mittleren (500 lb) bis großen (1.000 lb) Fliegerbombenblindgängern bis etwa 6 m unter GOK 1945 angenommen.

---

<sup>39</sup> Deutsches Institut für Normung 2019, 9.

<sup>40</sup> Deutscher Bundestag 1976.

<sup>41</sup> West 2021.

- In der Kampfmittelvorerkundung werden Ablagetiefen für Splitterbomben bis 1 m unter GOK angegeben, bei Sprengbomben bis 4 m unter GOK.<sup>42</sup>

Aus gutachterlicher Sicht sind die vorgenannten Tiefenangaben zu allgemein und vage gehalten. Unter Berücksichtigung wird der Gefährdungshorizont der lokalen Untergrundgegebenheiten einer vertieften Prüfung unterzogen.

Zur Abschätzung der Eindringtiefen von Fliegerbombenblindgängern in den Boden kann die Formel

$$P = 0,23 \frac{M}{d^2} * A * K$$

verwendet werden.<sup>43</sup> Sie stellt eine vereinfachte Form der *Petry-Formel* (1910) dar.

Dabei gilt:

P = Eindringtiefe in *ft*

M = Masse der Bombe in *lb*

A = Geschwindigkeitskoeffizient bei 300 m/s = 7,5 Festwert

K = Bodenkoeffizient (Sand = 2,9; Toniger Boden = 5,8)

d = Durchmesser in *Inch*

Am Beispiel von US-amerikanischen GP-Bomben (vgl. Tab. 4) sind folgende Eindringtiefen zu erwarten:

<b>BODENART</b> <b>KALIBER</b>	<b>SANDIG HOMOGEN</b> <b>KOEFFIZIENT 2,9</b>	<b>MISCHMATRIX</b> <b>KOEFFIZIENT 4</b>	<b>TONIG HOMOGEN</b> <b>KOEFFIZIENT 5,8</b>
50 kg	2,4 m	3,1 m	4,6 m
125 kg	3,3 m	4,4 m	6,5 m
250 kg	3,9 m	5,2 m	7,6 m
500 kg	4,5 m	5,9 m	8,7 m

Tabelle 4: Mit der PETRY-Formel berechnete Eindringtiefen für Fliegerbombenblindgänger. Eigene Darstellung.

Ausgehend von einer Abwurfhöhe von mehr als 5.000 m über Grund dürften mittelschwere Sprengbomben bis in Tiefen von 4 m bis 5 m unter GOK 1945 zu erwarten sein.

#### 4.5.2 Räumziel

Aufgrund der Komplexität des Bauvorhabens, welches während Betrieb und Bestand entstehen soll, sowie den umfangreichen Störungen in Bezug auf die geophysikalische De-

<sup>42</sup> Staude et al. 2020, 13.

<sup>43</sup> WAR DEPARTMENT, 1940, 46f.

tektion von Kampfmitteln durch den Bahnbetrieb und dessen Infrastruktur ist eine systematische, flächendeckende Kampfmittelräumung mit dem Ziel der Herstellung einer uneingeschränkten Kampfmittelfreiheit nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik weder im Vorfeld des Bauvorhabens noch während dessen Durchführung erreichbar. Daher ist das Ziel aller Maßnahmen eine Kampfmittelräumung zur Verhütung von Schäden durch Kampfmittel bei der Ausführung der geplanten Bauarbeiten.

Kampfmittel sind in den Bereichen zu räumen, in welchen so in den Baugrund eingegriffen wird, dass eine Gefahr durch Kampfmittel anzunehmen ist. In Bereichen, in denen nicht in den Baugrund eingegriffen wird, ist keine Kampfmittelräumung durchzuführen. Dabei wird die Kampfmittelräumung einerseits auf konkrete Verdachtsstrukturen und andererseits auf Maßnahmen des Spezialtiefbaus (Rammarbeiten, Bohrungen, etc.) beschränkt.

In Bereichen mit Verdacht auf Abwurfmunition gilt als Räumziel das Auffinden von Splitterbombenblindgängern ab 20 lb/9 kg.

- Bei Arbeiten, welche ausschließlich im nach 1945 erneuerten Gleisoberbau stattfinden, ist keine Kampfmittelräumung erforderlich.
- Bei Bodeneingriffen bis 1,50 m Tiefe wird die Einschränkung des Räumzieles auf die jeweilige Eingriffstiefe empfohlen.
- Bei tiefer eingreifenden Arbeiten (z.B. Gründungen von Signalmasten oder Lärmschutzwänden) ist eine entsprechend tiefere Kampfmittelräumung im Vorfeld erforderlich.

Auch in Bereichen ohne erkennbare oder ausgewiesene Belastung ist das Vorkommen von Munition als sekundäre Belastung durch spätere Materialverlagerung nicht grundsätzlich auszuschließen.<sup>44</sup> Das Risiko durch Umverlagerung ist ex-ante nicht beurteilbar. Werden in einem unbelasteten Bereich Kampfmittel angetroffen, ist nachträglich eine neuerliche Gefährdungsabschätzung durchzuführen. Erforderliche Schutzmaßnahmen sind im Ergebnis der erneuten Gefährdungsabschätzung umzusetzen.

## 4.6 MESSVERFAHREN

### 4.6.1 Geomagnetik

Die Geomagnetik ist das in der Kampfmittelsuche am häufigsten eingesetzte geophysikalische Verfahren, da der überwiegende Teil der Kampfmittel mit Explosivstoffinhalt ferromagnetische Körper aus Eisen oder Stahl haben. Geomagnetische Detektionsverfahren basieren auf der Ermittlung magnetischer Anomalien im Erdmagnetfeld, hervorgerufen durch diese ferromagnetischen Elemente. Diese sind permanent sowie durch äußere magnetische Felder (hier: Erdmagnetfeld) magnetisierbar, was in der Ausbildung eines lokalen Dipolfeldes resultiert, welches mit entsprechender Messtechnik detektiert werden kann. Um einen

---

<sup>44</sup> Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat et al. 2018, 136.

magnetisch wirkenden Körper eindeutig vom Rauschen seiner Umgebung zu unterscheiden, muss ein ausreichend großer Kontrast des Nutzsignales zum Rauschen gegeben sein. Das Rauschen kann unterschiedliche Ursachen haben, wie

- anthropogenes Umgebungsrauschen
- geogenes Hintergrundrauschen
- Bewegungsrauschen
- Instrumentenrauschen
- Messfehler

In der Kampfmittelbeseitigung kommen zur Detektion i.d.R. Differenzmagnetometer bzw. Gradiometer zum Einsatz - Ausschläge weisen auf Anomalien, d.h. mögliche Kampfmittel mit Eisenanteil, hin. Aufgrund der Funktionsweise werden alle ferromagnetischen Störeinflüsse (eisenhaltige Körper oder Bodenanteile, Bausubstanz u.Ä.), aber auch elektromagnetische Felder (Strom) im näheren Umfeld erfasst, was einen Einsatz in entsprechend gestörten Bereichen erschwert bzw. oftmals verhindert.

Geomagnetik wird entweder zerstörungsfrei (Verfahren Oberflächensondierung) oder invasiv (Verfahren Bohrlochsondierung) eingesetzt. Die Messdaten werden kontinuierlich aufgezeichnet und im Anschluss an die Sondierung auf Anomalien ausgewertet.

#### 4.6.2 Elektromagnetik

Wesentliches Unterscheidungsmerkmal der elektromagnetischen Messungen gegenüber der Geomagnetik ist das Einbringen von Energie in das zu untersuchende Medium, weshalb sie als „aktive Verfahren“ bezeichnet werden. Aktuell werden zwei Messverfahren in der Kampfmittelräumung angewandt:

- Georadar
- Transienten-Elektromagnetik oder time-domain Elektromagnetik (TDEM)

##### 4.6.2.1 TDEM

Bei der Transienten-Elektromagnetik wird durch das Ein- und Ausschalten der Sendespule ein pulsierendes elektromagnetisches Primärfeld erzeugt, welches in elektrisch leitfähigen Körpern Wirbelströme induziert. Die dadurch erzeugten elektromagnetische Sekundärfelder sind messbar. Neben ferromagnetischen Stoffen können mit diesem Verfahren alle elektrisch leitfähigen Metallkörper (darunter unmagnetische Stoffe wie Kupfer, Aluminium oder Messinglegierungen) festgestellt werden. Die Untersuchungsfläche wird systematisch und gleichmäßigen Bahnen folgend auf Anomalien sondiert. Bei diesem messtechnischen Verfahren wird zwischen handgeführten Metallsuchgeräten (MSG) und EDV-gestützten Sondierarrays unterschieden.

Je nach Größe der Spulendurchmesser und gesuchten Kampfmittel beträgt die Tiefenreichweite ca. 1 m bis 2 m. Unter idealen Messbedingungen können große Objekte auch in 3 m Entfernung erfasst werden.<sup>45</sup>

#### 4.6.2.2 *Georadar*

Das Georadar gibt hochfrequente elektromagnetische Impulse aus, deren Reflexionen Grenzflächen mit hohem Kontrast wie z.B. Erdreich (Nichtleiter) und Metallkörper (Leiter) gestreut werden. Die Laufzeit und die Intensität der reflektierten Wellen können gemessen werden und lassen Rückschlüsse auf die Verhältnisse im Untergrund zu. Die Gesamtheit der Signale wird hierfür computergestützt erfasst, bearbeitet bzw. gefiltert und ausgewertet. Hohe Frequenzen bieten bei geringen Eindringtiefen hohe Auflösungen, niedrige Frequenzen können bei geringerer Auflösung tiefer in den Boden eindringen.

Homogene und trockene Böden, die häufig den Unterbau von Bahndämmen prägen, bieten gute Voraussetzungen für Georadarmessung. Georadar ist gut geeignet, um größere Objekte wie Bombenblindgänger  $\geq 100 \text{ lb}/50 \text{ kg}$  bis zu einer Tiefe von ca. 1,0 bis 2,0 m unter Geländeoberkante (Schwellenoberkante) zu detektieren. Wenn in Einzelfällen größere Reichweite erzielbar sind, muss das im Rahmen der Auswertung belegt werden. Aussagen über Sondier-Reichweiten von 4 bis 6 m bei Sondierungen im Gleisbereich sind unglaublich.<sup>46</sup> Für die Detektion von kleinkalibrigen Kampfmitteln (Bodenkampfmitteln bis Kaliber 12,8 cm) bis 1,5 m unter Schwellenoberkante ist Georadar nicht geeignet.<sup>47</sup> Heterogener Untergrund, wie Auffüllungen in Bombentrümmern, erschwert die Datenauswertung erheblich.<sup>48</sup>

Für einen erfolgreichen Einsatz von Georadar sind im Vorfeld Kleineisen abzusammeln und Hohlräume in den Schwellenfächern (z.B. bei Weichen) temporär mit Sandsäcken auszufüllen, um eine gute Ankopplung des Georadars für die Sondierung zu gewährleisten.

### 4.7 SONDIERVERFAHREN

#### 4.7.1 Oberflächensondierung

Als Oberflächensondierung werden Sondierverfahren bezeichnet, welche ohne Bodeneingriff durchgeführt werden. Dabei werden die Messanordnungen in einem regelmäßigen Raster an der Geländeoberkante zum Einsatz gebracht. Bei der Flächensondierung wird das zu untersuchende Areal in gleichmäßigen Spuren auf kampfmittelrelevante Störkörper abgesucht. Die Art und Größe detektierbarer Körper hängt von den eingesetzten Gerätschaften bzw. dem zugrundeliegenden physikalischen Messprinzip ab. Je nach Belastungsgrad und Umgebungsverhältnissen können in Abhängigkeit des

---

<sup>45</sup> WINKELMANN, K., 04.04.2008.

<sup>46</sup> Winkelmann 2019, 36.

<sup>47</sup> Ebd., 36.

<sup>48</sup> Ingenieurtechnischer Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V. 2013.

eingesetzten Verfahrens Anomalien verschiedener Größe bis in unterschiedliche Tiefen detektiert werden. Hierbei gilt: Je ‚kleiner‘ das gesuchte Objekt, d.h. je geringer sein Kontrast zum Hintergrund, desto geringer ist die Detektionsreichweite eines Messverfahrens zu bewerten. Ein Verdacht auf tiefliegende Bombenblindgänger, ist oftmals nur durch invasive Verfahren (vgl. Kap. 4.7.2) auszuräumen.

Voraussetzung für eine zielführende Sondierung ist, unabhängig vom eingesetzten Verfahren, ein möglichst ungestörter Boden ohne Auffüllungen, Metallschrott o.ä. Ebenso stellen unterirdische Leitungen oder ober- und unterirdische Bauwerke erhebliche Störungen dar.

Je nach eingesetztem Verfahren erfolgt eine Oberflächensondierung EDV-gestützt mit Einkanal- oder Mehrkanalsystem. Dabei ist der Spurabstand der Sensoren entsprechend den Vorgaben des Räumziels und der Anforderungen an die Auswertung auszuwählen.

Auch eine Vorgehensweise mit handgeführter Sonde ist möglich. Dabei werden keine Messwerte aufgezeichnet, sondern gemessene Anomalien entweder markiert oder direkt freigelegt und verifiziert.

#### **4.7.1.1      *Geomagnetische und elektromagnetische (TDEM) Oberflächensondierung***

Zerstörungsfreie geomagnetische und elektromagnetische (TDEM) Sondierung sind nur dann geeignet, wenn die Gleise und Schwellen sowie andere Infrastruktur vor der Sondierung zurückgebaut wird. Die hohen Stahl- und Metallanteile der Infrastruktur überprägen sonst die Anomalien, welche von Bombenblindgängern erzeugt werden.

Werden jedoch die Gleise im Vorfeld zurückgebaut, können im Einzelfall zerstörungsfreie geomagnetische und elektromagnetische (TDEM) Sondierung geeignet sein, Bombenblindgänger ab 100 lbs/ca. 50 kg in geringen Tiefen zu detektieren.<sup>49</sup>

#### **4.7.1.2      *Oberflächensondierung mit Georadar***

Homogene und trockene Böden, die häufig den Unterbau von Bahndämmen prägen, bieten gute Voraussetzungen für Georadarmessung. Georadar ist gut geeignet, um größere Objekte wie Bombenblindgänger  $\geq 100$  lb/50 kg bis in Tiefen von rund 2,0 m unter Schwellenoberkante zu detektieren. Wenn in Einzelfällen größere Reichweite erzielbar sind, muss das im Rahmen der Auswertung belegt werden. Für die Detektion von kleinkalibrigem Kampfmitteln (Bodenkampfmitteln bis Kaliber 12,8 cm) ist Georadar nicht geeignet.<sup>50</sup>

---

<sup>49</sup> Winkelmann 2019, 36.

<sup>50</sup> Ebd., 36.



Für einen erfolgreichen Georadar-Einsatz sind im Vorfeld Kleineisenteile abzusammeln und Hohlräume in den Schwellenfächern (z.B. bei Weichen) temporär mit Sandsäcken auszufüllen, um eine gute Ankopplung des Georadars für die Sondierung zu gewährleisten.<sup>51</sup>

#### 4.7.2 Bohrlochsondierung

Die Bohrlochsondierung wird zur Suche nach tief im Boden oder unter metallisch gestörten Oberflächen liegenden Bombenblindgängern eingesetzt. Dazu wird ein Raster von Bohrlöchern mit einem Abstand, welcher abhängig von den Bodenverhältnissen, der Größe der zu erwartenden Bombenblindgänger und des gewählten Messverfahrens ist, erstellt. In diesen Bohrlöchern werden die geophysikalischen Messungen durchgeführt.

##### 4.7.2.1 *Geomagnetik im Bohrloch*

Die geomagnetische Bohrlochsondierung wird in der Tiefe lediglich durch die Bohrlochtiefe begrenzt. Bis zu einer Tiefe von 1,5 m unter Schwellenoberkante bei vorhandenen Gleisen ist die geomagnetische Bohrlochsondierung wegen des hohen Stahlanteils der Schienen nicht zuverlässig auswertbar.

Vor Beginn der Arbeiten ist der Rauschanteil im Boden festzustellen, um den benötigten Bohrlochabstand zu ermitteln. Dieser sollte nur in begründeten Ausnahmen 1,50 m überschreiten.<sup>52</sup> Die Bohrungen werden im gleichseitigen Dreieck angelegt. Die Bohrlöcher werden mit amagnetischen Leerrohren verrohrt, in welchen die Messungen mittels Magnetometer durchgeführt werden. Messungen mit 3-Achs-Gradiometern entsprechen den allgemein anerkannten Regeln der Technik. Reine Vertikalgradiometer sollten im Umfeld von Gleisanlagen ausschließlich in ausführlich begründeten Einzelfällen zum Einsatz kommen. Die 3-Achs-Magnetometertechnik erlaubt eine genauere Bewertung hinsichtlich Größe, Orientierung und Lage der detektierten Anomalien.

Die Einschränkung der geomagnetischen Bohrlochsondierung durch die vorhandenen Schienen und Einbauten macht die Messungen der oberen 1,5 m mit Georadar erforderlich. Durch die Kombination beider Messverfahren ist in der Regel eine fachlich einwandfreie und belastbare Aussage zur Kampfmittelfreiheit möglich.<sup>53</sup>

##### 4.7.2.2 *Georadar im Bohrloch*

Das Bohrlochradar-Verfahren eignet sich zur Detektion von Bombenblindgängern ab 100 lbs / 50 kg in homogenen Sedimenten wie Sanden und Kiesen. Diese können auch wassergesättigt sein, sofern der Salzgehalt nicht zu hoch ist. Nicht geeignet ist Bohrlochradar in der Regel für die Detektion von Bombenblindgängern in bindigen (Schluff, Ton, Torf) oder

---

<sup>51</sup> Ebd., 36.

<sup>52</sup> Wegener et al. 1954.

<sup>53</sup> Winkelmann 2019, 36.



inhomogenen Sedimenten sowie in gestörten Böden, Bauschuttablagerungen oder verfüllten Bombentrichtern.

Durchgeführt werden Reflexions- und Transmissionsmessungen (Crosshole-Messungen). Bei Reflexionsmessungen werden Sende- und Empfangsantenne in einem Bohrloch übereinander fest verbunden in einem Bohrloch geführt. Bei Transmissionsmessungen (Durchleuchtung) werden Sende- und Empfangsantenne in getrennten Bohrlöchern geführt und der dazwischen liegende Bereich so überprüft.

Die in der Kampfmittelräumung verwendeten Bohrlochradarantennen und –systeme sind Sonderanfertigungen und werden nur von spezialisierten Anbietern eingesetzt. Durch die geringe Zahl an Anbietern kommt es bei Bohrlochgeoradar zu einer Wettbewerbsbeschränkung.

#### 4.8 BAUBEGLEITENDE KAMPFMITTELRÄUMUNG

Arbeiten zur Kampfmittelsondierung und -räumung haben im Vorfeld von Bodeneingriffen stattzufinden. Der Erd- oder Spezialtiefbau erfolgt erst nach beendeter Kampfmittelräumung, d.h. nach der Bergung aller Verdachtspunkte und der schriftlichen Freigabe der zu bearbeitenden Fläche.

Im Falle starker Störfelder durch Bestandsbebauung, Stromführung, Auffüllungen oder den vorhandenen Gleiskörper, welche eine zielführende Kampfmittelräumung mit Ausweisung von Verdachtspunkten und Einzelbergung unmöglich machen, stellt eine baubegleitende Kampfmittelräumung die letzte (in Betracht kommende) Option dar. Sie ist kein eigenständiges technisches Verfahren, sondern eine Kombination der *visuellen Kampfmittelräumung* und *Räumung durch Bodenabtrag* (Volumenräumung) während der Bauarbeiten.<sup>54</sup>

Sie erfolgt durch eine *Verantwortliche Person* gemäß § 19 SprengG (Befähigungsscheininhaber nach § 20 SprengG). Während des lagenweisen Abzugs des Schotter- und Bodenmaterials wird der entstehende Graben und Aushub eingehend visuell und - bei Bedarf – mit Einsatz von Sonden auf kampfmittelrelevante Anomalien geprüft. Dieser Vorgang wiederholt sich bis zum Erreichen der geplanten Aushubsohle. Es gilt zu beachten, dass es sich hierbei um eine räumlich auf den ausgekofferten Bereich begrenzte Kampfmittelfreigabe handelt. Auch die Freigabetiefe ist auf die erreichte Sohle begrenzt. Dieses Verfahren ist nur bei offener Bauweise möglich.<sup>55</sup>

---

<sup>54</sup> Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung 2020, 22ff.

<sup>55</sup> Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat et al. 2018, 523f.

Bei einer baubegleitenden Kampfmittelräumung wird die Baustelle, oder Teile davon, zu einer Kampfmittel-Räumstelle. Dazu ist uneingeschränkte Weisungsbefugnis der Verantwortlichen Person (nach § 19 SprengG) vor Ort sicherzustellen.

#### 4.9 VERDACHTSPUNKTE UND KAMPFMITTELBERGUNG

Sind in Zuge der Kampfmittelräumung Verdachtspunktöffnungen notwendig, erfolgen diese durch den Auftragnehmer Kampfmittelräumung. Abhängig von der Lagetiefe und Bodenbeschaffenheit werden diese mittels Hand- oder Maschinenschachtung durchgeführt.

Tritt im Zuge der Verdachtspunktöffnung oder baubegleitenden Kampfmittelräumung nicht handhabungs- oder transportfähige Fundmunition zutage, sind sämtliche Arbeiten sofort einzustellen. Die Fundstelle ist zu markieren und vor dem Zutritt Unbefugter zu schützen. Der Gefahrenbereich ist umgehend zu verlassen und die Ordnungsbehörde gem. § 1 Ordnungsbehördengesetzes oder eine Polizeidienststelle ist unverzüglich zu verständigen. Diese koordiniert die weiteren Schritte. In Abhängigkeit von Munitionsart, Fundstelle und Zustand des Kampfmittels bestimmt der verantwortliche Truppführer des zur Entschärfung, Transport, Lagerung und Vernichtung von Kampfmitteln im Freistaat Thüringen beauftragten Unternehmens Tauber Delaborierung GmbH das weitere Vorgehen.

Wenn es sich um ein nicht transportfähiges Kampfmittel handelt, welches an Ort und Stelle entschärft oder vernichtet werden muss, wird durch den verantwortlichen Truppführer ein Sicherheitsradius festgelegt, der von Kaliber, Lagetiefe, Position und Zustand des Kampfmittels abhängig ist. Die Anordnung von Evakuierungsmaßnahmen obliegt den örtlichen Ordnungsbehörden. Tritt dieser Fall ein, müssen die Bahnanlagen gesperrt und der Zugverkehr im Evakuierungsbereich stillgelegt werden.

Die konkrete Festlegung von Schutzmaßnahmen ist stets einzelfallbezogen und situationsabhängig. Abschätzungen im Voraus sind hierzu nicht möglich. Die Ordnungsbehörde ist ebenfalls für die einzelfallbezogene Gefährdungsabschätzung und Schutzmaßnahmenbestimmung bezüglich durch COVID-19 geltender Einschränkungen verantwortlich.

#### 4.10 ANZEIGE UND GENEHMIGUNG

Das zur Kampfmittelräumung beauftragte Unternehmen hat dem Thüringer Landesverwaltungsamt, Referat 230, Weimarplatz 4, 99423 Weimar, die Kampfmittelräumung rechtzeitig (14 Tage im Voraus gem. § 14 SprengG) vor Beginn der Arbeiten schriftlich anzuzeigen.

Nach Beendigung der Kampfmittelsuche ist dem Thüringer Landesverwaltungsamt ein Abschlussbericht einschließlich eines Lageplanes, aus dem die Größe der abgesuchten Fläche

ersichtlich ist, zu übergeben. Vorkommnisse im Zusammenhang mit der Kampfmittelsuche sind dem Thüringer Landesverwaltungsamt unverzüglich anzuzeigen.<sup>56</sup>

#### 4.11 HANDLUNGSEMPFEHLUNG

##### 4.11.1 Vorgehensweise im Untersuchungsgebiet

Die oberflächennahen Untersuchungen bis 1,5 m Tiefe werden mit Georadar ausgeführt, die weiter in die Tiefe reichenden Untersuchungen als geomagnetische Bohrlochsondierungen mittels 3-Achs-Gradiometer. Durch die geophysikalischen Untersuchungen mit beiden vorgenannten Sondier- und Messverfahren wird der Untergrund auf Bombenblindgänger  $\geq 100$  lb/50 kg untersucht. Die Kombination beider Verfahren macht eine fachlich einwandfreie und belastbare Aussage zur Kampfmittelfreiheit für Bombenblindgänger  $\geq 100$  lb/50 kg möglich.

Oberflächennah (bis 1,5 m Tiefe) erkannte Anomalien werden im weiteren Baufortschritt durch baubegleitende Kampfmittelräumung untersucht und beseitigt. Werden Anomalien in größeren Tiefen festgestellt, sind zur Verifizierung des Kampfmittelverdachtes gezielte Aufgrabungsarbeiten durch den Auftragnehmer Kampfmittelräumung durchzuführen. Dabei können, abhängig von den örtlichen Gegebenheiten, auch Spezialverbaumaßnahmen notwendig werden.

Bei Arbeiten, welche tiefer als 1,5 m in dem Untergrund eingreifen, sind zusätzlich noch Bohrlochsondierungen durchzuführen. Da ein Verdachtshorizont für Abwurfmunition mit 5 m unter GOK1945 angenommen werden kann, sind die Bohrlöcher bis in eine Tiefe von 6 m unter GOK herzustellen. Damit wird eine einwandfreie messtechnische Erfassung von Anomalien in 5 m Tiefe gewährleistet.

In magnetisch stark gestörten Bereichen von Bahnanlagen ist eine vorlaufende Detektion von kleineren Kampfmitteln, in diesem Fall von 4 lb Stabbrandbomben, 20 lb Splitterbomben und 30 lb Flüssigkeitsbrandbomben, durch geo- und elektromagnetische Verfahren, ohne das Entfernen von Schienen und unterirdischen Einbauten, nicht mit ausreichender Sicherheit möglich. Die Wirksamkeit von Georadar zur Detektion von kleinkalibrigen Kampfmitteln wird ebenfalls verneint.<sup>57</sup>

##### 4.11.1.1 BE-Fläche

Die Überprüfung der BE-Fläche erfolgt durch eine EDV-gestützte Oberflächensondierung mittels Geomagnetik. Nach erfolgter Messwertaufnahme werden die Ergebnisse der

---

<sup>56</sup> Thüringer Landesverwaltungsamt 2016b.

<sup>57</sup> Winkelmann 2019, 36.

Auswertung, mitsamt Verdachtspunktausweisung, zwischen den Beteiligten abgestimmt. Die zu sondierende Fläche beträgt insgesamt etwa 400 m<sup>2</sup>.

#### **4.11.1.2 Kabelgefäßsystem und Querungen in offener Bauweise**

Durch Georadarsondierung sind in einem 2 m breiten Streifen Bombenblindgänger  $\geq 100$  lb/50 kg festzustellen oder auszuschließen. Werden relevante Anomalien festgestellt, sind diese unter baubegleitender Kampfmittelräumung zu beseitigen. Wegen der Gefährdung durch kleinkalibrige Abwurfmunition (4 lb Stabbrandbomben, 20 lb Splitterbomben und 30 lb Flüssigkeitsbrandbomben), welche nicht sicher detektiert werden können, ist eine durchgehende baubegleitende Kampfmittelräumung notwendig. In den Bereichen, in welchen baubegleitende Kampfmittelräumung ausgeführt wird, ist, in Abhängigkeit von den Befunden (lagenweise Sondierung und Überprüfung von Anomalien), mit einer Reduzierung der Produktivität/Leistung von 20 % bis maximal 50 % zu rechnen.

#### **4.11.1.3 Querungen geschlossene Bauweise**

Durch Georadarsondierung sind in einem 2 m breiten Streifen Bombenblindgänger  $\geq 100$  lb/50 kg festzustellen oder auszuschließen. Nach der Auswertung der Radarsondierung wird die Trasse der Querung, wenn sie tiefer als 1,50 m unter SOK ausgeführt wird, mit zwei Bohrlochreihen im Abstand von 1,30 m und einem Bohrlochabstand von 1,50 m geomagnetisch im Bohrloch mit 3-Achs-Gradiometer untersucht (vgl. Abb. 3).

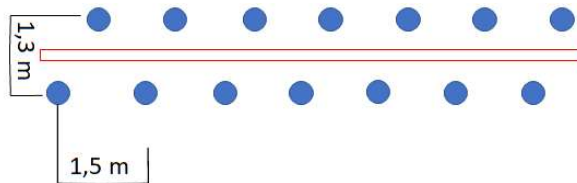


ABBILDUNG 3: Anordnung der Bohrlöcher für Bohrlochsondierung. Eigene Darstellung.

Ziel ist die unbeschränkte Freigabe eines 2 m breiten Streifen bis 6 m Tiefe für die Querungen in geschlossener Bauweise, unabhängig vom Durchmesser des Stahlschutzrohres und der Einbautiefe. Die Untersuchung ist auf die Start- und Zielgruben auszuweiten.

#### **4.11.1.4 Schachtbauwerke**

Schachtbauwerke für Querungen in geschlossener Bauweise werden bei den kampfmitteltechnischen Untersuchungen der Querungen bereits mit abgedeckt.

Alle anderen Standorte für Schachtbauwerke sind durch Georadarsondierung auf Bombenblindgänger  $\geq 100$  lb/50 kg zu überprüfen. Auftretende relevante Anomalien werden bei der nachfolgenden baubegleitenden Kampfmittelräumung beseitigt. Danach kann der Schacht eingebaut werden.

#### **4.11.1.5 Eingrabemasten Beleuchtung**

An den Standorten der 41 Eingrabemasten ist baubegleitende Kampfmittelräumung (Kampfmittelräumung durch Abtrag von Boden und sonstigen Stoffen sowie visuelle Kampfmittelräumung) durchzuführen. Das Aushubmaterial ist visuell zu überprüfen und mit Sonden zu untersuchen.

#### **4.11.1.6 Aufstellflächen ESTW Module**

Das ESTW-Modul wird als kritische Infrastruktur angesehen. Im Plan ist die Ausdehnung der Aufstellfläche mit 7,5 m x 3 m angegeben. Der Aufstellbereich sollte durch die Kampfmittelräumung ohne Tiefeneinschränkungen auf Bombenblindgänger  $\geq 100$  lb/50 kg untersucht und freigegeben werden.

Durch Georadarsondierung sind Bombenblindgänger  $\geq 100$  lb/50 kg bis 1,5 m Tiefe festzustellen oder auszuschließen. Nach der Auswertung der Radarsondierung werden die Aufstellflächen mit Bohrlochreihen im Abstand von 1,30 m und Bohrlochabstand von 1,50 m geomagnetisch im Bohrloch mit 3-Achs-Gradiometer untersucht (vgl. Abb. 4).

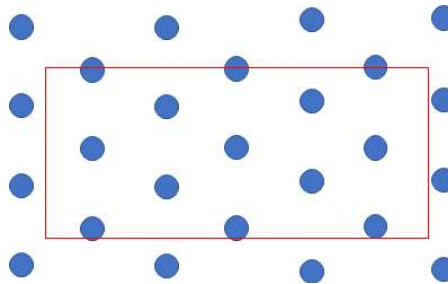


ABBILDUNG 4: Anordnung der Bohrlöcher für Bohrlochsondierung Aufstellfläche ESTW Modul. Eigene Darstellung

Die Anordnung der Bohrlöcher erfolgt im Abstand von 1,5 m, die Bohrlochreihen haben zueinander einen Abstand von 1,3 m. Mit dem vorgesehenen Bohrraster wird die Grundfläche vollständig untersucht. Bodeneingriffe für die Fundamente werden unter baubegleitender Kampfmittelräumung ausgeführt. Nach der Freigabe wird das Modulbauwerk errichtet.

#### **4.11.1.7 Bahnsteige**

Bei Herstellung des Hausbahnsteiges bei Gleis 1 von km 65,060 bis km 65,200 und des neuen Außenbahnsteiges Gleis 2 von km 65,115 bis km 65,255, ist auf dem Bauplanum eine Sondierung mit Georadar auf Bombenblindgänger  $\geq 100$  lb/50 kg bis 1,5 m Tiefe durchzuführen. Tiefer in den Untergrund eingreifende Bauarbeiten sind unter baubegleitender Kampfmittelräumung auszuführen.

#### **4.11.1.8 Abbrucharbeiten**

Bestandsbauwerke nachkriegszeitlichen Alters können ohne Kampfmittelräumung abgebrochen werden. Es gilt jedoch zu beachten, dass beim Erreichen kampfmittelverdächtiger Bodenhorizonte wieder die jeweils genannten Vorgehensweisen zur Kampfmittelräumung anzuwenden sind. Gleise und der Oberbau werden ohne

Kampfmittelräumung entfernt, wenn nach 1945 nachweislich eine Oberbaurerneuerung durchgeführt worden ist.

#### **4.11.1.9 *Neubau Weiche 11 und Gleiserneuerung***

Wenn nicht in den Unterbau eingegriffen wird, können die Gleisbauarbeiten ohne Kampfmittelräumung durchgeführt werden. Im Einbaubereich der PSS (km 65,050 bis km 65,104) ist eine baubegleitende Kampfmittelräumung zu organisieren. In Abhängigkeit von den Befunden (lagenweise Sondierung und Überprüfung von Anomalien) ist mit einer Reduzierung der Produktivität/Leistung von 20 % bis 50 % zu rechnen.

#### **4.11.1.10 *Kreuzungsbauwerk Industriebahn bei km 66,514***

Das Kreuzungsbauwerk wird rückgebaut und der Eisenbahndamm wird durch Auffüllung geschlossen. Vor dem Abbruch sind die Stütz- und Flügelwände freizulegen. Erst wenn sichergestellt ist, dass der Bereich hinter den Stütz- und Flügelwänden kampfmittelfrei ist, können die Stütz- und Flügelwände abgebrochen werden. Nach dem Entfernen der Fundamente ist vor der neuen Dammschüttung der Dammaufstandsbereich geophysikalisch zu untersuchen und lokalisierte Störkörper werden freigelegt, identifiziert und geborgen.

### **4.11.2 Technische Spezifikationen**

#### **4.11.2.1 *Geomagnetik Oberflächensondierung***

Die Sondierung der Messstreifen/Messflächen erfolgt spurweise. Es ist auf ein gleichmäßiges Ablaufen zu achten.

Folgende Spezifikationen sind zu erfüllen:

- Sensitivität: kleiner 0,5 nT,
- Basisabstand der Messsonden: 0,3 m bis 0,65 m,
- Spurbreite:  $\leq 0,25$  m,
- Messpunktabstand in Bewegungsrichtung:  $\leq 0,10$  m,
- Abstand der Sonden über Grund: max. 0,20 m,

Die absolute Positionierungsgenauigkeit (X-/Y-Koordinaten) für die Zuordnung eines Messwertes zum Koordinatenbezugssystem ETRS89 UTM Zone 32N auf der Messfläche darf 0,15 m nicht überschreiten.

#### **Arbeitsschritte:**

Für die Oberflächensondierung mit Georadar sind folgende Arbeitsschritte durchzuführen:

- Bestimmung der Messstreifen/Messflächen

- Markierung der Messstreifen/Messflächen im Gelände
- Absammeln von Kleineisen
- Durchführung der Sondierung mit Ein-oder Mehrkanalsystem. Die Ortsreferenzierung der Messdaten ist durch ein DGPS-System sicherzustellen. Muss mit lokalen Koordinaten gearbeitet werden, sind die Eckpunkte der Messstreifen/der Messfläche temporär zu versichern und nachträglich mit DGPS-System zu vermessen
- Auswertung und Dokumentation
- Ausgabe von Verdachtspunkten und Vorschlag für die weitere Vorgehensweise
- Qualitätssicherung

#### **Auswertung und Dokumentation:**

Die Auswertung und Dokumentation der Oberflächensondierung mit Geomagnetik enthalten folgende Punkte:

- Projektname, Projektbeschreibung, Projektziel, Durchführungszeitraum
- Ausführliche Dokumentation der Messdatenaufbereitung vor der Datenübergabe wie z. B. nachträgliches Kompensieren, Editieren von Messspuren, Filterungen, Ortskoordinatenaufbereitung, Zusammenführung von einzelnen Messfeldern zu einem Gesamtfeld etc.
- Messtechniker und Datenauswerter
- Tagesleistung mit der Angabe der sondierten Flächen
- Witterungsbedingungen
- Skizze über die Lage der Messflächen mit Nordpfeil mit sichtbaren bzw. bekannten Störkörpern (z. B. Leitungen) auf bzw. am Rand der Messfläche
- Maßnahmen der Qualitätssicherung
- Besonderheiten
- Anlagen (Rohdaten, Messprotokoll, Farbige Anomalienkarte, Lageskizze, Messdatenaufbereitung, sonstige Nachweise)

#### **4.11.2.2 Georadar Oberflächensondierung**

Die Sondierung der Messstreifen/Messflächen mit Georadar erfolgt spurweise. Es ist auf eine gute Ankopplung der Antennen an den Untergrund zu achten.

Folgende Spezifikationen sind zu erfüllen:

- Geschirmte Antennen



- Antennenfrequenz: 100 – 500 MHz
- Profilabstand: 100 bis 250 MHz:  $\leq 0,50$  m und 250 bis 500 MHz:  $\leq 0,30$  m
- Messpunktabstand in Bewegungsrichtung:  $\leq 0,05$  m

Die absolute Positionierungsgenauigkeit (X-/Y-Koordinaten) für die Zuordnung eines Messwertes zum Koordinatenbezugssystem ETRS89 UTM Zone 32N auf der Messfläche darf 0,15 m nicht überschreiten.

### **Arbeitsschritte:**

Für die Oberflächensondierung mit Georadar sind folgende Arbeitsschritte durchzuführen:

- Bestimmung der Messstreifen/Messflächen
- Erstellen des Profillinienplans
- Markierung der Messstreifen/Messflächen im Gelände
- Absammeln von Kleineisen
- Temporäres Ausfachen von Schwellenfächern mit Sandsäcken
- Durchführung von Testmessungen
- Durchführung der Georadar-Messungen. Die Ortsreferenzierung der Messdaten ist durch ein DGPS-System sicherzustellen. Muss mit lokalen Koordinaten gearbeitet werden, sind die Start- und Endpunkte der Messstreifen temporär zu versichern und nachträglich mit DGPS-System zu vermessen
- Auswertung und Dokumentation der Georadar-Messungen
- Ausgabe von Verdachtspunkten und Vorschlag für die weitere Vorgehensweise
- Qualitätssicherung

### **Auswertung und Dokumentation:**

Die Auswertung und Dokumentation der Oberflächensondierung mit Georadar enthalten folgende Punkte:

- Projektname, Projektbeschreibung, Projektziel, Durchführungszeitraum
- Eingesetzte Technik zur Datenauswertung (eingesetztes Programm und Benennung der konkreten Bearbeitungsschritte des Datenprocessing)
- Messtechniker und Datenauswerter
- Tagesleistung mit der Angabe der sondierten Flächen
- Witterungsbedingungen
- Skizze über die Lage der Messflächen mit Nordpfeil

- Maßnahmen der Qualitätssicherung
- Besonderheiten
- Anlagen (Rohdaten, Messprotokoll, Radargramme, Lageskizze, Messdatenaufbereitung, sonstige Nachweise)

#### **4.11.2.3 Geomagnetik Bohrlochsondierung**

Die Bohrlöcher für eine geomagnetische Sondierung sind einen Meter tiefer als die größte erwartete Tiefe der zu sondierenden Kampfmittel herzustellen und zu verrohren.<sup>58</sup> Da eine Ablagetiefe bis 5 m unter GOK zu erwarten ist, sind 6 m tiefe Bohrlöcher herzustellen, in welchen die Untersuchungen durchgeführt werden.

Gemäß Vorgabe der DGUV-I 201-027 ist die jeweils erste Bohrung eines Bohrfeldes als gesicherte Bohrung schrittweise in Intervallen von 1,0 m in den Untergrund einzubringen. Je Intervall wird die Bohrung verrohrt und sondiert. Sind im fertiggestellten Bohrloch keine relevanten Anomalien zu messen, können die unmittelbar benachbarten Bohrlöcher ohne Unterbrechung gebohrt und sondiert werden. Einzelmessungen sind so lange durchzuführen, bis die erste Bohrlochreihe vollständig untersucht ist. Die benachbarte, parallel verlaufende Bohrlochreihe kann ohne Zwischenkontrolle hergestellt werden. Nachdem die zweite Reihe sondiert ist, wird die dritte Bohrlochreihe hergestellt. Diese Vorgangsweise wird bis zum Ende der Untersuchung durchgeführt.<sup>59</sup>

Das Bohrlochraaster ist so anzulegen, dass in Abhängigkeit des lokalen Signal-/Rausch-Verhältnisses eine Überlappung zwischen zwei benachbarten Bohrlöchern gewährleistet ist.<sup>60</sup> Zur Suche nach größeren Bomben ( $\geq 500 \text{ lb}/250 \text{ kg}$ ) hat sich ein Bohrlochabstand von 1,5 m zwischen zwei beliebigen, benachbarten Bohrlöchern bewährt. Sind durch Bomben  $< 500 \text{ lb}/250 \text{ kg}$  im Untersuchungsbereich Signaturen nur in einem Bohrloch zu erkennen, ist der Bohrlochabstand lokal durch Zusatzbohrungen zu verringern.

#### **Spezifikationen:**

Durch die zahlreichen Störeinflüsse im Gleisbereich sind geomagnetische Bohrlochsondierungen mittels 3-Achs-Gradiometer durchzuführen.

Die Messdaten der geomagnetischen Bohrlochsondierung sind mit folgenden Parametern aufzuzeichnen:

- Messpunktabstand  $\leq 0,05 \text{ m}$
- Auflösung des Magnetometers min.  $0,3 \text{ nT}$

---

<sup>58</sup> Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat et al. 2018, 507.

<sup>59</sup> Ebd., 507.

<sup>60</sup> Ebd., 507.

- Messbereich des Magnetometers min.  $\pm 50.000$  nT
- Die absolute Positionierungsgenauigkeit (X-/Y-Koordinaten) für die Zuordnung eines Bohrloches zum Koordinatenbezugssystem ETRS89 UTM Zone 32 N auf der Messfläche darf 0,15 m nicht überschreiten.

Für das verwendete Magnetometer muss eine gültige Prüfung durch den Hersteller (jünger als ein Jahr) vorliegen.

### **Arbeitsschritte:**

Für die geomagnetischen Bohrlochsondierungen mittels 3-Achs-Gradiometer sind folgende Arbeitsschritte durchzuführen:

- Bestimmung der Untersuchungsstreifen/Untersuchungsflächen.
- Erstellen des Bohrplans mit eindeutiger Benennung der Bohrlöcher und Reihenfolge der Sondierung.
- Markierung der Untersuchungsstreifen/Untersuchungsflächen im Gelände.
- Herstellen der Zufahrtsmöglichkeit (weg-/schienengebunden).
- Herstellen der Bohrlöcher und der Verrohrung.
- Durchführung der geomagnetischen Bohrlochsondierungen mittels 3-Achs-Gradiometer. Die Ortsreferenzierung der Messdaten ist durch ein DGPS-System sicherzustellen. Muss mit lokalen Koordinaten gearbeitet werden, sind die Start- und Endpunkte der Messstreifen temporär zu versichern und nachträglich mit GPS-System zu vermessen. Die Feldaufzeichnungen sind so zu führen, dass eine eindeutige Zuordenbarkeit zu jeder einzelnen Sondierung auch später wieder hergestellt werden kann.
- Wiederverfüllen der Bohrlöcher (gem. gesonderter Spezifikation).
- Auswertung und Dokumentation der geomagnetischen Messungen.
- Ausgabe von Verdachtspunkten und Vorschlag für die weitere Vorgehensweise.
- Qualitätssicherung.

### **Auswertung und Dokumentation:**

Die Auswertung und Dokumentation der geomagnetischen Bohrlochsondierungen mittels 3-Achs-Gradiometer enthält folgende Punkte:

- Projektname, Projektbeschreibung, Projektziel, Durchführungszeitraum
- Eingesetzte Technik zur Datengewinnung
- Eingesetzte Technik zur Datenauswertung (Programm und Benennung der konkreten Bearbeitungsschritte des Datenprocessing)

- Messtechniker und Datenauswerter
- Tagesleistung mit der Angabe der sondierten Flächen
- Bohrlochplan, Bohrlochauswertung (immer Vertikalgradient, bei Störungen Horizontalkomponente und Winkeldifferenz)
- Maßnahmen der Qualitätssicherung
- Besonderheiten
- Anlagen (Rohdaten, Bohrlochplan, Messdatenaufbereitung, sonstige Nachweise)

## 5 AUSSCHREIBUNGSUNTERLAGEN

### 5.1 KOSTENSCHÄTZUNG UND MENGENERMITTLUNG



KMR VERFAHREN	MENGE & EINHEIT	ZEITANSATZ	KOSTEN
[REDACTED]			
[REDACTED]			
[REDACTED]			
[REDACTED]			
[REDACTED]			
[REDACTED]			
[REDACTED]			
[REDACTED]			
[REDACTED]			

Tabelle 5: Mengenermittlung und Zeitansatz der KME.



### 5.2 LEISTUNGSVERZEICHNIS

Noch mit AG abzustimmen.

*Die in diesem Gutachten getroffenen Aussagen gelten nur für die beschriebenen Örtlichkeiten und Bedingungen. Regionale und bundeslandspezifische Eigenheiten wurden berücksichtigt und sind nicht überregional übertragbar. Sämtliche getroffenen Aussagen beziehen sich auf die zum Bearbeitungszeitpunkt bekannten Umstände. Potenzielle neue Erkenntnisse können im Voraus nicht berücksichtigt werden und erfordern ggfs. eine Neubewertung. Nicht dokumentierte Zufallsfunde können grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden.*



Brunnenmeister Dieter Vierbach, MA  
Bef. nach §20 SprengG



Laura Kuulmann, M.Sc.-Geogr.  
Bef. nach §20 SprengG

## 6 QUELLENVERZEICHNIS

### 6.1 VERWENDETE UNTERLAGEN

DB NETZ AG (o.J.): „Bauphasenplanung Infrastrukturausbau Erfurt - Nordhausen PRA 3: Greußen (a) - Kühnhausen (a) PRA 4: Kühnhausen (e) PRA 5: Kühnhausen (a) - Erfurt-Nord (e)“.

DB NETZ AG; DB ENGINEERING & CONSULTING GMBH (2019): „Infrastrukturausbau Erfurt - Nordhausen PRA 3: Greußen (a) - Kühnhausen (a) PRA 4: Kühnhausen (e) PRA 5: Kühnhausen (a) - Erfurt-Nord (e): Erläuterungsbericht zur Vorplanung“, Leipzig u. a.

GEOTECHNISCHES INGENIEURBÜRO DIPL.-ING. A. PAMPEL GMBH (08.03.2021a). Stark, Christian: „Geotechnischer Bericht zu den Baugrund- und Gründungsverhältnissen: Strecke 6302 Wolframshausen - Erfurt PRA 5 Gispersleben – Erfurt-Nord, km 60,7+90 – 66,7+40 Bf Erfurt Nord, Bahnsteig Gl.1, km 65,0+60 – 65,2+00, Bahnsteig Gl.2, km 65,1+05 – 65,2+45, Zuwegung Bahnsteige“.

GEOTECHNISCHES INGENIEURBÜRO DIPL.-ING. A. PAMPEL GMBH (30.04.2021b). Stark, Christian: „Geotechnischer Bericht zur Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Erdbauwerken: Infrastrukturausbau Erfurt – Nordhausen Strecke 6302 Wolframshausen - Erfurt PRA 5 Gispersleben – Erfurt-Nord, km 60,7+90 – 66,7+40“.

STAUDE, D.; KEIDEL, T. (2020): „Bericht zur Kampfmittelvorerkundung. PRA5 Erfurt/Gispersleben - Erfurt/Johannesvorstadt km 61,7 - 66,7“, Limbach-Oberfrohna.

### 6.2 WEITERFÜHRENDE LITERATUR

BUNDEMINISTERIUM DER JUSTIZ UND VERBRAUCHERSCHUTZ. Strafgesetzbuch (StGB) 1871 i. d. Fassung vom 1998.

BUNDEMINISTERIUM DES INNEREN, FÜR BAU UND HEIMAT; BUNDEMINISTERIUM DER VERTEIDIGUNG (Hrsg.) 2018. Baufachliche Richtlinien Kampfmittelräumung. Arbeitshilfen zur Erkundung, Planung und Räumung von Kampfmitteln auf Liegenschaften des Bundes, 2018. Auflage. Berlin, Bonn.

DEUTSCHE GESETZLICHE UNFALLVERSICHERUNG (Hrsg.) 2020. DGUV Information 201-027. Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung und Festlegung von Schutzmaßnahmen bei der Kampfmittelräumung. Berlin.

DEUTSCHER BUNDESTAG. Bürgerliches Gesetzbuch (BGB) 1896 i. d. Fassung vom 2002.

DEUTSCHER BUNDESTAG. Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (SprengG) 1976 i. d. Fassung vom 10.09.2002.



DEUTSCHER BUNDESTAG. Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (ArbSchG) 1996 i. d. Fassung vom 2020.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG 2019: „VOB Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Kampfmittelräumarbeiten: DIN 18323:2016“. In *VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen. Ausgabe 2019*, herausgegeben von Deutsches Institut für Normung, 450–461. Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag GmbH.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (Hrsg.) 2019. VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen. Ausgabe 2019. Berlin, Wien, Zürich: Beuth Verlag GmbH.

INGENIEURTECHNISCHER VERBAND FÜR ALTLASTENMANAGEMENT UND FLÄCHENRECYCLING E.V. (Hrsg.) 2013. Altlastensymposium 2013. Berlin.

KÖTTER, M.; GEISLER, S.; HELMS, K.; NUSSER, J.; WINKELMANN, K. 2019. Bauen bei Kampfmittelverdacht – was tun? Informationsschrift #2 des ITVA-Fachausschuss C7 "Kampfmittelräumung", Berlin.

THÜRINGER LANDESVERWALTUNGSAMT. Entschärfung, Transport, Lagerung und Vernichtung von Kampfmitteln im Freistaat Thüringen 2016a.

THÜRINGER LANDESVERWALTUNGSAMT. Kampfmittelsuche im Freistaat Thüringen 2016b.

THÜRINGER LANDESVERWALTUNGSAMT. Ordnungsbehördliche Verordnung über die Abwehr von Gefahren durch Kampfmittel (KampfMGAVO) 2016c i. d. Fassung vom 12.09.2016.

WAR DEPARTMENT 1940. FM 5-15: Field Fortifications. Engineer Field Manual, Washington, DC.

WEGENER, H.; FLEISCHMANN, R. 1954: „Ortung tiefliegender Bombenblindgänger“. In: *Zeitschrift für angewandte Physik* (3), 120–127.

WEST, A. Gefährdungshorizont und Sondiertiefe. Stellungnahme der Fa. Tauber. Telefonat v. 23.08.2021.

WINKELMANN, K. 2008. Übliche Detektionstiefen mit dem System EMD1 beim Einsatz in der Kampfmittelsondierung, Bad Saarow.

WINKELMANN, K. 2019: „Kampfmittelrisiken bei Oberbauarbeiten“. In: *Bauportal* (6), 32–36.

## 7 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Potenziell kampfmittelbelasteter Streckenabschnitt von km 63,200 bis 65,400 durch US-amerikanischen Luftangriff aus 1944 mit 50 m Sicherheitspuffer .....	6
Abbildung 2: Potenziell kampfmittelbelasteter Streckenabschnitt von km 66,400 bis 66,600 durch britischen Luftangriff aus 1945 mit 50 m Sicherheitspuffer .....	6
Abbildung 3: Anordnung der Bohrlöcher für Bohrlochsondierung.....	26
Abbildung 4: Anordnung der Bohrlöcher für Bohrlochsondierung Aufstellfläche ESTW Modul .....	27

## 8 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Grundklassen der Kampfmittelräumung. Die für den gegenständlichen Kampfmittelverdacht relevanten Grundklassen sind rot hinterlegt.....	12
Tabelle 2: Tiefenklassen w und w10.....	12
Tabelle 3: Ableitung der Flächenkategorien aus den Gefährdungsklassen. ....	13
Tabelle 4: Mit der Petry-Formel berechnete Eindringtiefen für Fliegerbomben-blindgänger.....	17
Tabelle 5: Mengenermittlung und Zeitansatz der KME. ....	34