

Ergebnisbericht der technischen Erkundung mit dem Bodenradar

Räumstelle:	Kaiserslautern, Julius-Kühler-Straße
Auftragsinhalt:	Geophysikalische Untersuchung zur Detektion von Kampfmitteln EDV-gestützte Datenaufnahme mit digitaler Messwerterfassung Vermessung und Dokumentation
Ausführungszeit:	24.03.2025
Auftraggeber:	Stadtverwaltung Kaiserslautern Willy-Brand-Platz 1 67657 Kaiserslautern
Sondiermethode:	Bodenradar
Messsystem:	IDS RIS MF Hi-Mod Bodenradar 200 MHz / 600 MHz incl. dGNSS-System S900 der Fa. Stonex
Messung & Auswertung:	Malte Werner, M.Sc.
Kontakt:	Malte Werner, M.Sc. Mobil: 0151 64750501 Email: malte.werner@ksu-k.de
Kostenstelle KSU:	1821974
Anlagen:	<input checked="" type="checkbox"/> Lageplan der Freigabeflächen <input checked="" type="checkbox"/> Ergebnisbericht und Anomalien <input type="checkbox"/> Bautagebücher <input type="checkbox"/> Einweisung in die Örtlichkeit

1. Grundlagen

Für den geplanten Bau in der Julius-Küchler-Straße in Kaiserslautern sollen verschiedene Erdeingriffe erfolgen. Zuvor wurde dieser Bereich als kampfmittelverdächtig eingestuft. Demnach ist es erforderlich das Untersuchungsgebiet im Vorfeld von Baumaßnahmen nach Kampfmitteln zu sondieren. Die computergestützte Radarsondierung wurde durch die KSU Kampfmittelsondierung GmbH & Co. KG am 24.03.2025 durchgeführt. Ziel der Sondierung war das Aufspüren von Kampfmitteln durch das Verursacherszenario Abwurfmunition. Insgesamt wurde eine Fläche von 2729 m² sondiert.

2. Sondierv erfahren – Georadar

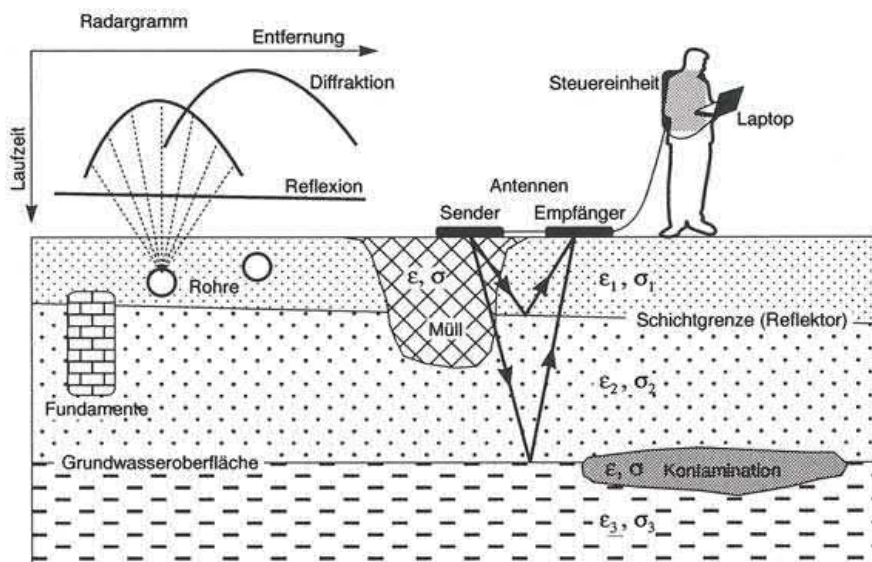


Abbildung 1: Bodenradar, schematische Darstellung (aus Knödel et al. 1997)

Das Bodenradar ist ein elektromagnetisches Reflexionsverfahren. Es kann zur zerstörungsfreien Charakterisierung des Untergrundes eingesetzt werden. Der maßgebliche physikalische Parameter ist die elektrische Leitfähigkeit bzw. die Dielektrizitätszahl. Die Funktionsweise beruht darauf, dass eine elektromagnetische Welle in den Untergrund gesendet wird. Trifft diese Welle auf Heterogenitäten, deren elektrische Parameter sich sprunghaft ändern, wird die Welle reflektiert und von einem Empfänger aufgezeichnet. Heterogenitäten können durch verschiedene durchgehende Schichten, Hohlräume, größere Gesteine, Rohre oder Blindgänger verursacht werden. Anhand der Laufzeit der elektromagnetischen Welle können Aussagen über die Tiefenlage sowie Größe der Heterogenitäten getroffen werden. Die Daten werden profilweise aufgezeichnet und in einem Radargramm dargestellt. Dabei zeichnen sich Schichten als durchgehende Linien ab. Einzelobjekte, wie z.B. Steine, Rohre oder Kampfmittel werden als sogenannte Hyperbeln dargestellt.

Ebenso können je nach Laufrichtung Versorgungsleitungen sowie Kanäle detektiert werden.

Aufgrund des zerstörungsfreien Charakters der Methode können nur indirekt Informationen über den Untergrund gewonnen werden. Die Interpretation dieser Daten ist dabei nicht immer eindeutig, da die Größe und Laufzeit des reflektierten Signals vom Leitfähigkeitskontrast zwischen umgebenden Boden und Objekt abhängt. In der Regel ist die Leitfähigkeit des Bodens nicht eindeutig bestimmt, so dass sich die Signale von Kampfmitteln und nicht relevanten Körpern (z.B. Steine oder Wurzeln) stark ähneln können. Eine Unterscheidung zwischen metallischen und nicht-metallischen Störkörpern ist deshalb nicht immer möglich. Durch weitere Informationen (z.B. aus Bohrungen, Bodenkundlichen Methoden) kann hier mehr Sicherheit bei der Unterscheidung von Objekten gegeben werden.



Abbildung 2: IDS RIS MF Hi-Mod Bodenradar mit Spurbreite 1,0 m

Das verwendete Messgerät ist IDS RIS MF Hi-Mod Bodenradar. In diesem Gerät befinden sich zwei Sendeantennen (200 MHz und 600 MHz). Die 600 MHz-Antenne hat ein höheres Auflösungsvermögen, d.h. es können sehr kleinräumige Strukturen erfasst werden. Hochfrequente Wellen werden jedoch stark gedämpft, so dass die Eindringtiefe insgesamt sehr gering ist. Die niederfrequente Antenne hat eine größere Eindringtiefe, was mit einem geringeren Auflösungsvermögen einhergeht. Die Eindringtiefe der Wellen wird zudem von der elektrischen Leitfähigkeit des Untergrundes beeinflusst. Je höher diese ist, desto stärker werden die Wellen gedämpft und desto niedriger ist die Eindringtiefe. Typische Eindringtiefen liegen dabei bei ca. 1,5 bis 2,5 m. In sehr feuchten Böden kann die Eindringtiefe zum Teil weniger als 1 m betragen, in trockenen Bereichen bis zu 5 m.

Zur Interpretation der Daten werden die Radargramme beider Frequenzen betrachtet. Die Daten werden mit einem Messpunktabstand von 0,3 cm aufgezeichnet, so dass sich ein quasikontinuierliches Abbild des Untergrundes ergibt. In Kombination mit dem dGNSS-System S900 der Fa. Stonex sind die Daten mit einer Positionierungsgenauigkeit $\leq 0,15$ m referenziert.

Für die Datenaufbereitung wird die Software Ouverture der Fa. IDS Georadar sowie die Software ReflexW von Dr. Karl-Josef Sandmeier verwendet. Anhand der Auswertung der Radardaten kann eine Abschätzung der Position sowie der Tiefenlage verschiedener Störkörper im Untersuchungsgebiet erfolgen. Auch eine grobe Größenordnung ist möglich. Aus Erfahrungswerten wird grundsätzlich von einer Wellengeschwindigkeit des Signals von 10 cm/ns ausgegangen. Je nach Boden kann diese zwischen 5 (nasser Sand/Ton) und 20 (trockener Sand/Ton) cm/ns variieren. Bei der Tiefenabschätzung kann es deshalb in Extremfällen zu größeren Unsicherheiten kommen. Durch eine Tiefenkalibrierung anhand eines bekannten Objektes (z. B. Versorgungsleitungen, Fundamente) im Untergrund des Messgebietes kann diese Unsicherheit minimiert werden.

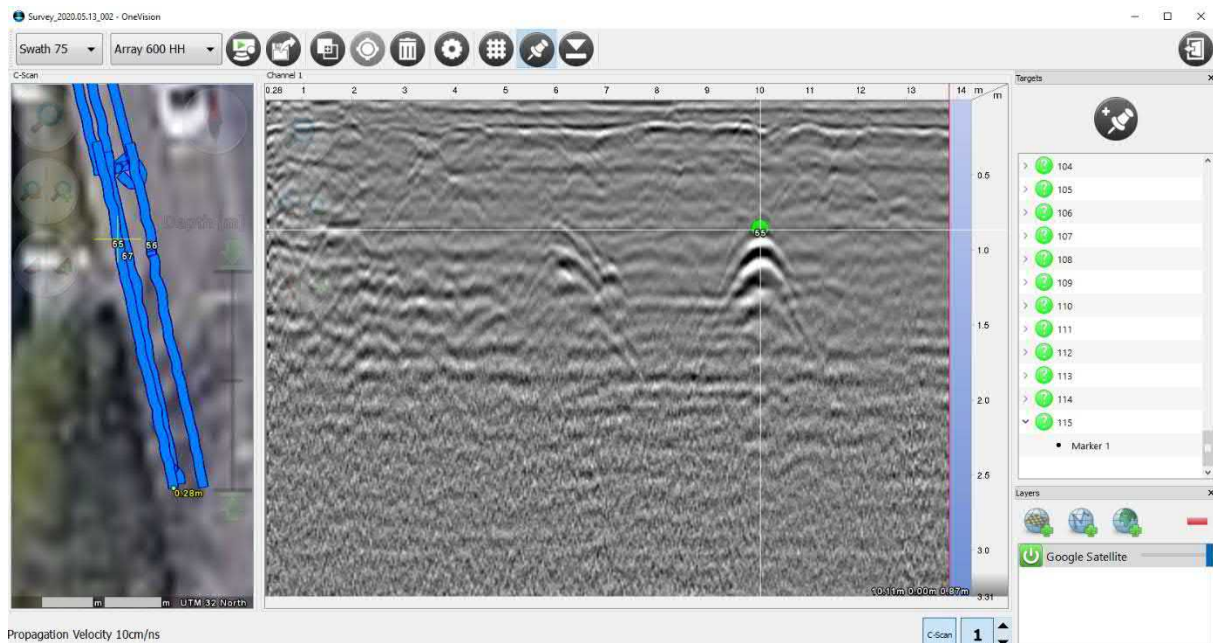


Abbildung 3: Beispiel eines Radargrammes in der Software OneVision

Als Ergebnis der Radarmessung wird eine Tabelle mit den erfassten Störkörpern, dessen Position sowie dessen Tiefenlage erstellt. Zudem wird eine Karte mit der flächenhaften Verteilung der Störkörper ausgegeben.

3. Real Time Kinematic-Korrektur zur Positionierung

Für die Sondierung wird eine RTK-Korrektur genutzt. Dafür wurden Satelliten in Erd-Umlaufbahn befördert für verschiedene Satellitensysteme (z.B. Galileo für die EU). Bei der Funktion eines GNSS wird ein Sender-Empfänger System benutzt. Ein Sender sendet ein Signal an die Satelliten, welches dann zurück gesendet wird mit einem Zeitstempel vom Satelliten. Auf Grund einer fast konstanten Geschwindigkeit kann eine Distanz berechnet werden von dem spezifischen Satelliten aus. Deswegen werden mindestens 3 Satelliten für eine Positionierung benötigt. Dies ist die Standardfunktion eines „Global Positioning System“ (GPS), welches durch eine Basisstation erweitert als Differential-GPS präziser wird als das GPS allein. Darüber hinaus wird für die RTK-Korrektur Radiowellen benutzt, bei der die Wellenlänge beim Satelliten gemessen werden und somit eine Genauigkeit von 10-20 cm erzielt werden kann. Diese Genauigkeit wird mit einem „Fix“ vom System deklariert, welches ein Minimum von fünf Satelliten benötigt, wobei sechs Satelliten empfohlen werden.

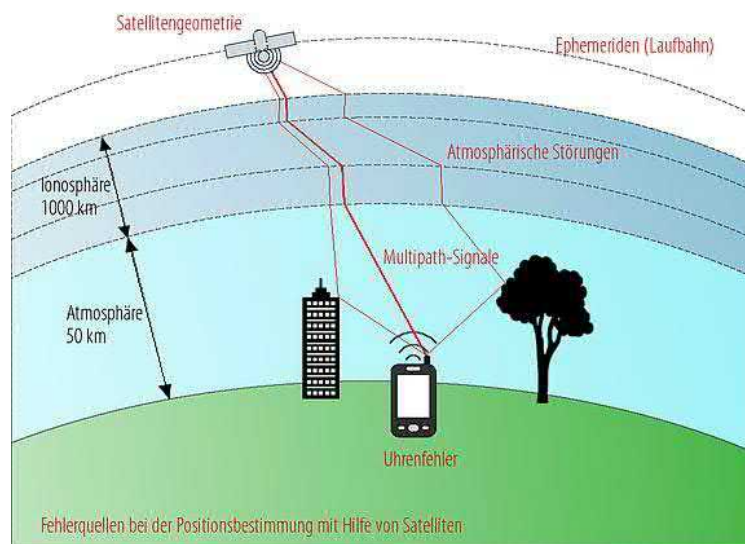


Abbildung 4: Potenzielle Fehlerquellen. (Quelle: www.magicmaps.de)

Die Genauigkeit des Systems kann sinken durch verschiedene Ursachen, darunter die ‚Pfade‘ die ein Signal zum Satelliten wandert, welches durch Laub oder hohe Gebäude um den Messpunkt (Abb. 4).

Für die Korrekturdaten wird von der KSU Kampfmittelsondierung der SAPOS Korrekturdatendienst genutzt. Dieser erzeugt die Korrekturdaten aus den vier globalen Satellitensysteme: GPS (USA), Galileo (EU), GLONASS (Russland) und Beidou (China).

4. Auswertung der Sondierergebnisse

Für die Sondierung wurde das IDS RIS MF Hi-Mod Bodenradar verwendet. Das System deckt dabei eine Breite von 1,0 m ab. Insgesamt konnte eine Eindringtiefe von mindestens 2,0 m u. GOK festgestellt werden.

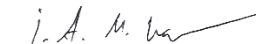
Insgesamt wurden 94 Radargramme aufgezeichnet. Die Daten wurden mit der Software Onevision ausgewertet. Es wurden 39 Anomalien detektiert, die keinen Leitungen zugewiesen werden konnten (Anhang. 1).

5. Schlussfolgerungen

Anhand der Radardaten kann für den sondierten Bereich der Untersuchungsfläche eine Arbeitsraumfreigabe bis 2,0 m u. GOK empfohlen werden. Es wurden 39 kampfmittelverdächtige Anomalien detektiert, die im Vorfeld von bodeneingreifenden Maßnahmen fachtechnisch durch einen Befähigungsscheininhaber gemäß § 20 SprengG überprüft werden müssen. Der Lageplan der empfohlenen Freigabefläche ist in der Anlage 2 dargestellt.

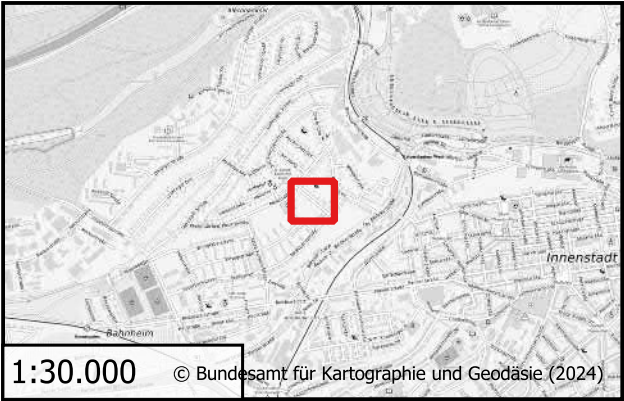
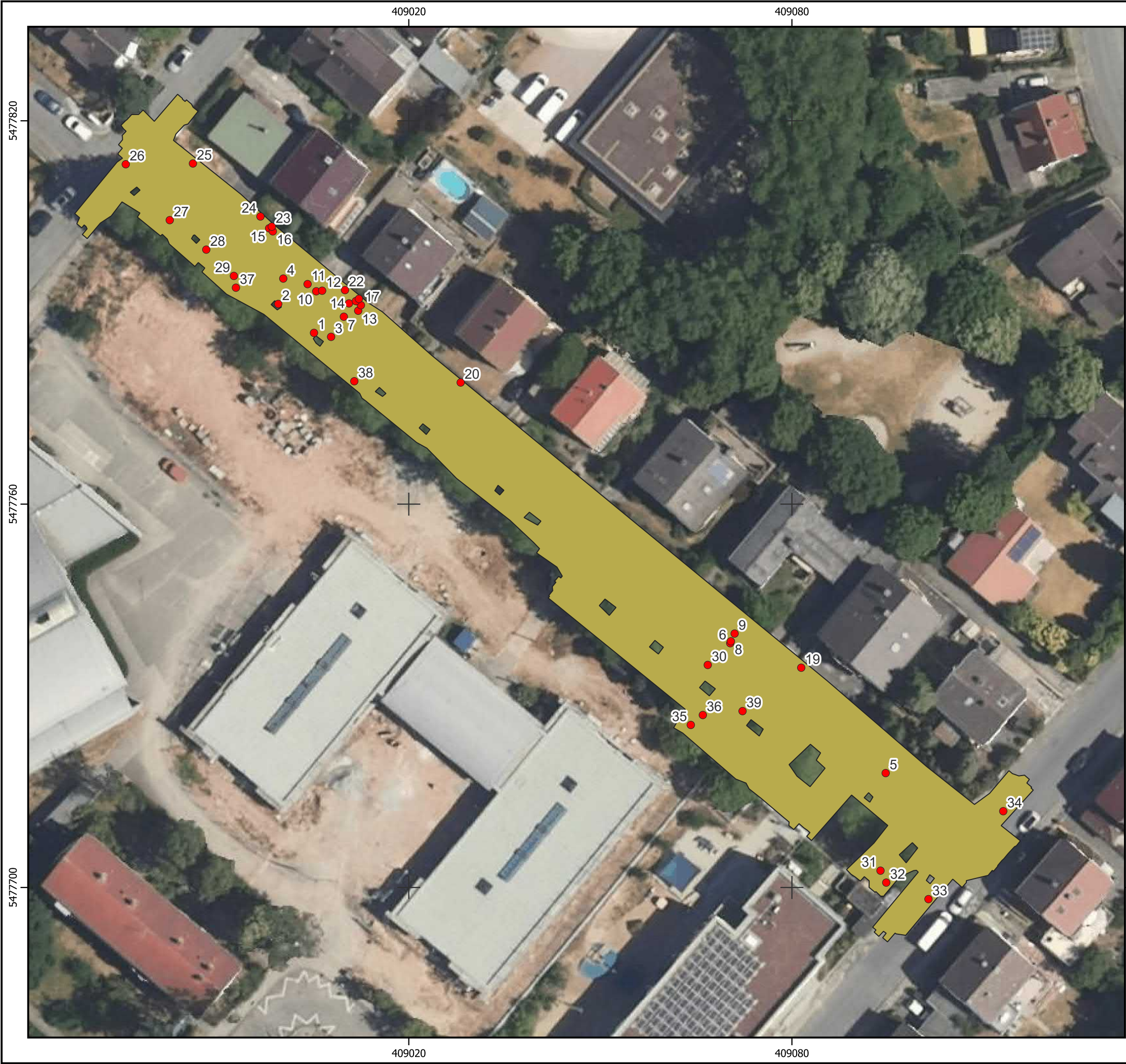
Die Firma KSU Kampfmittelsondierung GmbH & Co. KG versichert, dass die Vertragsarbeiten nach den anerkannten Regeln und dem heutigen Stand der Technik ausgeführt wurden. Eine Gewähr für absolute Kampfmittelfreiheit kann nicht übernommen werden. Bei jeglichem Verdacht des Antreffens von Kampfmitteln ist deshalb die zuständige Polizeibehörde zu benachrichtigen und die Bauarbeiten sind in diesem Bereich sofort einzustellen. Dieser Ergebnisbericht ersetzt kein Freigabeprotokoll.

Hannover, 16.04.2025


i.A. Malte Werner

Anlage 1: Tabelle der Anomalien mit Koordinaten in UTM 32 N (EPSG: 25832)

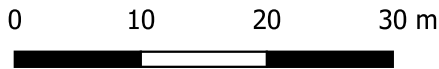
Nr.	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Tiefe [m]
1	409005.154	5477786.803	0.670
2	408999.553	5477791.331	0.930
3	409007.834	5477786.180	1.170
4	409000.342	5477795.301	1.210
5	409094.690	5477717.899	1.150
6	409070.347	5477738.228	0.760
7	409009.832	5477789.331	0.980
8	409070.445	5477738.524	0.960
9	409071.030	5477739.737	0.720
10	409005.509	5477793.313	0.810
11	409004.151	5477794.434	1.070
12	409006.432	5477793.400	0.700
13	409012.073	5477790.266	1.530
14	409010.633	5477791.413	1.950
15	408998.127	5477803.170	0.470
16	408998.706	5477802.693	1.990
17	409012.506	5477791.134	1.560
18	409011.717	5477791.778	0.550
19	409081.464	5477734.393	0.760
20	409028.129	5477779.031	0.690
21	409012.190	5477792.127	0.660
22	409010.011	5477793.497	0.690
23	408998.549	5477803.431	0.540
24	408996.769	5477805.015	0.490
25	408986.194	5477813.314	0.800
26	408975.675	5477813.196	1.310
27	408982.564	5477804.446	0.740
28	408988.283	5477799.831	1.270
29	408992.609	5477795.715	0.770
30	409066.823	5477734.826	1.040
31	409093.878	5477702.627	0.590
32	409094.778	5477700.758	0.660
33	409101.391	5477698.172	1.210
34	409113.103	5477711.933	1.490
35	409064.171	5477725.435	0.450
36	409066.052	5477726.988	0.650
37	408992.926	5477793.875	1.370
38	409011.468	5477779.231	0.830
39	409072.272	5477727.599	0.570



Legende

- Anomalien [Anzahl: 39]
- Tiefenbeschränkte Freigabeempfehlung bis 2,0 m u. GOK auf großkalibrige Abwurfmunition > 100 lbs

ETRS89 / UTM zone 32N (EPSG:25832)



Räumstelle:
Kaiserslautern, Julius-Küchler-Straße

Titel:
Ergebnis der Georadarsondierung vom
24.03.2025

Auftraggeber:
Stadtverwaltung Kaiserslautern
Willy-Brand-Platz 1
67657 Kaiserslautern

Auftragnehmer:
KSU Kampfmittelsondierung GmbH & Co. KG
Sahlkamp 149
30179 Hannover
Tel. 0511-763969-0
E-Mail: hannover@ksu-k.de



Bemerkungen:
Kartengrundlage: TopPlusOpen25
Auszug aus den Geodaten des Landesamtes für
Geoinformation und
Landesvermessung Rheinland-Pfalz

Anlage:

2

Format

DIN A3

Datum

Ersteller/-in

Kartennr.

Maßstab

16.04.2025

M. Werner

1821974-002

1:600