



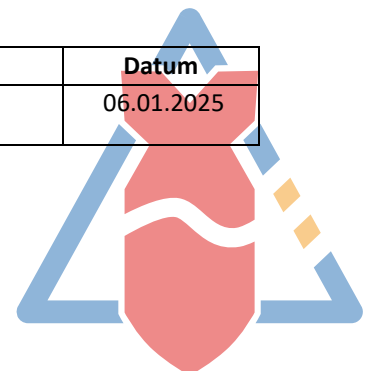
Oberflächensondierung auf Kampfmittel Fulda-Rothemann, PV-Anlage

Geophysikalischer Kurzbericht

Projekt	Kampfmitteluntersuchung PV-Anlage
Ort	Fulda
Auftraggeber	RhönEnergie Erneuerbare GmbH Löherstraße 52 36037 Fulda
Unser Zeichen	241006
Ansprechpartner	Herr Müller
Messtage	08. und 09.01.2025
Bericht	15.01.2025
Autor	Dipl.-Geophys. Sascha Frömmel

Berichtsnummer	Titel	Datum
01	Oberflächensondierung auf Kampfmittel Fulda-Rothemann, PV-Anlage	06.01.2025

Niedernhausen, den 15. Januar 2025



Literaturgrundlagen

[L1] Baufachliche Richtlinien Kampfmittelräumung (BFR KMR), Stand Juni 2024. Herausgeber: Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI).

[L2] Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (Sprengstoffgesetz – SprengG), Geltung ab 01.01.1987, neugefasst durch B. v. 10.09.2002 BGBl. I S. 3518; zuletzt geändert durch Artikel 4a G. v. 17.02.2020 BGBl. I S. 166.

[L3] Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung, vom 9. Juli 2021, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 43, a, S. 2598ff.

[L4] Applied Geophysics, 2nd Edition, Telford, W.M., L.P. Geldart, R.E. Sheriff and D.A. Keys, Cambridge University Press, 1990.

Auftrag und Aufgabenstellung

Im Untersuchungsgebiet besteht der Verdacht auf Abwurfmunition aus dem 2. Weltkrieg. Als Methode der Kampfmitteldetektion wurde die **Gradiometer-Geomagnetik** ausgewählt. Der Anhang **„Anhang_Messprinzip_Magnetik_OFS“** erläutert das Verfahren.

Eine Übersichtskarte des Messgebiets ist in **Anlage 1** dargestellt. Ziel der Auswertung ist die Verortung magnetischer Störkörper, die potenzielle Kampfmittel ab einer Größe von 50 kg umfassen. Dies entspricht den kleinsten regulären Sprengbomben des Zweiten Weltkriegs.

Feldmessung und Messausrüstung

Die Fläche wurde entlang von aneinander liegenden Profillinien schrittweise so abgefahren, dass auch zwischen den Profillinien keine Messlücken entstehen, sofern die Geländebedingungen dies zuließen. **Abb. 1** zeigt das Messgebiet, das im Wesentlichen aus landwirtschaftlicher Nutzfläche besteht. Teilbereiche der ursprünglich geplanten Messfläche konnten aufgrund des stark durchnässten Bodens nicht gemessen werden. Dies kann zu einem späteren Zeitpunkt bei besseren Witterungs- und Bodenbedingungen nachgeholt werden.

Messmethode	Geomagnetik
Messsonde	Gradiometer VX1-Sonden, Fa. Vallon. Sensorabstand: 50 cm, Sondenrohrdurchmesser: \varnothing 3,2 cm Messbereich: \pm 20.000 nT
Messwert	Vertikalgradient des Erdmagnetfeldes B in nanoTesla [nT]
Messgestell	5er-Array, fahrzeuggestützt
Profilabstand	0,25 m
Vermessung	RTK-DGPS, HiPer VR GNSS, Fa. TOPCON
Koordinatensystem	UTM Zone 32, ETRS 89 (EPSG 25823)
Messtag(e)	08. und 09.01.2025
Gesamtfläche:	57858 m²

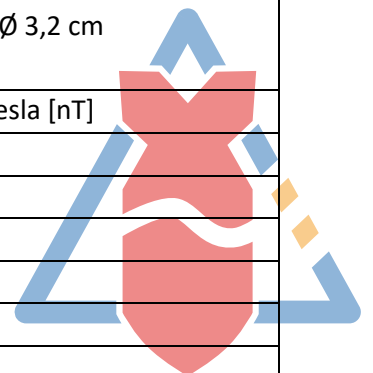




ABB. 1: DAS MESSGEBIET BESTEHT HAUPTSÄCHLICH AUS EINEM LANDWIRTSCHAFTLICHER FLÄCHE. DAS BILD UNTEN ZEIGT DAS MESSGERÄT UND DIE BODENVERHÄLTNISSE.



Auswertung und Datenverarbeitung

Verwendete Software: **EVA4all Fa. Vallon, Magneto 3.01, Matlab 9.9** und **Oasis Montaj 2021.2.1.**

Die Daten wurden von einem erfahrenen Geophysiker auf Lage- und Messwertfehler geprüft und ggf. korrigiert. Die Datenqualität kann als gut eingestuft werden.

Ziel der Auswertung ist die Lokalisierung (Weltkoordinaten) potenzieller Bombenblindgänger durch Berechnung des **magnetischen Moments** und der **Tiefe magnetischer Anomalien**.

Das magnetische Moment dient als Maß für die Dipolstärke der Objekte und erlaubt die Klassifizierung nach Kampfmittelgrößen. Masse und Volumen sind dafür ungeeignet, da sie nur unter Annahmen wie Dichte und magnetischer Suszeptibilität aus dem Moment abgeleitet werden.

- **Aussagetiefe: 3 m unter Geländeoberkante (u. GOK).**
- Magnetische Anomalien wurden auf das **magnetische Moment und die Tiefe modelliert** und ggf. als Verdachtspunkte dokumentiert.

Die Messfläche zeigt eine ungewöhnliche Anzahl an kleineren Anomalien, deren Tiefe in der Regel im ersten Meter unter GOK verortet wurde. Die Schwelle für Kampfmittel aus Abwurfmunition wurde aufgrund von möglichen Magnetfeldüberdeckungen (maskierte Kampfmittel) auf ein magnetisches Moment von $0,5 \text{ Am}^2$ herabgesetzt.

Ergebnis

Das Untersuchungsgebiet weist eine Vielzahl an magnetische Einzelanomalien auf, die auf Kampfmittel modelliert wurden. Nur bei Verdacht auf Abwurfmunition ab 50 kg wurden Verdachtspunkte ausgeschrieben. Die Ergebnisse sind in **Anlage 2** graphisch und in **Anlage 3** als Tabellenform dokumentiert.

Verdachtspunkte

Es wurden **189 Verdachtspunkte** für Abwurfmunition ab 50 kg detektiert.

Es wurde keine **potentielle Leitung** detektiert.

Wir empfehlen **alle Verdachtspunkte zu überprüfen**.

Nicht auswertbare Bereiche

Innerhalb des Messgebiets gibt es **keine Bereiche**, die so stark magnetisch gestört sind, dass sie nicht auf Kampfmittel auswertbar sind.



Anmerkungen

Die angewandte Geophysik sowie zerstörungsfreie Prüfverfahren beruhen auf indirekten Methoden. Die Interpretation basiert auf physikalischen Messwerten und unterliegt naturgemäß Unsicherheiten, die durch Faktoren wie Messbedingungen, Datenqualität, Auswertesoftware und Vorkenntnisse beeinflusst werden. Es können unter ungünstigen Verhältnissen Objekte verdeckt oder bei der Auswertung falsch bewertet werden. Die Auswertung wurde nach aktuellem Stand der Technik von einem erfahrenen Geophysiker durchgeführt.

Projektleiter und

Dipl.-Geophys. Sascha Frömmel

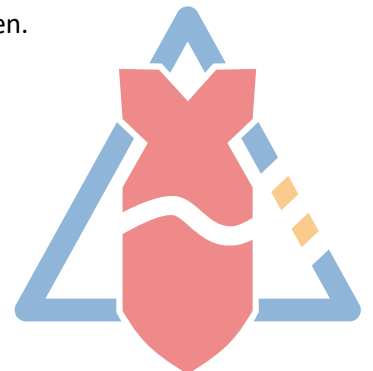


i.A. EXOM Kampfmittelbeseitigung

Niedernhausen, den 15.01.25

Anlagen- und Anhangverzeichnis

Anlage 1	Übersichtsplan im Maßstab 1:20.000 und Lageplan im Maßstab 1:1500.
Anlage 2	Ergebnis, graphische Darstellungen der Verdachtspunkte Maßstab 1:1500.
Anlage 3	Liste der Verdachtspunkte in UTM Zone 32 Koordinaten.
Anhang	Anhang Messprinzip Magnetik OFS



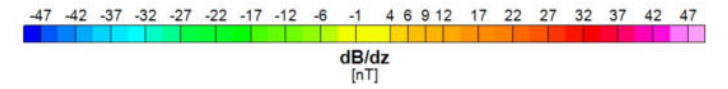
Anlage 1
Lageplan

Magnetische Kampfmittelsuche, Fulda-Rothemann, PV-Anlage
AG: RhönEnergie Erneuerbare GmbH



Legende

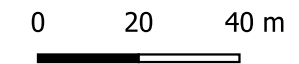
Farbkarte der Messfläche auf $\pm 50\text{nT}$
Flächengröße: 57858 m^2



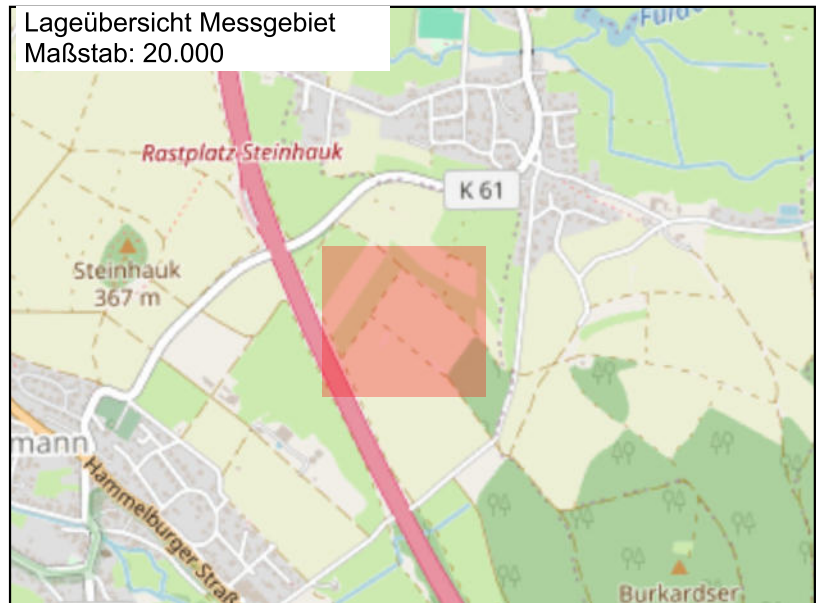
Hintergrund:
Geodata Hessen (2024) DOP 20
OpenStreet Maps
Koo.sys.: UTM Zone 32

Bearbeiter: S. Frömmel
Geprüft: V. Serec
Datum 15/01/2025

Maßstab: 1:1500



Lageübersicht Messgebiet
Maßstab: 20.000



Anmerkung:
maximale Aussagetiefe: 3 m u.GOK
In der Nähe und unterhalb von Leitungen
und Störpunkten, können Kampfmittel
in den Daten maskiert erscheinen und evtl.
nicht detektiert werden.

Anlage 2
Ergebnis

Magnetische Kampfmittelsuche, Fulda-Rothemann, PV-Anlage
AG: RhönEnergie Erneuerbare GmbH

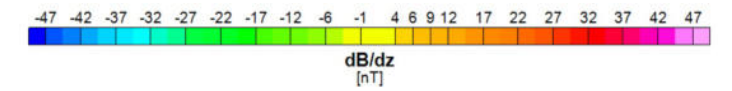


Legende

Verdachtspunkte mit Nr.
nach mag. Moment

- ⊠ 0.5 - 1
- ⊠ 1 - 5
- ⊠ 5 - 10
- ⊠ 10 - 1000000

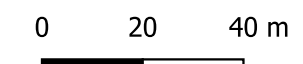
Farbkarte der Messfläche auf +50nT
Flächengröße: 57858 m²



Hintergrund:
Geodata Hessen (2024) DOP 20
OpenStreet Maps
Koo.sys.:UTM Zone 32

Bearbeiter: S. Frömmel
Geprüft: V. Serec
Datum 15/01/2025

Maßstab: 1:1500



Anmerkung:
maximale Aussagetiefe: 3 m u.GOK
In der Nähe und unterhalb von Leitungen
und Störpunkten, können Kampfmittel
in den Daten maskiert erscheinen und evtl.
nicht detektiert werden.

Koordinatensystem UTM Zone 32, ETRS89

Sondierung vom 08.01. und 09.01.2025

VP Nr.	Rechtswert	Hochwert	Tiefe [m]	Magn.Moment [Am ²]
1	550773.6	5591109.6	0.8	0.5
2	550781.8	5591109.6	0.4	0.5
3	550800.2	5591079.4	0.4	0.5
4	550800.4	5591128.2	1.0	1.7
5	550801.8	5591084.7	0.8	0.7
6	550803.0	5591053.5	2.0	10.3
7	550803.4	5591057.3	1.1	1.5
8	550805.5	5591149.0	0.3	0.5
9	550811.6	5591087.9	0.4	0.6
10	550825.7	5591135.5	0.5	0.5
11	550838.8	5591191.8	0.3	0.5
12	550840.5	5591167.5	0.6	0.5
13	550842.2	5591111.7	0.5	0.7
14	550842.3	5591113.4	0.4	0.5
15	550849.6	5591209.4	0.5	0.6
16	550858.0	5591162.9	0.6	0.5
17	550861.7	5591160.6	0.4	1.0
18	550862.8	5591226.1	0.6	0.5
19	550870.2	5591189.1	0.6	0.7
20	550870.9	5591156.6	0.6	0.5
21	550874.3	5591157.3	0.3	0.5
22	550877.5	5591189.2	0.7	0.5
23	550879.2	5591181.0	0.5	0.6
24	550879.2	5591261.5	0.7	0.6
25	550880.5	5591236.5	0.6	0.6
26	550881.6	5591187.7	0.6	0.5
27	550886.7	5591232.9	0.5	0.6
28	550894.1	5591186.9	0.3	0.7
29	550896.9	5591255.7	0.6	0.5
30	550899.7	5591298.3	0.6	1.1
31	550903.5	5591293.8	0.4	0.6
32	550903.8	5591273.4	0.9	0.5
33	550904.3	5591202.7	0.5	0.5
34	550904.4	5591241.5	0.3	0.5
35	550908.0	5591144.3	0.4	0.5
36	550908.8	5591212.2	0.3	0.7
37	550909.0	5591302.3	0.6	0.6
38	550909.1	5591134.6	0.4	0.5
39	550909.8	5591291.7	0.3	0.7
40	550912.8	5591315.5	0.6	0.5
41	550916.4	5591134.3	0.7	0.6
42	550916.5	5591149.2	0.6	0.5
43	550922.2	5591182.9	0.5	0.5
44	550922.6	5591239.5	0.8	0.5
45	550923.7	5591300.9	0.3	2.4
46	550926.3	5591217.2	0.6	0.5

Koordinatensystem UTM Zone 32, ETRS89

47	550927.8	5591119.3	0.5	0.6
48	550929.7	5591113.3	0.6	1.3
49	550933.2	5591300.6	0.8	0.7
50	550933.3	5591202.5	0.5	0.6
51	550934.0	5591246.8	0.2	0.8
52	550934.4	5591265.8	0.4	0.9
53	550935.2	5591110.2	0.6	0.6
54	550935.5	5591206.8	0.3	0.6
55	550937.5	5591287.5	0.4	0.6
56	550938.5	5591229.5	0.6	0.5
57	550938.7	5591293.8	0.4	0.5
58	550942.1	5591287.9	0.8	0.6
59	550943.2	5591167.7	0.8	1.1
60	550943.7	5591288.1	0.7	0.5
61	550943.9	5591264.7	0.5	0.6
62	550944.0	5591106.1	0.4	0.5
63	550945.8	5591264.0	0.4	0.6
64	550946.0	5591069.3	0.9	0.7
65	550946.8	5591253.0	0.4	0.6
66	550947.4	5591263.6	0.7	0.7
67	550948.0	5591251.1	0.5	0.7
68	550948.1	5591125.4	0.5	0.5
69	550948.1	5591235.4	0.5	1.0
70	550949.1	5591254.4	0.4	1.1
71	550950.0	5591093.3	0.4	0.5
72	550950.2	5591273.4	0.4	0.7
73	550952.4	5591187.8	0.6	1.2
74	550952.6	5591139.5	0.4	0.5
75	550957.7	5591222.3	0.3	0.6
76	550958.7	5591275.6	0.9	0.6
77	550959.1	5591269.5	0.7	0.5
78	550961.5	5591135.8	0.4	0.6
79	550964.5	5591060.0	0.3	0.7
80	550974.4	5591214.8	0.5	0.6
81	550978.3	5591125.5	0.3	0.5
82	550981.8	5591077.0	0.4	0.6
83	550982.8	5591209.3	0.5	1.4
84	550984.6	5591088.1	0.3	0.6
85	550986.2	5591060.1	0.4	0.7
86	550990.3	5591092.7	0.8	0.8
87	550992.6	5591102.5	0.4	0.5
88	550996.1	5591061.8	0.5	0.7
89	550998.5	5591087.7	0.2	0.8
90	550998.6	5591225.1	0.5	0.6
91	550999.6	5591064.0	0.5	0.6
92	550999.8	5591042.2	0.8	0.6
93	551003.4	5591221.3	0.5	0.6
94	551004.2	5591241.1	0.4	0.6
95	551005.2	5591113.5	0.9	0.6



Koordinatensystem UTM Zone 32, ETRS89

96	551006.0	5591007.8	0.4	0.7
97	551009.2	5591230.8	0.9	0.7
98	551009.4	5591056.0	0.6	0.6
99	551010.1	5591182.2	0.3	0.7
100	551012.5	5591004.7	0.3	1.7
101	551012.7	5591109.8	0.3	0.8
102	551013.7	5591134.5	0.5	0.5
103	551014.1	5591077.9	0.8	0.7
104	551014.6	5591141.6	0.9	1.3
105	551017.3	5591040.4	0.8	0.6
106	551017.7	5591105.8	0.2	0.8
107	551021.7	5591040.7	0.3	0.7
108	551022.6	5591126.2	0.7	0.7
109	551026.3	5591019.4	0.4	0.5
110	551028.0	5591127.9	1.2	1.2
111	551030.1	5591119.8	0.4	0.6
112	551032.0	5591071.2	0.7	0.7
113	551032.3	5591172.7	0.5	0.5
114	551033.1	5591123.6	0.2	4.3
115	551034.2	5591085.3	0.7	0.6
116	551034.2	5591129.7	0.4	0.7
117	551035.2	5591021.4	0.8	0.8
118	551036.1	5591156.7	0.2	1.6
119	551037.1	5591156.8	0.4	0.6
120	551037.6	5590977.5	0.5	1.0
121	551037.8	5590984.5	0.4	0.5
122	551039.1	5591067.9	0.7	0.6
123	551040.6	5591207.0	0.6	1.1
124	551041.6	5590982.2	0.8	0.7
125	551044.5	5591147.3	0.6	0.5
126	551045.3	5590978.0	0.6	1.3
127	551047.4	5591150.3	1.0	1.1
128	551048.4	5591016.0	0.7	0.9
129	551049.1	5591197.3	0.8	0.6
130	551050.7	5591014.1	1.0	0.6
131	551051.4	5591062.8	0.7	0.5
132	551055.3	5590998.0	0.4	0.6
133	551057.7	5590997.4	0.5	0.7
134	551059.8	5591094.3	0.3	0.9
135	551059.9	5591054.0	0.8	0.6
136	551061.8	5591092.9	0.3	0.5
137	551061.8	5591009.4	0.6	0.6
138	551062.0	5591092.5	0.4	0.8
139	551064.3	5591039.6	0.7	0.5
140	551065.2	5591147.5	0.4	0.6
141	551065.7	5591055.9	0.7	0.5
142	551068.1	5591104.6	0.3	0.5
143	551070.7	5591115.1	0.3	0.7
144	551078.7	5591009.9	0.5	0.5

Koordinatensystem UTM Zone 32, ETRS89

145	551082.3	5591099.4	0.3	0.5
146	551086.2	5591048.3	0.8	0.5
147	551091.0	5591085.7	0.4	0.5
148	551091.5	5591088.8	0.5	0.6
149	551094.5	5591029.9	0.7	1.1
150	551094.8	5591152.0	0.4	0.6
151	551098.3	5591061.6	0.4	0.5
152	551099.8	5591083.2	0.4	0.6
153	551102.6	5591059.4	0.4	0.6
154	551105.6	5591058.0	0.5	0.5
155	551107.2	5591047.4	0.5	0.5
156	551112.3	5591055.4	0.9	0.6
157	551112.4	5591143.4	0.4	0.5
158	551125.0	5591071.8	0.5	0.5
159	551127.5	5591082.4	0.5	0.5
160	551128.6	5591071.4	0.6	0.6
161	551128.9	5591131.6	0.3	0.5
162	551130.3	5591112.3	0.4	0.5
163	551130.4	5591078.0	0.6	1.1
164	551130.6	5591128.5	0.6	0.6
165	551134.2	5591080.1	0.2	0.7
166	551138.4	5591087.4	0.3	0.7
167	551141.3	5591097.9	0.5	0.6
168	551142.4	5591089.6	0.8	0.7
169	551146.5	5591096.3	0.5	0.6

Oberflächensondierungen: Prinzip, Verfahren und Anwendung

Einleitung

Magnetische Oberflächensondierungen sind ein bewährtes Verfahren der angewandten Geophysik. Sie finden breite Anwendung in verschiedenen Bereichen, darunter sind die Rohstoffprospektion, die Archäologie und natürlich die Kampfmitteldetektion

Besonders in der Kampfmitteldetektion hat sich die Magnetik als Standard etabliert. Sie dient der Identifikation und Lokalisierung von Blindgängern und anderen ferromagnetischen Objekten. Da das Verfahren das natürliche Erdmagnetfeld nutzt, nennt man es passiv, es ist nicht invasiv und eignet sich hervorragend für großflächige Untersuchungen in magnetisch unbelasteten Gebieten.

Physikalische Grundlagen

Das magnetische Messverfahren basiert auf der Erfassung der **magnetischen Flussdichte B** mit der Einheit Nano-Tesla (nT). Diese Größe beschreibt das Magnetfeld an einem Punkt im Raum und wird durch ferromagnetische Objekte im Untergrund beeinflusst. Die resultierenden Anomalien liefern Hinweise auf Position, Tiefe und Größe solcher Objekte.

Magnetometer: Typen und Funktionsweise

Die Messgeräte, sogenannte **Magnetometer**, lassen sich in zwei Kategorien unterteilen:

1. **Totalfeldmagnetometer:** Erfassen die gesamte **magnetische Flussdichte B**, einschließlich aller Komponenten des Erdmagnetfelds und der Anomalien.
2. **Gradiometer:** Messen die Differenz des Magnetfelds zwischen zwei Punkten (Gradient). In der Kampfmitteldetektion wird meist die vertikale Änderung (Messwert: $\frac{\delta B}{\delta z}$) erfasst.

Gradiometer werden in der Kampfmitteldetektion bevorzugt, da sie magnetische Anomalien direkt anzeigen können. Solche Anomalien entstehen durch ferromagnetische Objekte, die das Erdmagnetfeld verzerren und charakteristische Dipol-Muster erzeugen, bestehend aus einem positiven und einem negativen Pol.

Messmethodik

Die Untersuchung einer Fläche erfolgt systematisch durch Befahren des Gebiets mit Magnetik-Systemen. Diese bestehen heutzutage i.d.R. aus **Mehrkanal-Magnetik-Arrays**, die parallel mehrere Messungen durchführen können, was die Effizienz steigert. Ein Beispielgerät zeigt **Abb. 1**. Moderne Systeme sind mit GPS-Technologie ausgestattet, um die Daten präzise zu verorten.



ABB. 1: MAGNETISCHES MESSGESTELL MIT 4 GRADIOMETERN (VORNE) UND RTK-DGPS AUSTRÜSTUNG (FA. VALLON).

Auswertung

Die aufgezeichneten Daten werden anschließend von Störsignalen bereinigt und in Farbkarten dargestellt. In diesen Karten erscheinen **positive Werte des Magnetfelds in Rot und negative in Blau**. Anhand der Form und Intensität der Dipol-Muster können mögliche Objekte im Untergrund identifiziert werden.

Eine typische Farbkartendarstellung (Abb. 2) zeigt deutlich erkennbare Dipol-Muster, die auf ferromagnetische Objekte im Untergrund hinweisen. Schwache und kleinflächige Ausschläge können Kleinmunition oder Störungen darstellen, während starke, aber auch großflächige schwächere Ausschläge oft auf größere Kampfmittel wie Blindgänger hindeuten.

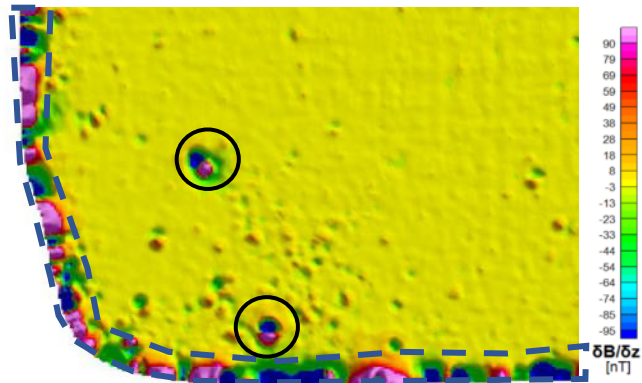


ABB. 2: BEISPIEL-FARBKARTE EINER MAGNETISCHEN OBERFLÄCHENSONDIERUNG MIT SKALA (RECHTS). ZWEI DEUTLICHE EINZELOBJEKTE MIT KAMPFMITTELGEFAHR (VERDACHTSPUNKT) SIND SCHWARZ UMRANDET. DIE STÖRUNG AM RAND DER FLÄCHE WIRD DURCH EINEN ZAUN VERURSACHT.

Die Analyse der magnetischen Anomalien liefert zwei wesentliche Parameter: das **magnetische Moment** und die **Tiefe des Objekts**. Das **magnetische Moment ist ein Maß für die Stärke der magnetischen Quelle** und erlaubt Rückschlüsse auf die Größe des Objekts. Im Vergleich zu Masse oder Volumen bietet es den Vorteil, dass keine weiteren Annahmen einfließen. Das **Magnetische Moment und die Tiefe werden durch eine mathematische Modellierung** (auch mathematische Optimierung oder Inversionsrechnung) aus den Messdaten gewonnen, indem die Messwerte durch berechneten Objekt-Modellkurven von mathematischen Dipolen angepasst werden.

Zusammenfassung

Die magnetische Oberflächensondierung ist ein unverzichtbares Werkzeug zur Detektion von Blindgängern und anderen ferromagnetischen Objekten. Sie kombiniert physikalische Präzision mit effizienter Flächenabdeckung und ist. Die Ergebnisse bieten eine **fundierte Grundlage für die Lokalisierung und Bergung potenzieller Gefahrenquellen**.

- Lang erprobtes **Standardverfahren der Kampfmittelsuche**, vielseitig einsetzbar.
- **Detektiert Eisenkörper** und keine anderen nicht-ferromagnetischen Metalle. In der Kampfmittelsuche ein Vorteil.
- **Besonders in ländlichen oder magnetisch wenig gestörten Gebieten von unschätzbarem Wert**. Urbanen Gebieten mit magnetischen Störquellen (Leitungen, Zäune, Kanaldeckel, Laternen, uvm.) können die Aussagen stark einschränken.
- **Effizienz**: Große Flächen können in kurzer Zeit untersucht werden.

**EXOM Messapparaturen
Magnetik**

Verschiedene Magnetometer der Firmen Sensys GmbH und Vallon GmbH. Von handgestützten Einkanal- bis zu fahrzeuggestützten Mehr-Kanalsystemen.



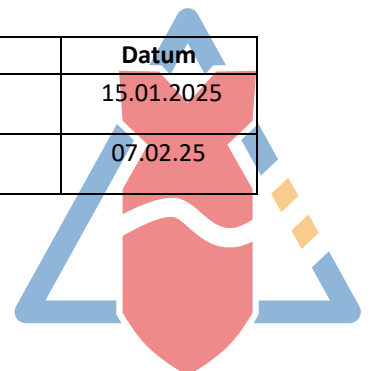
Oberflächensondierung auf Kampfmittel Fulda-Rothemann, PV-Anlage, Teil 2

Geophysikalischer Kurzbericht

Projekt	Kampfmitteluntersuchung PV-Anlage
Ort	Fulda
Auftraggeber	RhönEnergie Erneuerbare GmbH Löherstraße 52 36037 Fulda
Unser Zeichen	241006
Ansprechpartner	Herr Müller
Messtage	22.01, 23.01, 24.01 und 30.01.25
Bericht	07.02.25
Autor	Dipl.-Geophys. Sascha Frömmel

Berichtsnummer	Titel	Datum
01	Oberflächensondierung auf Kampfmittel Fulda-Rothemann, PV-Anlage	15.01.2025
02	Oberflächensondierung auf Kampfmittel Fulda-Rothemann, PV-Anlage Teil 2	07.02.25

Niedernhausen, den 7. Februar 2025



Literaturgrundlagen

[L1] Baufachliche Richtlinien Kampfmittelräumung (BFR KMR), Stand Juni 2024. Herausgeber: Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI).

[L2] Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (Sprengstoffgesetz – SprengG), Geltung ab 01.01.1987, neugefasst durch B. v. 10.09.2002 BGBl. I S. 3518; zuletzt geändert durch Artikel 4a G. v. 17.02.2020 BGBl. I S. 166.

[L3] Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung, vom 9. Juli 2021, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 43, a, S. 2598ff.

[L4] Applied Geophysics, 2nd Edition, Telford, W.M., L.P. Geldart, R.E. Sheriff and D.A. Keys, Cambridge University Press, 1990.

Auftrag und Aufgabenstellung

Im Untersuchungsgebiet besteht der Verdacht auf Abwurfmunition aus dem 2. Weltkrieg. Als Methode der Kampfmittel detektion wurde die **Gradiometer-Geomagnetik** ausgewählt. Der Anhang **„Anhang_Messprinzip_Magnetik_OFS“** erläutert das Verfahren.

Dieser **Bericht 02** schließt nahtlos an den Bericht 01 an, der den ersten Teil der Untersuchungsfläche behandelt. Die vormals zu stark durchnässten Teilflächen konnten nachgeholt werden. Das Vorgehen bei der Feldmessung und Auswertung ist daher analog.

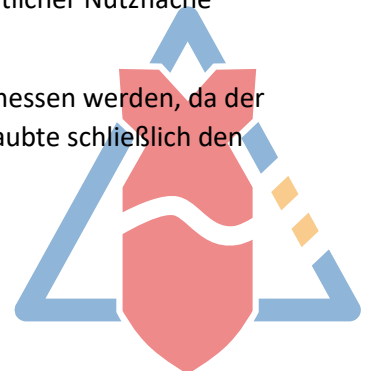
Eine Übersichtskarte des Messgebiets im Vergleich zu der bereits sondierten Fläche aus Bericht 01, wird in **Anlage 1** dargestellt.

Ziel der Auswertung ist die Verortung magnetischer Störkörper, die potenzielle **Kampfmittel ab einer Größe von 50 kg** umfassen. Dies entspricht den kleinsten regulären Sprengbomben des Zweiten Weltkriegs.

Feldmessung und Messausrüstung

Die Fläche wurde entlang von aneinander liegenden Profillinien schrittweise so abgefahren, dass auch zwischen den Profillinien keine Messlücken entstehen, sofern die Geländebedingungen dies zuließen. **Abb. 1** zeigt das Messgebiet, das im Wesentlichen aus landwirtschaftlicher Nutzfläche besteht.

Nicht alle Bereiche der Untersuchungsfläche konnten zusammenhängend gemessen werden, da der aufgeweichte, durchnässte Boden dies nicht zuließ. Der einsetzende Frost erlaubte schließlich den erwünschten Messfortschritt.



Messmethode	Geomagnetik
Messsonde	Gradiometer VX1-Sonden, Fa. Vallon. Sensorabstand: 50 cm, Sondenrohrdurchmesser: \varnothing 3,2 cm Messbereich: \pm 20.000 nT
Messwert	Vertikalgradient des Erdmagnetfeldes B in nanoTesla [nT]
Messgestell	8er-Array, fahrzeuggestützt
Profilabstand	0,25 m
Vermessung	RTK-DGPS, HiPer VR GNSS, Fa. TOPCON
Koordinatensystem	UTM Zone 32, ETRS 89 (EPSG 25823)
Messtag(e)	22.01, 23.01, 24.01 und 30.01.2025
Fläche 1	31278
Fläche 2	7395
Fläche 3	19373
Fläche 4	111362
Gesamtfläche:	111362 m²



ABB. 1: DAS MESSGEBIET BESTEHT AUS LANDWIRTSCHAFTLICHER FLÄCHE MIT GEEIGNETEN WITTERUNGSBEDINGUNGEN FÜR MESSFORSCHRITT. DAS BILD UNTEN ZEIGT ZUDEHM DAS MESSGESTELL MIT 8 GRADIOMETERSONDEN.



Auswertung und Datenverarbeitung

Verwendete Software: **EVA4all Fa. Vallon, Magneto 3.01, Matlab 9.9** und **Oasis Montaj 2021.2.1**.

Die Daten wurden von einem erfahrenen Geophysiker auf Lage- und Messwertfehler geprüft und ggf. korrigiert. Die Datenqualität kann als gut eingestuft werden.

Ziel der Auswertung ist die Lokalisierung (Weltkoordinaten) potenzieller Bombenblindgänger durch Berechnung des **magnetischen Moments** und der **Tiefe magnetischer Anomalien**.

Das magnetische Moment dient als Maß für die Dipolstärke der Objekte und erlaubt die Klassifizierung nach Kampfmittelgrößen. Masse und Volumen sind dafür ungeeignet, da sie nur unter Annahmen wie Dichte und magnetischer Suszeptibilität aus dem Moment abgeleitet werden.

- **Aussagetiefe: 3 m unter Geländeoberkante (u. GOK).**
- Magnetische Anomalien wurden auf das **magnetische Moment und die Tiefe modelliert** und ggf. als Verdachtspunkte dokumentiert.

Die Messfläche zeigt ebenso wie in Bericht 01 eine ungewöhnliche Anzahl an kleineren Anomalien, deren Tiefe in der Regel im ersten Meter unter GOK verortet wurde. Die Schwelle für Kampfmittel aus Abwurfmunition wurde aufgrund von möglichen Magnetfeldüberdeckungen (maskierte Kampfmittel) auf ein magnetisches Moment von $0,5 \text{ Am}^2$ herabgesetzt.

Ergebnis

Das Untersuchungsgebiet weist eine Vielzahl an magnetische Einzelanomalien auf, die auf Kampfmittel modelliert wurden. Nur bei Verdacht auf Abwurfmunition ab 50 kg wurden Verdachtspunkte ausgeschrieben. Die Ergebnisse sind in **Anlage 2** graphisch und in **Anlage 3** Tabellenform dokumentiert.

Verdachtspunkte

Es wurden **177 Verdachtspunkte** für Abwurfmunition ab 50 kg detektiert.

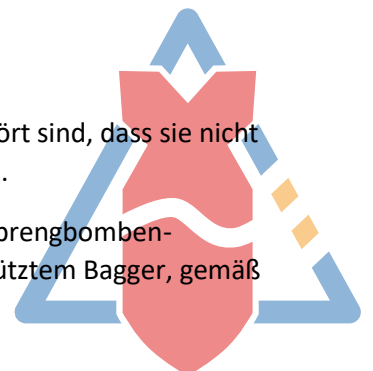
Es wurde keine **potentielle Leitung** detektiert.

Wir empfehlen **alle Verdachtspunkte zu überprüfen**.

Nicht auswertbare Bereiche

Innerhalb des Messgebiets gibt es **vier Bereiche**, die so stark magnetisch gestört sind, dass sie nicht auf Kampfmittel auswertbar sind. Die Bereiche liegen alle am Rand der Fläche.

Wir empfehlen, in den nicht auswertbaren Bereichen, wegen Verdachts auf Sprengbomben-Blindgänger, eine fachgerechte vollflächige Überprüfung mittels sprenggeschütztem Bagger, gemäß DGUV-I 207-027 (bisher BGI 833), durchzuführen.



Anmerkungen

Die angewandte Geophysik sowie zerstörungsfreie Prüfverfahren beruhen auf indirekten Methoden. Die Interpretation basiert auf physikalischen Messwerten und unterliegt naturgemäß Unsicherheiten, die durch Faktoren wie Messbedingungen, Datenqualität, Auswertesoftware und Vorkenntnisse beeinflusst werden. Es können unter ungünstigen Verhältnissen Objekte verdeckt oder bei der Auswertung falsch bewertet werden. Die Auswertung wurde nach aktuellem Stand der Technik von einem erfahrenen Geophysiker durchgeführt.

Projektleiter und

Dipl.-Geophys. Sascha Frömmel



i.A. EXOM Kampfmittelbeseitigung

Hofheim am Taunus, den 07.02.25

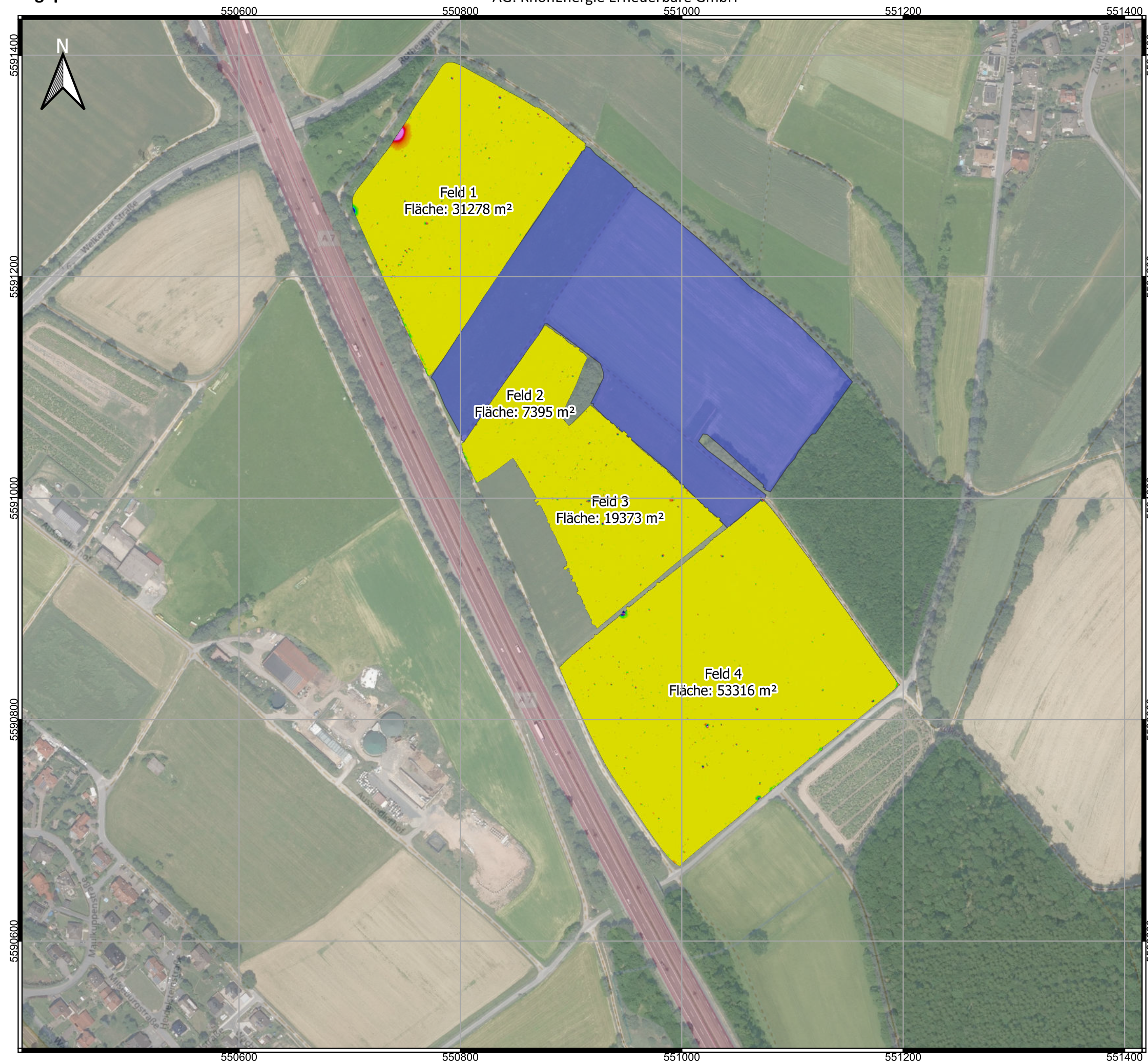
Anlagen- und Anhangsverzeichnis

Anlage 1	Übersichtsplan im Maßstab 1:50.000 und Lageplan im Maßstab 1:3500.
Anlage 2a - c	Ergebnis, graphische Darstellungen der Verdachtspunkte Maßstab 1:1250.
Anlage 3	Liste der Verdachtspunkte in UTM Zone 32 Koordinaten.
Anhang	Anhang Messprinzip Magnetik OFS



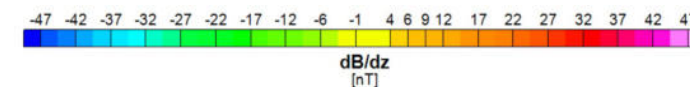
Anlage 1
Lageplan


Magnetische Kampfmittelsuche, Fulda-Rothemann, PV-Anlage, Teil 2
AG: RhönEnergie Erneuerbare GmbH



Legende

Farbkarte der Messfläche auf +50 nT
Gesamte Fächengröße: 111.362 m²



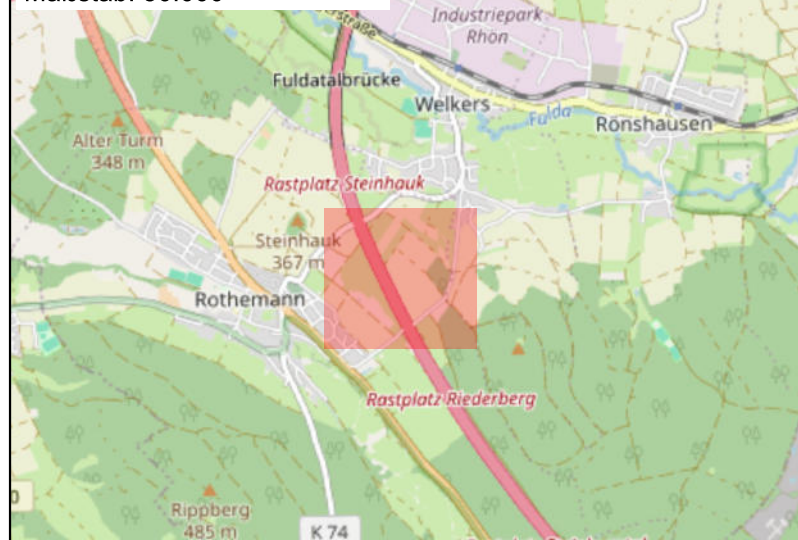
 sondierte Fläche aus Bericht 01 (57.858 m²)

Hintergrund:
Geodata Hessen (2024) DOP 20
OpenStreet Maps
Koo.sys.:UTM Zone 32

Bearbeiter: S. Frömmel
Geprüft: V. Serec
Datum 07/02/2025

Maßstab: 1:3500
0 20 40 m

Lageübersicht Messgebiet
Maßstab: 50.000



Anmerkung:
maximale Aussagetiefe: 3 m u.GOK
In der Nähe und unterhalb von Leitungen
und Störpunkten, können Kampfmittel in
den Daten maskiert erscheinen und evtl.
nicht detektiert werden.

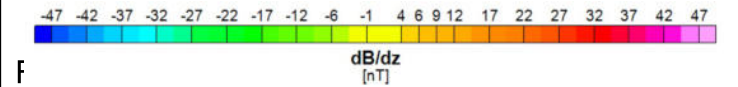


Legende

Verdachtspunkte mit Nr.
nach mag. Moment

- ⊗ 0.5 - 1
- ⊗ 1 - 5
- ⊗ 5 - 10
- ⊗ 10 - 1000

▨ magnetisch gestörter Bereich
Die starken Umgebungseinflüsse
lassen keine
Einzelpunktauswertung zu.



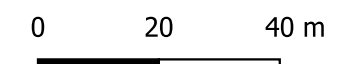
F
Gesamte Fächengröße: 111.362 m

▨ sondierte Fläche aus Bericht 01 (57.858 m²)

Hintergrund:
Geodata Hessen (2024) DOP 20
OpenStreet Maps
Koo.sys.:UTM Zone 32

Bearbeiter: S. Frömmel
Geprüft: V. Serec
Datum 07/02/2025

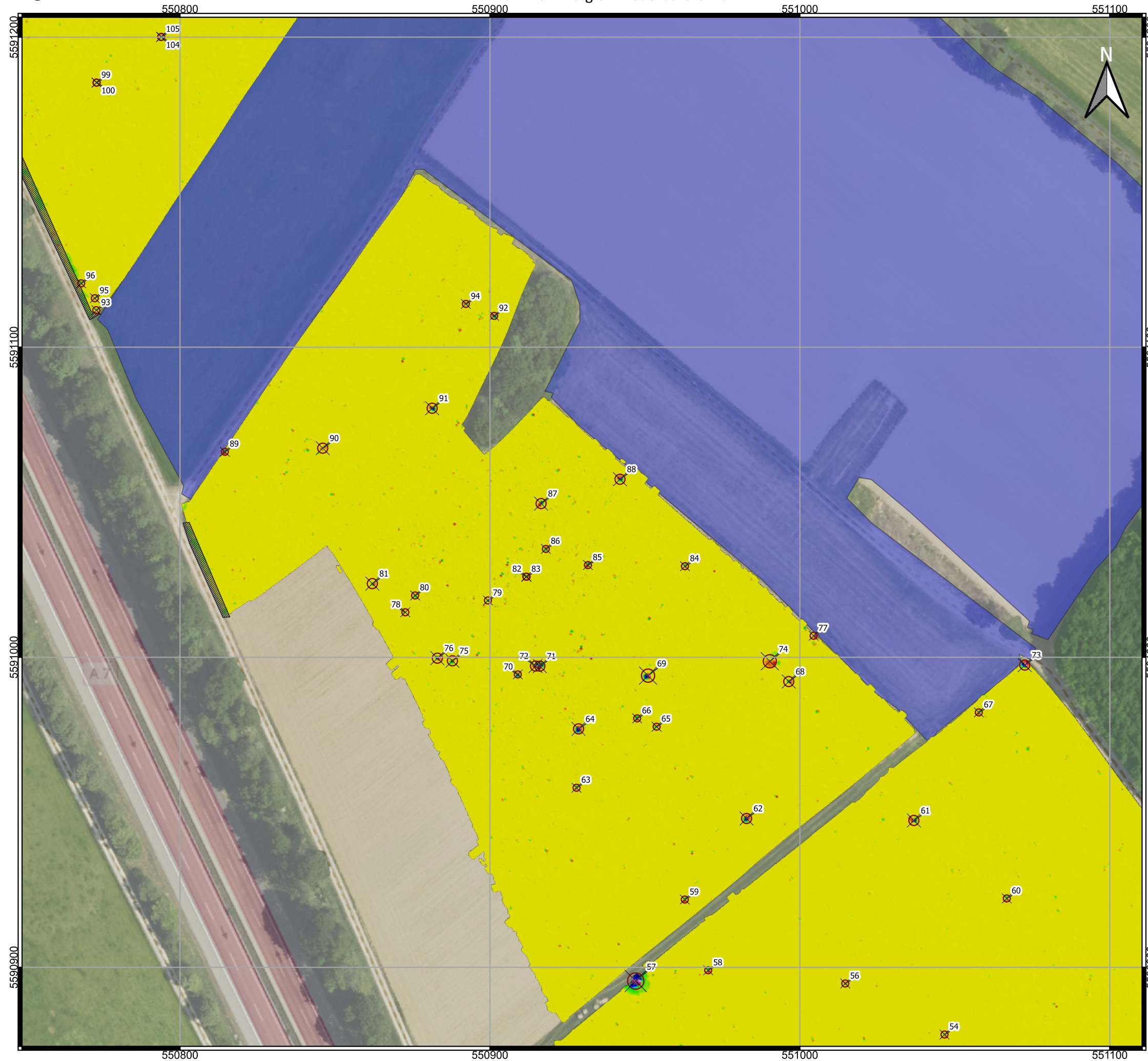
Maßstab: 1:1250



Anmerkung:
maximale Aussagetiefe: 3 m u.GOK
In der Nähe und unterhalb von Leitungen
und Störpunkten, können Kampfmittel
in den Daten maskiert erscheinen und evtl.
nicht detektiert werden.

Anlage 2b
Ergebnis

Magnetische Kampfmittelsuche, Fulda-Rothemann, PV-Anlage, Teil 2
AG: RhönEnergie Erneuerbare GmbH

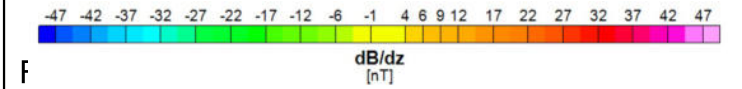


Legende

Verdachtspunkte mit Nr.
nach mag. Moment

- ⊗ 0.5 - 1
- ⊗ 1 - 5
- ⊗ 5 - 10
- ⊗ 10 - 1000

▨ magnetisch gestörter Bereich
Die starken Umgebungseinflüsse
lassen keine
Einzelpunktauswertung zu.



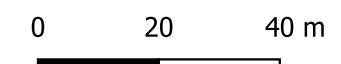
F
Gesamte Fächengröße: 111.362 m

▨ sondierte Fläche aus Bericht 01 (57.858 m²)

Hintergrund:
Geodata Hessen (2024) DOP 20
OpenStreet Maps
Koo.sys.:UTM Zone 32

Bearbeiter: S. Frömmel
Geprüft: V. Serec
Datum 07/02/2025

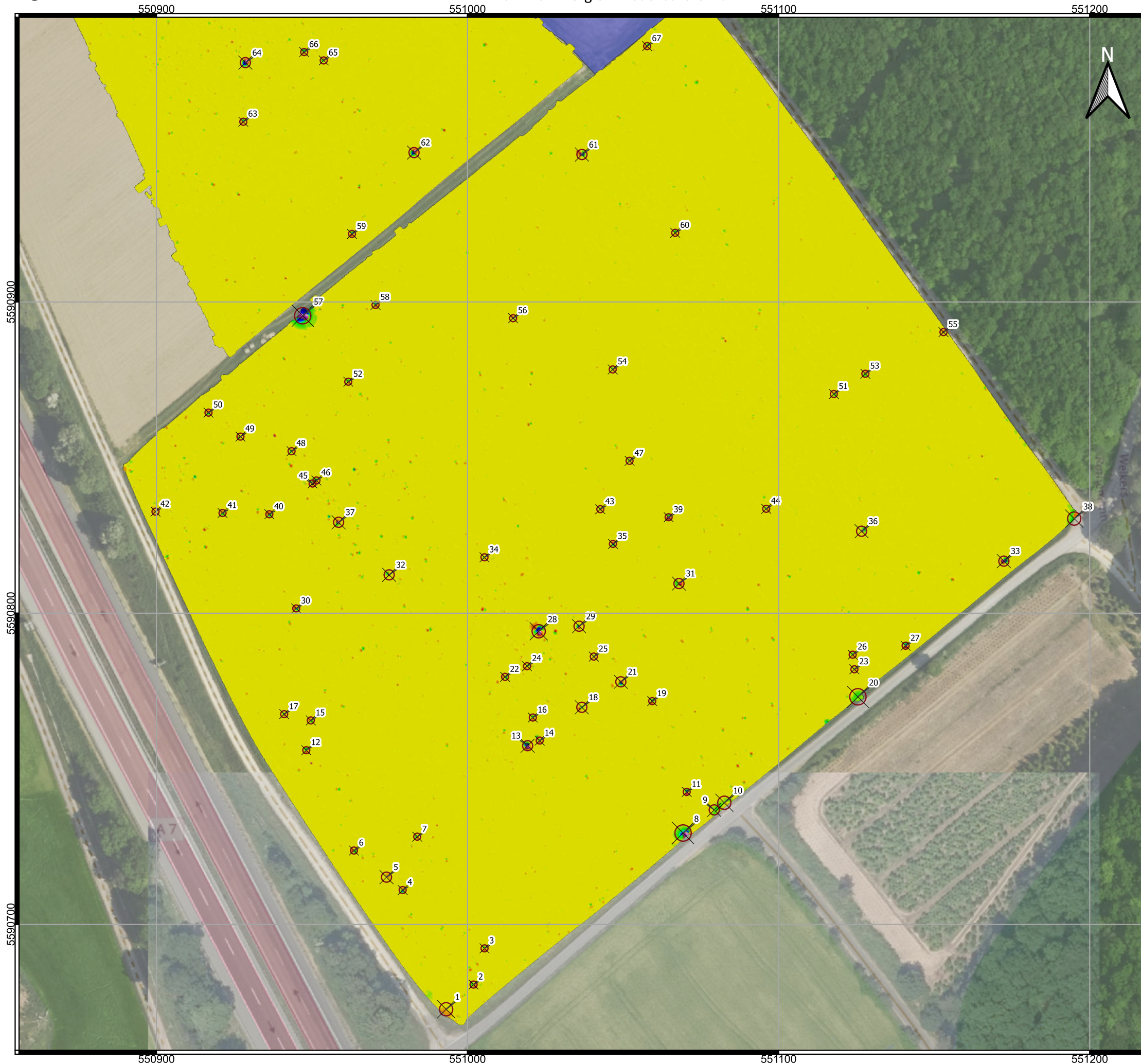
Maßstab: 1:1250



Anmerkung:
maximale Aussagetiefe: 3 m u.GOK
In der Nähe und unterhalb von Leitungen
und Störpunkten, können Kampfmittel
in den Daten maskiert erscheinen und evtl.
nicht detektiert werden.

Anlage 2c
Ergebnis

Magnetische Kampfmittelsuche, Fulda-Rothemann, PV-Anlage, Teil 2
AG: RhönEnergie Erneuerbare GmbH

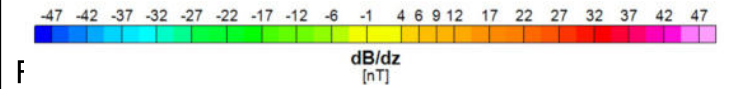


Legende

Verdachtspunkte mit Nr.
nach mag. Moment

- ⊗ 0.5 - 1
- ⊗ 1 - 5
- ⊗ 5 - 10
- ⊗ 10 - 1000

▨ magnetisch gestörter Bereich
Die starken Umgebungseinflüsse
lassen keine
Einzelpunktauswertung zu.



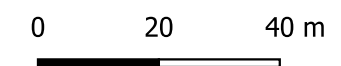
F
Gesamte Fächengröße: 111.362 m

▨ sondierte Fläche aus Bericht 01 (57.858 m²)

Hintergrund:
Geodata Hessen (2024) DOP 20
OpenStreet Maps
Koo.sys.:UTM Zone 32

Bearbeiter: S. Frömmel
Geprüft: V. Serec
Datum 07/02/2025

Maßstab: 1:1250



Anmerkung:
maximale Aussagetiefe: 3 m u.GOK
In der Nähe und unterhalb von Leitungen
und Störpunkten, können Kampfmittel
in den Daten maskiert erscheinen und evtl.
nicht detektiert werden.

Koordinatensystem UTM Zone 32, ETRS89

Sondierungen vom 22.01, 23.01, 24.01 und 30.01.25

VP Nr.	Rechtswert	Hochwert	Tiefe [m]	Magn.Moment [Am ²]
1	550993.1	5590672.8	1.4	2.9
2	551001.9	5590680.7	0.6	0.9
3	551005.4	5590692.3	0.4	0.8
4	550979.1	5590711.1	0.3	0.8
5	550973.9	5590715.2	0.9	1.2
6	550963.5	5590723.8	0.4	0.9
7	550983.8	5590728.2	0.5	0.7
8	551069.3	5590729.4	2.1	17.1
9	551079.3	5590736.8	0.8	1.2
10	551082.5	5590739.1	1.2	3.5
11	551070.4	5590742.6	0.3	0.9
12	550948.1	5590756.0	0.4	0.9
13	551019.3	5590757.4	0.3	1.9
14	551023.2	5590759.1	0.6	0.6
15	550949.6	5590765.6	0.4	0.8
16	551021.0	5590766.5	0.5	0.7
17	550941.0	5590767.6	0.6	0.7
18	551036.7	5590769.8	0.7	1.5
19	551059.4	5590771.8	0.2	0.7
20	551125.5	5590773.1	2.7	12.4
21	551049.2	5590778.0	0.4	1.2
22	551012.0	5590779.6	0.5	0.7
23	551124.3	5590782.0	0.4	0.8
24	551019.1	5590783.0	0.6	0.6
25	551040.6	5590786.1	0.5	0.7
26	551123.8	5590786.7	0.5	0.7
27	551140.8	5590789.5	0.3	0.9
28	551022.9	5590794.2	0.7	3.6
29	551035.8	5590795.8	0.4	1.9
30	550944.9	5590801.5	0.3	0.8
31	551067.9	5590809.5	0.7	1.6
32	550974.8	5590812.3	0.3	1.6
33	551172.4	5590816.7	0.3	1.5
34	551005.4	5590818.0	0.5	0.6
35	551046.7	5590822.3	0.2	0.8
36	551126.6	5590826.3	0.2	1.4
37	550958.5	5590829.2	0.2	1.5
38	551195.0	5590830.4	1.5	4.7
39	551064.6	5590830.8	0.3	0.9
40	550936.3	5590831.8	0.3	0.8
41	550921.2	5590832.2	0.4	0.9
42	550899.7	5590832.6	0.9	0.8
43	551042.7	5590833.4	0.4	0.7
44	551096.0	5590833.5	0.5	0.7
45	550950.2	5590841.7	0.7	0.7
46	550951.4	5590842.6	0.5	0.7

Koordinatensystem UTM Zone 32, ETRS89

47	551052.1	5590849.0	0.2	0.9
48	550943.4	5590852.1	0.4	0.7
49	550927.0	5590856.7	0.4	0.7
50	550916.7	5590864.5	0.4	0.7
51	551117.7	5590870.4	0.5	0.7
52	550961.6	5590874.4	0.5	0.7
53	551127.9	5590876.9	0.4	0.8
54	551046.6	5590878.3	0.5	0.7
55	551153.0	5590890.3	0.5	0.7
56	551014.6	5590894.8	0.4	0.7
57	550947.0	5590895.6	0.5	11.7
58	550970.4	5590899.1	0.5	0.7
59	550962.8	5590921.9	0.3	0.8
60	551066.7	5590922.2	0.5	0.7
61	551036.8	5590947.4	0.2	1.1
62	550982.8	5590948.0	0.4	1.6
63	550927.9	5590957.9	0.4	0.7
64	550928.6	5590976.9	0.3	1.6
65	550953.7	5590977.6	0.4	0.9
66	550947.5	5590980.3	0.2	0.8
67	551057.7	5590982.2	0.4	0.7
68	550996.4	5590992.2	0.3	1.0
69	550951.0	5590994.1	0.4	2.8
70	550909.0	5590994.5	0.3	0.8
71	550916.1	5590997.1	0.4	1.7
72	550914.7	5590997.2	0.3	1.1
73	551072.5	5590997.5	0.9	1.6
74	550990.3	5590998.7	1.7	4.4
75	550887.9	5590998.9	0.4	1.1
76	550883.0	5590999.7	0.4	1.5
77	551004.4	5591006.9	1.0	0.9
78	550872.7	5591014.5	0.4	0.9
79	550899.3	5591018.3	0.3	0.8
80	550875.8	5591019.9	0.4	0.8
81	550862.0	5591023.8	0.2	1.2
82	550911.7	5591026.0	0.5	0.7
83	550911.8	5591026.0	0.5	0.7
84	550962.9	5591029.4	0.4	0.7
85	550931.6	5591029.7	0.3	0.9
86	550918.0	5591034.9	0.5	0.7
87	550916.5	5591049.6	0.4	1.1
88	550941.9	5591057.4	0.5	1.5
89	550814.4	5591066.3	0.2	0.9
90	550846.0	5591067.4	0.3	1.2
91	550881.3	5591080.3	0.3	1.3
92	550901.3	5591110.1	0.2	0.8
93	550773.0	5591112.0	0.7	0.6
94	550892.2	5591114.0	0.4	0.7
95	550772.5	5591115.8	0.6	0.7

Koordinatensystem UTM Zone 32, ETRS89

96	550768.1	5591120.6	0.5	0.7
97	550748.2	5591169.7	0.4	0.8
98	550746.3	5591181.0	0.2	0.8
99	550773.1	5591185.3	0.5	0.7
100	550773.1	5591185.3	0.5	0.7
101	550740.1	5591192.4	0.6	0.7
102	550740.9	5591199.8	0.3	0.8
103	550793.9	5591200.1	0.4	0.6
104	550793.9	5591200.1	0.4	0.6
105	550793.9	5591200.1	0.4	0.6
106	550738.9	5591200.3	0.5	0.7
107	550790.7	5591206.9	0.4	1.3
108	550756.1	5591208.3	0.5	0.7
109	550733.2	5591209.5	0.3	0.8
110	550744.2	5591210.1	0.3	0.8
111	550746.0	5591210.5	0.4	0.7
112	550747.0	5591212.8	0.5	0.7
113	550724.1	5591214.4	0.5	0.6
114	550729.5	5591215.3	0.3	0.8
115	550790.5	5591217.7	0.5	0.7
116	550748.5	5591218.2	0.2	0.8
117	550751.7	5591221.9	0.5	0.7
118	550750.2	5591223.3	0.3	0.8
119	550756.8	5591223.8	0.6	0.7
120	550754.1	5591224.6	0.3	0.8
121	550732.7	5591227.9	0.6	0.7
122	550717.8	5591231.6	0.5	0.7
123	550810.6	5591231.9	0.5	0.7
124	550772.3	5591233.7	0.4	0.6
125	550764.0	5591235.0	0.6	0.7
126	550854.2	5591237.3	0.4	0.7
127	550844.0	5591243.5	0.5	0.7
128	550844.0	5591243.5	0.5	0.7
129	550725.3	5591247.7	0.2	0.8
130	550769.2	5591247.9	0.7	2.2
131	550774.3	5591250.7	0.5	0.7
132	550735.0	5591253.8	0.6	0.7
133	550771.5	5591261.7	0.9	0.9
134	550750.0	5591267.8	0.3	1.1
135	550783.3	5591267.9	0.4	0.7
136	550869.3	5591268.3	0.5	0.7
137	550852.7	5591274.9	0.4	0.7
138	550852.7	5591274.9	0.4	0.7
139	550852.7	5591274.9	0.4	0.7
140	550810.9	5591277.4	0.6	0.7
141	550804.4	5591279.3	0.5	0.7
142	550760.9	5591281.4	0.5	0.6
143	550732.5	5591286.9	0.4	0.7
144	550798.5	5591291.5	0.6	0.7

Koordinatensystem UTM Zone 32, ETRS89

145	550873.3	5591292.4	0.3	1.3
146	550892.7	5591296.1	0.6	0.7
147	550898.7	5591298.5	0.5	0.7
148	550867.9	5591301.9	0.5	0.6
149	550897.6	5591302.2	0.3	1.7
150	550783.3	5591304.1	0.5	0.7
151	550826.1	5591306.9	0.3	0.8
152	550789.5	5591307.9	0.3	0.8
153	550750.2	5591308.6	0.3	0.8
154	550747.8	5591313.1	0.5	0.7
155	550818.7	5591313.3	0.5	0.7
156	550823.3	5591316.3	0.8	1.3
157	550865.9	5591320.8	0.5	0.6
158	550865.9	5591320.8	0.6	0.7
159	550901.4	5591321.4	0.3	0.8
160	550834.3	5591321.7	0.5	0.7
161	550845.7	5591322.0	0.5	0.9
162	550905.4	5591324.8	0.4	0.6
163	550905.5	5591324.8	0.4	0.7
164	550897.8	5591325.7	0.5	0.7
165	550807.8	5591327.0	0.2	1.4
166	550837.4	5591331.9	0.5	0.7
167	550837.3	5591338.8	0.3	0.8
168	550860.6	5591339.0	0.5	0.7
169	550878.8	5591343.0	0.4	0.8
170	550871.8	5591344.1	0.5	0.7
171	550870.1	5591346.7	0.3	0.8
172	550835.1	5591352.4	0.3	1.2
173	550807.6	5591354.6	0.5	1.3
174	550850.7	5591360.2	0.5	0.7
175	550835.7	5591361.4	0.3	1.7
176	550835.3	5591371.1	0.3	0.7
177	550792.5	5591378.9	0.3	1.4

Oberflächensondierungen: Prinzip, Verfahren und Anwendung

Einleitung

Magnetische Oberflächensondierungen sind ein bewährtes Verfahren der angewandten Geophysik. Sie finden breite Anwendung in verschiedenen Bereichen, darunter sind die Rohstoffprospektion, die Archäologie und natürlich die Kampfmitteldetektion

Besonders in der Kampfmitteldetektion hat sich die Magnetik als Standard etabliert. Sie dient der Identifikation und Lokalisierung von Blindgängern und anderen ferromagnetischen Objekten. Da das Verfahren das natürliche Erdmagnetfeld nutzt, nennt man es passiv, es ist nicht invasiv und eignet sich hervorragend für großflächige Untersuchungen in magnetisch unbelasteten Gebieten.

Physikalische Grundlagen

Das magnetische Messverfahren basiert auf der Erfassung der **magnetischen Flussdichte B** mit der Einheit Nano-Tesla (nT). Diese Größe beschreibt das Magnetfeld an einem Punkt im Raum und wird durch ferromagnetische Objekte im Untergrund beeinflusst. Die resultierenden Anomalien liefern Hinweise auf Position, Tiefe und Größe solcher Objekte.

Magnetometer: Typen und Funktionsweise

Die Messgeräte, sogenannte **Magnetometer**, lassen sich in zwei Kategorien unterteilen:

1. **Totalfeldmagnetometer:** Erfassen die gesamte **magnetische Flussdichte B**, einschließlich aller Komponenten des Erdmagnetfelds und der Anomalien.
2. **Gradiometer:** Messen die Differenz des Magnetfelds zwischen zwei Punkten (Gradient). In der Kampfmitteldetektion wird meist die vertikale Änderung (Messwert: $\frac{\delta B}{\delta z}$) erfasst.

Gradiometer werden in der Kampfmitteldetektion bevorzugt, da sie magnetische Anomalien direkt anzeigen können. Solche Anomalien entstehen durch ferromagnetische Objekte, die das Erdmagnetfeld verzerren und charakteristische Dipol-Muster erzeugen, bestehend aus einem positiven und einem negativen Pol.

Messmethodik

Die Untersuchung einer Fläche erfolgt systematisch durch Befahren des Gebiets mit Magnetik-Systemen. Diese bestehen heutzutage i.d.R. aus **Mehrkanal-Magnetik-Arrays**, die parallel mehrere Messungen durchführen können, was die Effizienz steigert. Ein Beispielgerät zeigt **Abb. 1**. Moderne Systeme sind mit GPS-Technologie ausgestattet, um die Daten präzise zu verorten.



ABB. 1: MAGNETISCHES MESSGESTELL MIT 4 GRADIOMETERN (VORNE) UND RTK-DGPS AUSTRÜSTUNG (FA. VALLON).

Auswertung

Die aufgezeichneten Daten werden anschließend von Störsignalen bereinigt und in Farbkarten dargestellt. In diesen Karten erscheinen **positive Werte des Magnetfelds in Rot und negative in Blau**. Anhand der Form und Intensität der Dipol-Muster können mögliche Objekte im Untergrund identifiziert werden.

Eine typische Farbkartendarstellung (Abb. 2) zeigt deutlich erkennbare Dipol-Muster, die auf ferromagnetische Objekte im Untergrund hinweisen. Schwache und kleinflächige Ausschläge können Kleinmunition oder Störungen darstellen, während starke, aber auch großflächige schwächere Ausschläge oft auf größere Kampfmittel wie Blindgänger hindeuten.

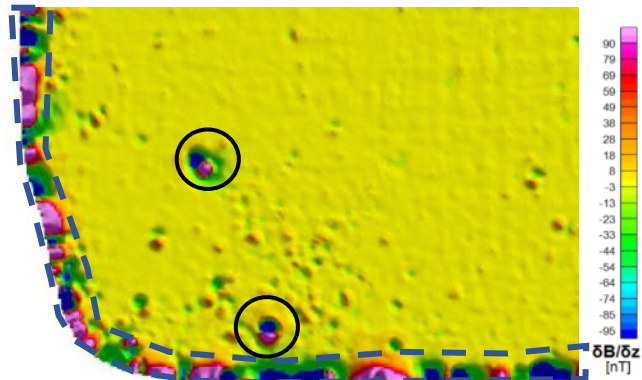


ABB. 2: BEISPIEL-FARBKARTE EINER MAGNETISCHEN OBERFLÄCHENSONDIERUNG MIT SKALA (RECHTS). ZWEI DEUTLICHE EINZELOBJEKTE MIT KAMPFMITTELGEFAHR (VERDACHTSPUNKT) SIND SCHWARZ UMRANDET. DIE STÖRUNG AM RAND DER FLÄCHE WIRD DURCH EINEN ZAUN VERURSACHT.

Die Analyse der magnetischen Anomalien liefert zwei wesentliche Parameter: das **magnetische Moment** und die **Tiefe des Objekts**. Das **magnetische Moment ist ein Maß für die Stärke der magnetischen Quelle** und erlaubt Rückschlüsse auf die Größe des Objekts. Im Vergleich zu Masse oder Volumen bietet es den Vorteil, dass keine weiteren Annahmen einfließen. Das **Magnetische Moment und die Tiefe werden durch eine mathematische Modellierung** (auch mathematische Optimierung oder Inversionsrechnung) aus den Messdaten gewonnen, indem die Messwerte durch berechneten Objekt-Modellkurven von mathematischen Dipolen angepasst werden.

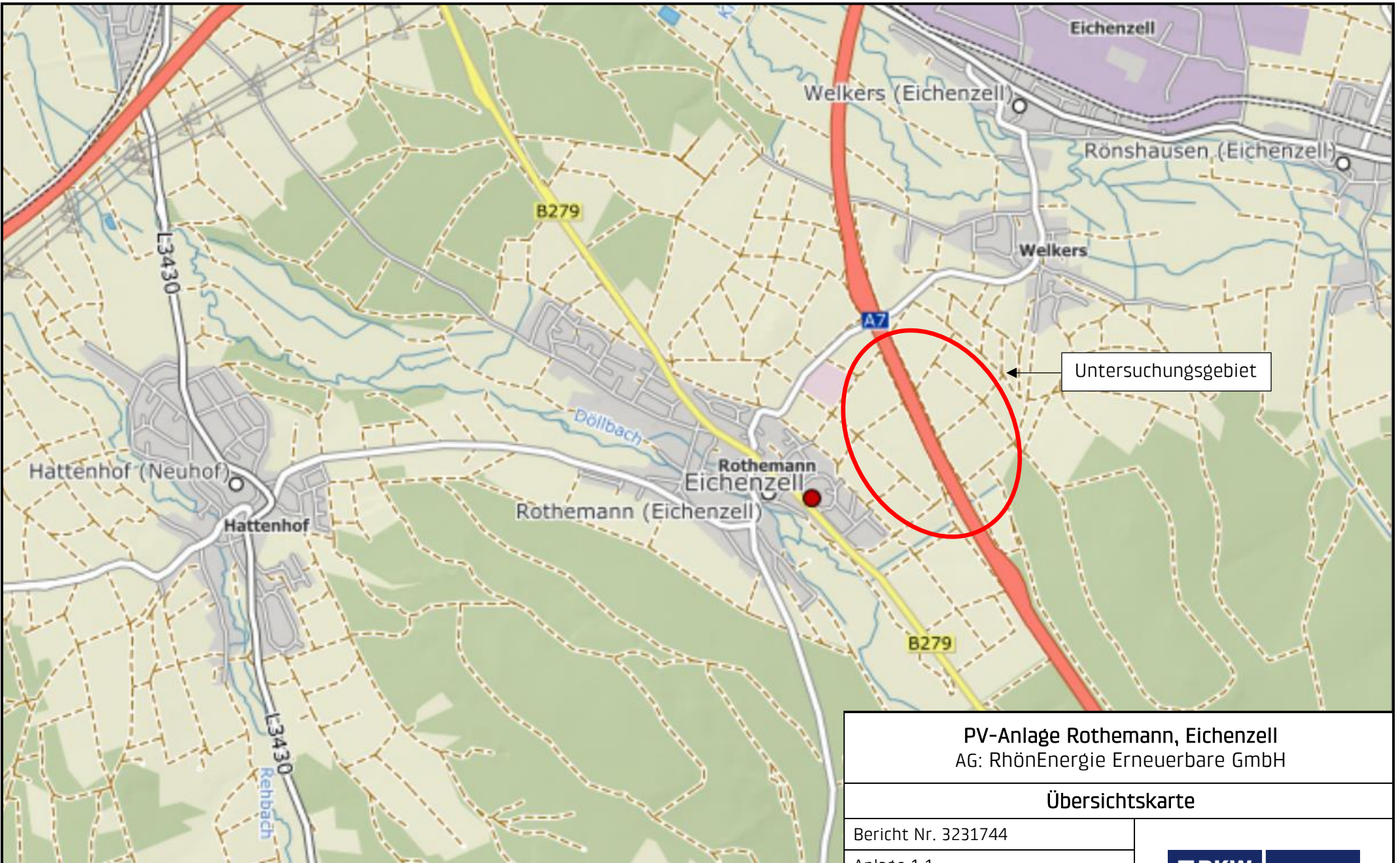
Zusammenfassung

Die magnetische Oberflächensondierung ist ein unverzichtbares Werkzeug zur Detektion von Blindgängern und anderen ferromagnetischen Objekten. Sie kombiniert physikalische Präzision mit effizienter Flächenabdeckung und ist. Die Ergebnisse bieten eine **fundierte Grundlage für die Lokalisierung und Bergung potenzieller Gefahrenquellen**.

- Lang erprobtes **Standardverfahren der Kampfmittelsuche**, vielseitig einsetzbar.
- **Detektiert Eisenkörper** und keine anderen nicht-ferromagnetischen Metalle. In der Kampfmittelsuche ein Vorteil.
- **Besonders in ländlichen oder magnetisch wenig gestörten Gebieten von unschätzbarem Wert**. Urbanen Gebieten mit magnetischen Störquellen (Leitungen, Zäune, Kanaldeckel, Laternen, uvm.) können die Aussagen stark einschränken.
- **Effizienz**: Große Flächen können in kurzer Zeit untersucht werden.

**EXOM Messapparaturen
Magnetik**

Verschiedene Magnetometer der Firmen Sensys GmbH und Vallon GmbH. Von handgestützten Einkanal- bis zu fahrzeuggestützten Mehr-Kanalsystemen.



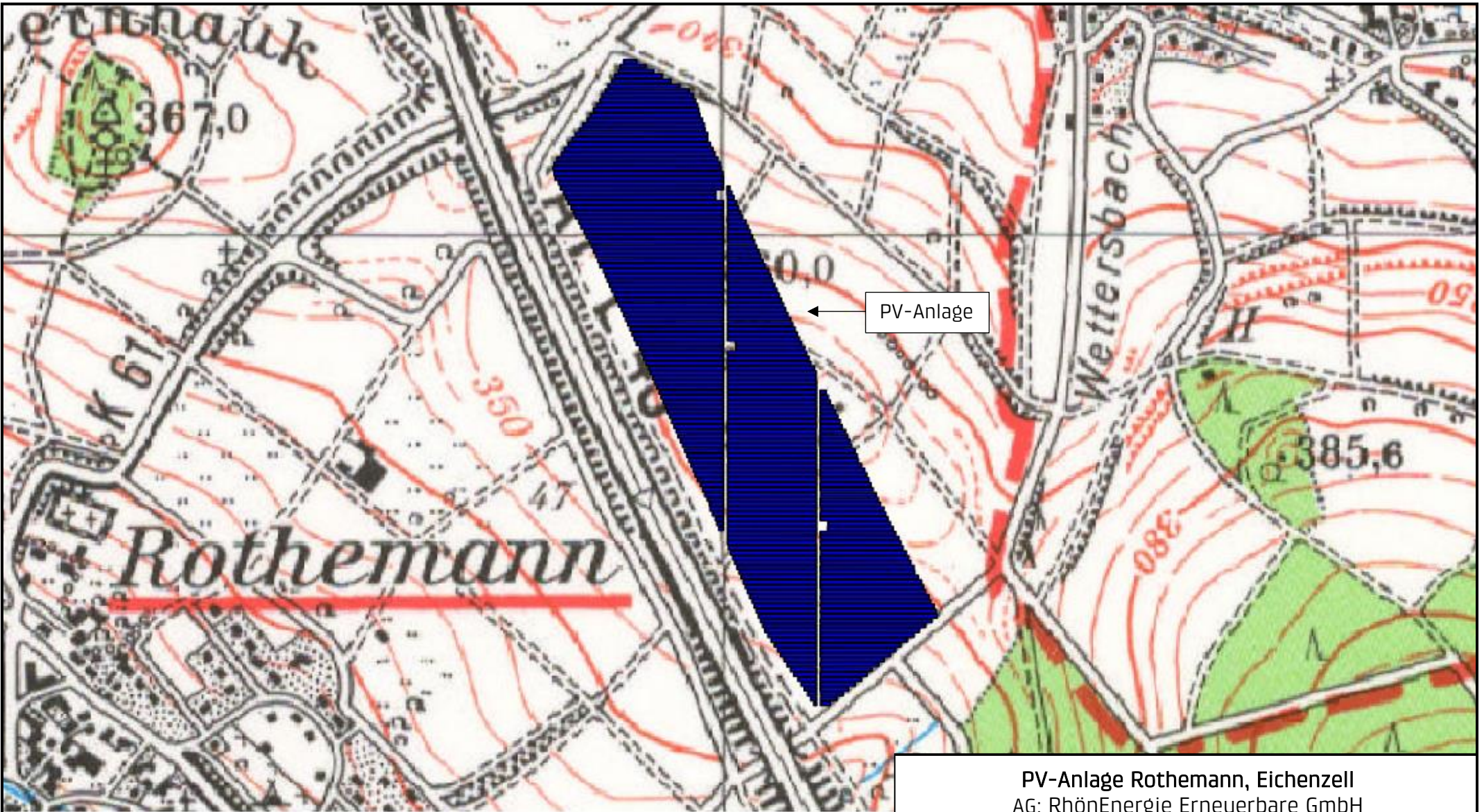
PV-Anlage Rothemann, Eichenzell
 AG: RhönEnergie Erneuerbare GmbH

Übersichtskarte

Bericht Nr. 3231744
Anlage 1.1
Datum: 30.01.2024
Maßstab: 1 : 18.000
Bearbeiterin: Katharina Feid M. Sc.



Karte: © Geoportal. Hessen



0 M 1:9000 500 m

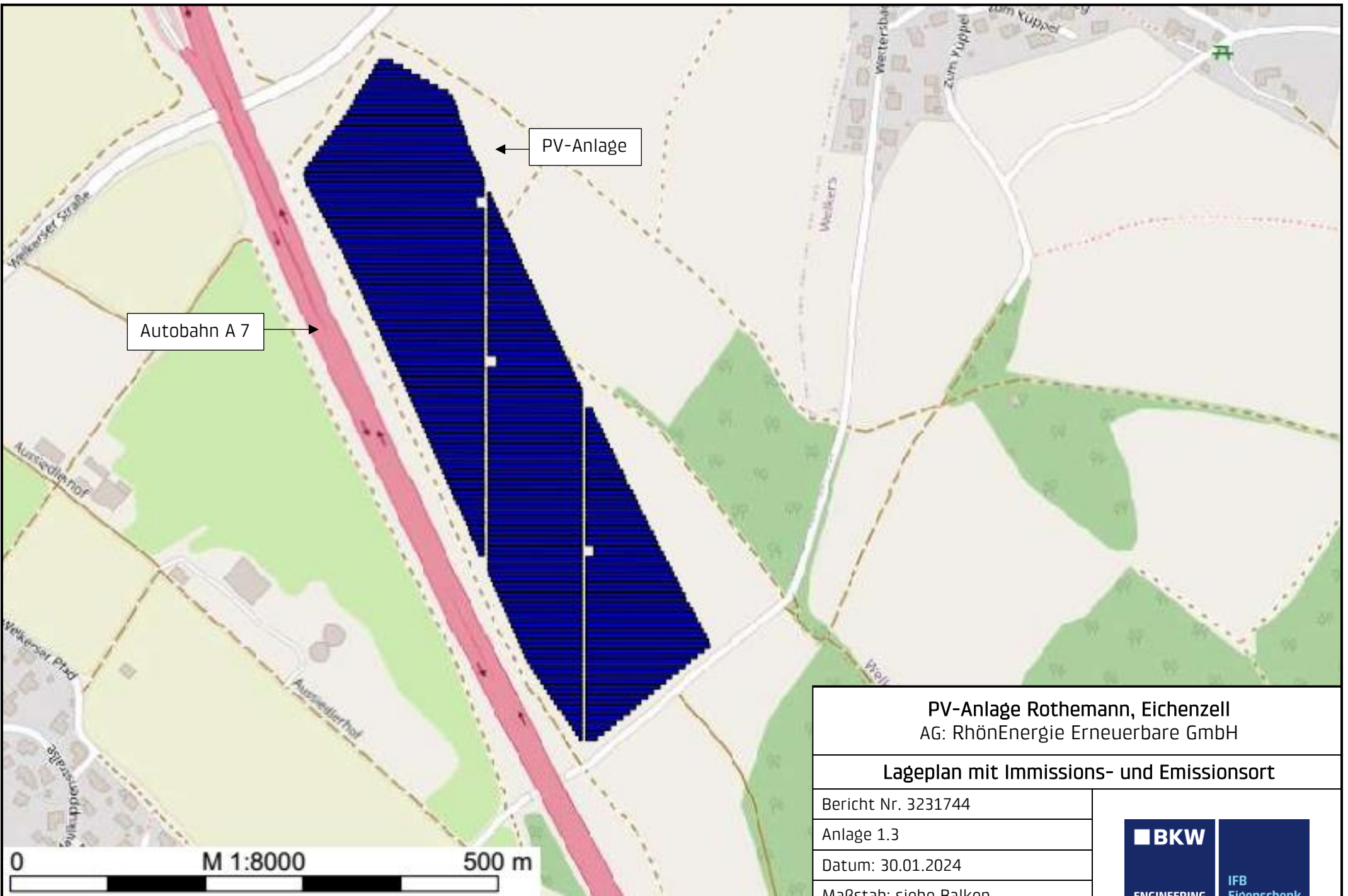
Karte: © Geoportal.Hessen

PV-Anlage Rothemann, Eichenzell
 AG: RhönEnergie Erneuerbare GmbH

Topografische Karte

Bericht Nr. 3231744
 Anlage 1.2
 Datum: 30.01.2024
 Maßstab: siehe Balken
 Bearbeiterin: Katharina Feid M. Sc.





Autobahn A 7

PV-Anlage

0 M 1:8000 500 m

Karte: © OpenStreetMap

PV-Anlage Rothemann, Eichenzell
 AG: RhönEnergie Erneuerbare GmbH

Lageplan mit Immissions- und Emissionsort

Bericht Nr. 3231744

Anlage 1.3

Datum: 30.01.2024

Maßstab: siehe Balken

Bearbeiterin: Katharina Feid M. Sc.





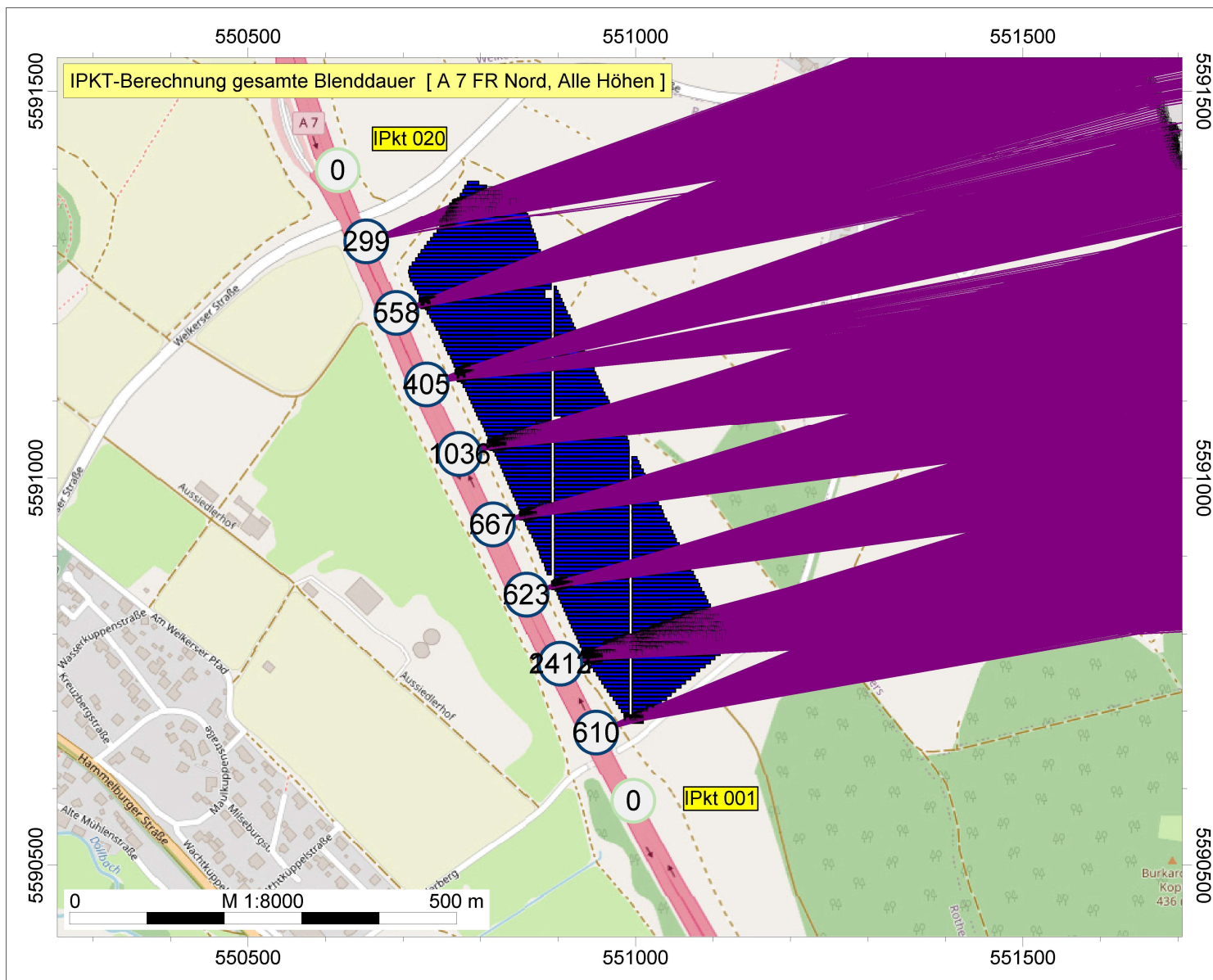
N: 1358

Datum: 20.01.2018

OsthesseNetz GmbH
Gerbergasse 9, 36037 Fulda
Tel.: 0661 299-0
Fax: 0661 299-1699



PV-Anlage Rothemann, Eichenzell



IFB Eigenschenk GmbH
Katharina Feid M. Sc.

PV-Anlage Rothemann,
Eichenzell

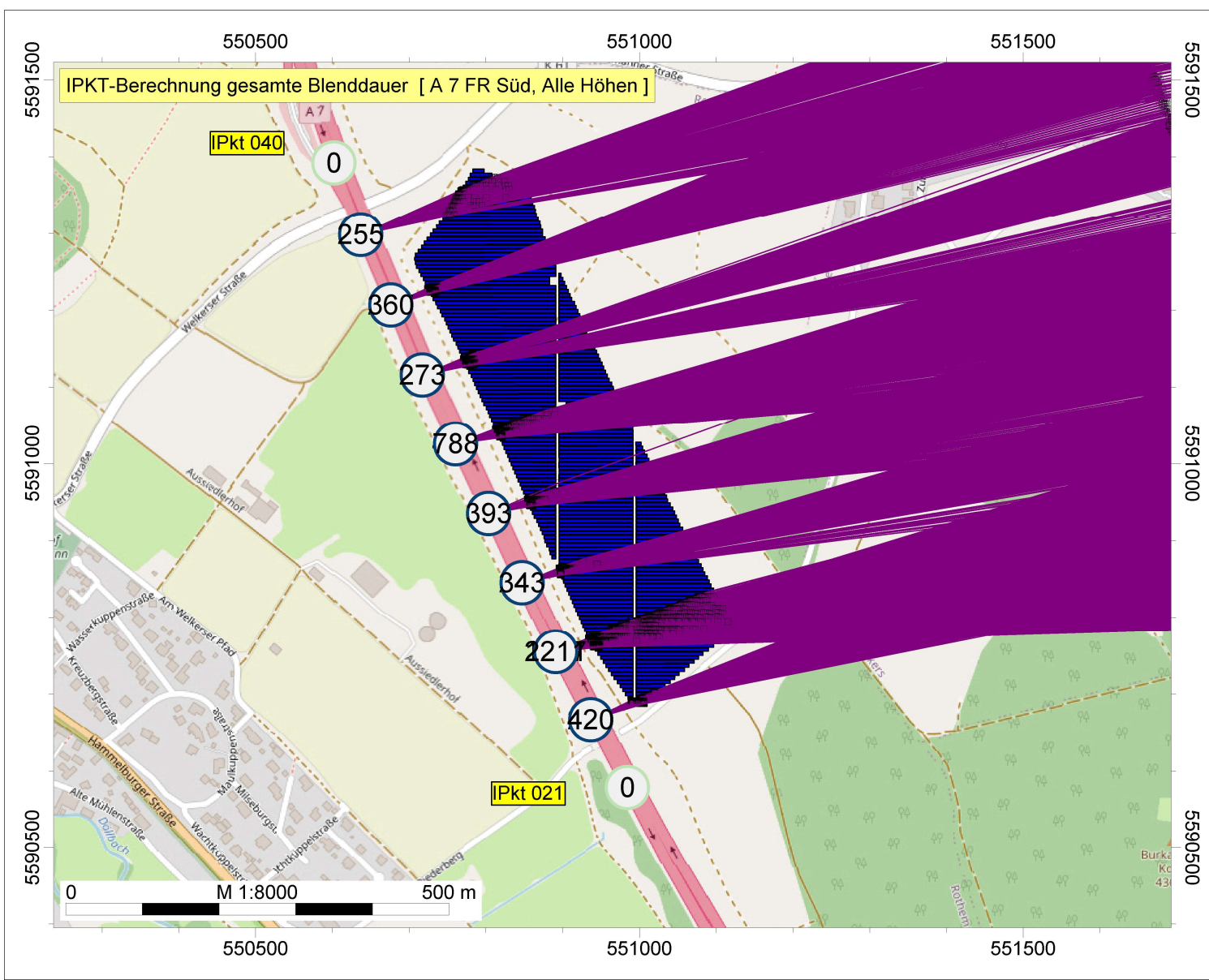
Auftrag Nr. 3231744

- Legende
- Immissionspunkt
 - Solarmodul
 - Reflexionsstrahl

gesamte Blenddauer
T Blend
min

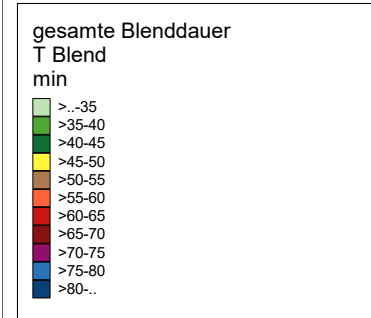
>.-35
>35-40
>40-45
>45-50
>50-55
>55-60
>60-65
>65-70
>70-75
>75-80
>80-..

PV-Anlage Rothemann, Eichenzell



IFB Eigenschenk GmbH
 Katharina Feid M. Sc.
 PV-Anlage Rothemann,
 Eichenzell
 Auftrag Nr. 3231744

- Legende**
- ⊕ Immissionspunkt
 - ▨ Solarmodul
 - ∨ Reflexionsstrahl



BKW

ENGINEERING

IFB

Eigenschenk

Firma:	IFB Eigenschenk GmbH	Auftrag Nr.	3231744
Bearbeiter:	Katharina Feid M. Sc.		
Projekt:	Rothemann, Eichenzell		

Kurze Liste - Fotovoltaik		Punktberechnung								
Fotovoltaik-Berechnung		Punktberechnung								
Autobahn A 7		Einstellung: Kopie von "Referenzeinstellung"								
	Immissionspunkt	Gesamte	Anzahl	Mittlere	Tag max.	Maximale	Erste	Letzte	Tag 1.	Tag letzte
		Blenddauer	Blendtage	Blenddauer	Blendung	Blenddauer	Blendzeit	Blendzeit	Blendung	Blendung
		/min		/min		/min				
IPkt001	A 7 FR Nord 1 H 1S/O	0	0	0	-	0	-	-	-	-
IPkt002	A 7 FR Nord 1 H 2S/O	0	0	0	-	0	-	-	-	-
IPkt003	A 7 FR Nord 2 H 1S/O	398	102	4	13.05.	7	06:47	07:23	01.05.	10.08.
IPkt004	A 7 FR Nord 2 H 2S/O	610	102	6	13.05.	9	06:55	07:30	01.05.	10.08.
IPkt005	A 7 FR Nord 3 H 1S/O	1403	132	11	20.05.	17	07:12	07:52	16.04.	25.08.
IPkt006	A 7 FR Nord 3 H 2S/O	2412	145	17	24.05.	22	07:16	07:57	10.04.	01.09.
IPkt007	A 7 FR Nord 4 H 1S/O	274	91	3	16.06.	8	07:15	07:33	02.05.	09.08.
IPkt008	A 7 FR Nord 4 H 2S/O	623	100	6	07.05.	11	07:23	07:42	30.04.	11.08.
IPkt009	A 7 FR Nord 5 H 1Süd	256	37	7	06.06.	8	07:16	07:29	03.06.	09.07.
IPkt010	A 7 FR Nord 5 H 2Süd	667	103	6	07.05.	10	07:21	07:42	30.04.	12.08.
IPkt011	A 7 FR Nord 6 H 1N/W	490	71	7	23.05.	8	07:14	07:31	17.05.	26.07.
IPkt012	A 7 FR Nord 6 H 2N/W	1036	119	9	31.05.	12	07:19	07:43	23.04.	19.08.
IPkt013	A 7 FR Nord 7 H 1N/W	180	36	5	11.06.	7	06:57	07:15	11.05.	01.08.
IPkt014	A 7 FR Nord 7 H 2N/W	405	105	4	19.06.	8	07:04	07:34	17.04.	24.08.
IPkt015	A 7 FR Nord 8 H 1N/W	336	65	5	29.05.	6	06:47	07:03	20.05.	23.07.
IPkt016	A 7 FR Nord 8 H 2N/W	558	108	5	30.05.	8	06:53	07:17	25.04.	16.08.
IPkt017	A 7 FR Nord 9 H 1N/W	165	91	2	08.05.	4	06:58	07:18	30.04.	17.08.
IPkt018	A 7 FR Nord 9 H 2N/W	299	117	3	09.05.	6	07:01	07:22	18.04.	25.08.
IPkt019	A 7 FR Nord 10 H 1N/W	0	0	0	-	0	-	-	-	-
IPkt020	A 7 FR Nord 10 H 2N/W	0	0	0	-	0	-	-	-	-
IPkt021	A 7 FR Süd 1 H 1S/O	0	0	0	-	0	-	-	-	-
IPkt022	A 7 FR Süd 1 H 2S/O	0	0	0	-	0	-	-	-	-
IPkt023	A 7 FR Süd 2 H 1S/O	288	89	3	18.05.	7	06:48	07:23	07.05.	05.08.
IPkt024	A 7 FR Süd 2 H 2S/O	420	90	5	24.07.	9	06:55	07:28	08.05.	05.08.
IPkt025	A 7 FR Süd 3 H 1S/O	1487	130	11	10.07.	18	07:13	07:54	17.04.	24.08.
IPkt026	A 7 FR Süd 3 H 2S/O	2211	151	15	07.07.	22	07:17	07:58	07.04.	04.09.
IPkt027	A 7 FR Süd 4 H 1S/O	249	79	3	14.05.	6	07:18	07:33	10.05.	01.08.
IPkt028	A 7 FR Süd 4 H 2S/O	343	106	3	13.05.	8	07:18	07:40	24.04.	19.08.
IPkt029	A 7 FR Süd 5 H 1Süd	183	71	3	17.05.	5	07:16	07:33	10.05.	02.08.
IPkt030	A 7 FR Süd 5 H 2Süd	393	112	4	17.05.	8	07:02	07:41	23.04.	18.08.
IPkt031	A 7 FR Süd 6 H 1N/W	439	95	5	31.05.	7	07:15	07:34	03.05.	09.08.
IPkt032	A 7 FR Süd 6 H 2N/W	788	125	6	05.06.	10	07:19	07:41	20.04.	22.08.
IPkt033	A 7 FR Süd 7 H 1N/W	91	47	2	19.06.	4	06:56	07:13	12.05.	30.07.
IPkt034	A 7 FR Süd 7 H 2N/W	273	79	3	30.04.	6	07:01	07:31	25.04.	16.08.
IPkt035	A 7 FR Süd 8 H 1N/W	217	56	4	25.05.	4	06:48	07:01	24.05.	18.07.
IPkt036	A 7 FR Süd 8 H 2N/W	360	93	4	11.05.	5	06:52	07:12	02.05.	09.08.
IPkt037	A 7 FR Süd 9 H 1N/W	158	92	2	28.04.	3	06:58	07:17	27.04.	14.08.
IPkt038	A 7 FR Süd 9 H 2N/W	255	119	2	30.07.	5	07:00	07:20	22.04.	20.08.
IPkt039	A 7 FR Süd 10 H 1N/W	0	0	0	-	0	-	-	-	-
IPkt040	A 7 FR Süd 10 H 2N/W	0	0	0	-	0	-	-	-	-