

Erkundungsbericht:
Geomagnetische Archäoprospektion
NBG „An den zwei Kreuzerchen“,
56332 Dieblich

Auftraggeber: Verbandsgemeindeverwaltung Rhein-Mosel,
Bahnhofstraße 44, 56330 Kobern-Gondorf

Datum des Auftrags: 15.12.23

Bearbeiter: Dipl.-Geophys. Dr. Arno Patzelt

Datum der Messungen: 05.03.- 06.03.24

Datum Bericht: 25.03.24

Bericht-Nr.: 1399-24

Anzahl der Seiten: 10

Anlagen: Anlagen 1, 2A, 2B, 2C
Download-Link zu Bericht und allen relevanten Daten

Inhalt

1	Aufgabenstellung, Zweck der Erkundung und Vorgehensweise	3
2	Die Geomagnetische Prospektion in der Archäologie	3
2.1	Das Prinzip der magnetischen Ortung	3
2.2	Das Messverfahren für die Archäologie	5
2.3	Magnetogramme und Anomalien	5
3	Durchführung der Messungen	7
4	Datenbearbeitung, Darstellung und Bewertung	8
4.1	Plan- und Abbildungserstellung	8
4.2	Datenverarbeitung und Darstellung	9
4.3	Datenanhang als Download-Link	10

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lageplan
Anlage 2A	Magnetogramm -100 / +100 nT
Anlage 2B	Magnetogramm -40 / +40 nT
Anlage 2C	Magnetogramm -20 / +20 nT
Download- Link	PDF-Datei mit Bericht und Anlagen, QGIS-Datei mit georeferenzierten Magnetogrammen (TIFF), georeferenzierte ASCII-Dateien der Rohdaten und prozessierten Daten

Verwendete Messtechnik und Software

<u>Geomagnetik</u>	FEREX DLG 4.032 mit 4 Sonden CON 650
<u>Vermessung</u>	STONEX S900 mit SAPOS-RTK-Korrektur
<u>Prozessing Messdaten:</u>	DATALOAD (Foerster GmbH), GEOPLOT (Geoscan Research Ltd.)
<u>Darstellung:</u>	Magnetogramm-Bilderstellung: SURFER (Golden Software) CAD: MICROSTATION v8 im DGN-Modus (Bentley Systems) QGIS Vers. 3.22

Planungsgrundlagen

- [1] Lageplan »OG Dieblich, An den zwei Kreuzerchen.pdf« mit ausgewiesener Messfläche
- [2] Luftbild, Katasterplan und topographische Karte von LANIS Kartendienst (<http://map1.naturschutz.rlp.de>)

1 Aufgabenstellung, Zweck der Erkundung und Vorgehensweise

GEOTOMOGRAPHIE GMBH wurde beauftragt, eine geomagnetische Prospektion auf der Fläche des geplanten Neubaugebiets „An den zwei Kreuzerchen“ in 56332 Dieblich durchzuführen. Zweck dabei ist die Ortung möglicher archäologischer Strukturen und Objekte im oberflächennahen Untergrund. Es wurde eine flächendeckende geomagnetische Kartierung mit einem Vierkanal-Gradiometer (Typ FEREX, Foerster GmbH) durchgeführt. Die Ausweisung und Interpretation potenziell archäologischer Strukturen im Untergrund war gemäß Vorgabe der zuständigen Denkmalbehörde *Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz* nicht Teil des Auftrags.

2 Die Geomagnetische Prospektion in der Archäologie

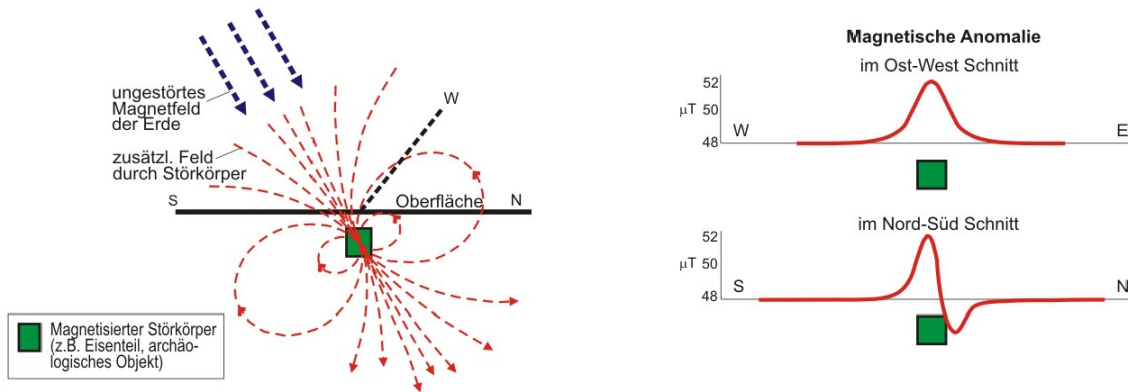
2.1 Das Prinzip der magnetischen Ortung

Geophysikalische Messmethoden erkunden den Untergrund zerstörungsfrei durch Messung physikalischer Größen von der Oberfläche aus. Die Methode der Geomagnetik beruht auf der hochgenauen Messung des Erdmagnetfeldes. Moderne Messgeräte zur Archäoprospektion sind in der Lage, das Erdmagnetfeld in der Normalstärke von rund 50.000 nT (magnetische Flussdichte in der Einheit Nanotesla) auf 0,1 nT genau aufzulösen.

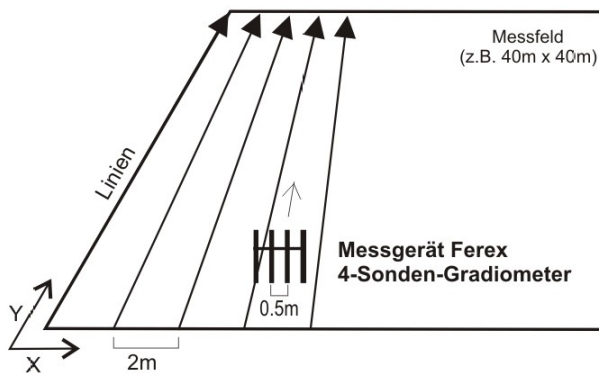
Archäologische Objekte im Boden wie Mauer- und Fundamentreste aus Stein, ehemalige, heute verfüllte Gräben und Gruben oder Brandstellen weisen im Vergleich zum umgebenden Boden meist eine geringfügig abweichende Magnetisierung auf (Bild 1A). Dadurch entsteht eine lokale Anomalie im Erdmagnetfeld an der Oberfläche über dem Objekt. Je nach Magnetisierung des Objekts, seiner Lage und Ausrichtung kommt es zu Verstärkungen und/oder Abschwächungen des Magnetfeldes (siehe Bild 1A rechts).

Eisenhaltige Objekte sind durch ihren Ferromagnetismus sehr stark magnetisch und erzeugen Anomalien von mehreren 100 bis 1000 Nanotesla an der Oberfläche. Archäologische Strukturen hingegen bestehen zumeist aus Steinen und nur wenig verändertem Bodenmaterial. Die magnetischen Anomalien kommen hier zustande durch einen lokal leicht höheren oder niedrigeren Gehalt an Eisenmineralen (Magnetit, Hämatit) im Boden, entsprechend treten hier nur sehr schwache Anomalien von meist wenigen Nanotesla auf.

A) Magnetisch wirksame Objekte verändern das örtliche Erdmagnetfeld. Abhängig von Magnetisierung und Ort kommt es zu Verstärkungen und Abschwächungen des Feldes. Diese Anomalien werden auf der Untersuchungsfläche durch Messung in einem engen Raster erfasst und erlauben so die Ortung von Objekten.

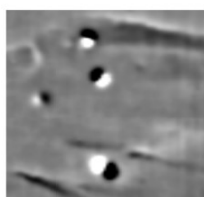


B) Die Messung der Stärke des Erdmagnetfeldes bzw. seines Vertikalgradienten erfolgt über Spulensysteme (sog. Fluxgatesonden). Mit unserem 4-Sondensystem nehmen wir quadratische Teilflächen von 40 m x 40 m auf, mit einer Datendichte von 0,5 m x 0,125 m.

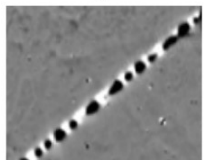


Vier-Kanal-Gradiometer FEREX bei der Messung

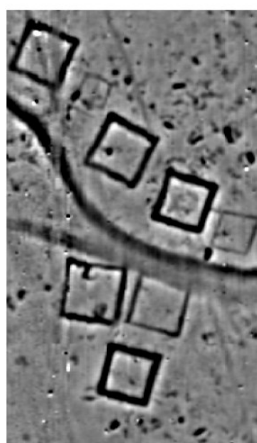
C) Ergebnis der geomagnetischen Prospektion ist das Magnetogramm. Archäologische Objekte wie Mauerreste und verfüllte Gräben verfügen über vergleichsweise schwache Magnetisierungen. Erdig verfüllte Gräben und Gruben zeigen positive, Mauerzüge negative Anomaliewerte. Eisenteile bilden sehr starke Anomalien und stellen unerwünschte Störobjekte dar.



Isolierte Eisenteile nahe Oberfläche mit charakterist. Dipolanomalie (Dynamik +/-50 nT, Bildbreite 5 m)



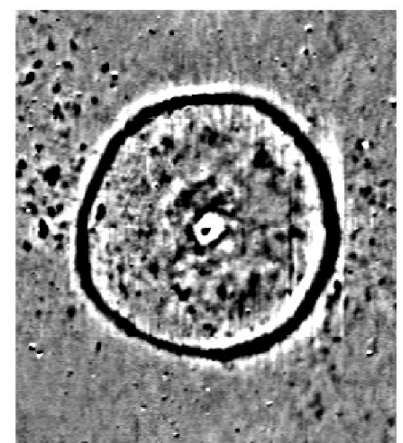
Wasserleitungsrohr aus Eisen (Dynamik +/-50 nT), Bildbreite 30 m



Römische Grabgärten: positive Anomalien von erdig verfüllten Gräben (Dynamik +/- 20 nT, Bildbreite 50 m)



Römische Mauergrundrisse: negative Anomalien durch steinige Einlagerungen im Boden (Dynamik +/- 20 nT, Bildbreite 60 m)



Eisenzeitlicher Grabhügel. Schwarzer Kreis: erdig verfüllter Graben. Weiße Anomalie im Zentrum: steinige Grabkammer (Dynamik +/- 5 nT, Bildbreite 70 m)

Bild 1: Geomagnetische Prospektion in der Archäologie. A) Magnetisch wirksame Objekte im Untergrund verursachen eine messbare Anomalie an der Oberfläche. B) Messung des Erdmagnetfeldes auf der Fläche. C) Beispiele typischer archäologischer und sonstiger Objekte im Magnetogramm.

2.2 Das Messverfahren für die Archäologie

Das von uns verwendete Fluxgategradiometer *FEREX* der Firma FOERSTER GMBH wird häufig in der archäologischen Prospektion verwendet (Bild 1B). Es misst die magnetische Feldstärke¹ mit zwei Sensoren im vertikalen Abstand von 0,65 m und bildet die Differenz daraus, den Vertikalgradienten. Die gerätetechnische Auflösung der Sonden liegt bei 0,2 nT. Die Messung des Vertikalgradienten hat den Vorteil, dass Störeinflüsse von unerwünschten eisenhaltigen Objekten aus der näheren und weiteren Umgebung wesentlich geringer einwirken. Hierzu zählen Leitungen, Masten, Zäune sowie die fast überall vorhandenen Eisenteile aller Art auf landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Beim Einsatz des 4-Sondensystems *FEREX DLG* wird gleichzeitig mit vier Gradiometersonden gemessen, befestigt an einem Rahmen im horizontalen Abstand von 0,5 m (Bild 1B). Üblicherweise nehmen wir Teilfelder von 50 m x 40 m auf, die im Vorfeld geodätisch abgesteckt werden. Der Rahmen wird entlang von parallelen Linien geführt, die zuvor mit Leinen ausgelegt werden. Auf den Leinen befinden sich im Abstand von 5 Metern Markierungen, an welchen beim Passieren ein Taster am Messgerät betätigt wird. Auf diese Weise erfolgt die Positionierung der Messwerte. Üblicherweise nehmen wir die Flächen in einem Messraster von 0,125 m x 0,5 m auf, entsprechend 16 Einzelmesswerten pro Quadratmeter Fläche.

Die Messdaten werden bei der Messung in einem Datenlogger abgespeichert, später am Computer mit Filterverfahren aufbereitet und graphisch zu Messbildern, sogenannten Magnetogrammen, umgesetzt. Um Störeinflüsse weitestgehend zu vermeiden, wird das Messgerät von einer Person in völlig unmagnetischer Kleidung getragen. Dadurch erzielen wir sehr hochauflösende Magnetogramme.

2.3 Magnetogramme und Anomalien

Auf einer völlig ungestörten, horizontalen Messfläche ist der Vertikalgradient des Erdmagnetfelds gleichbleibend. Objekte oder Bereiche im Untergrund mit leicht veränderter Magnetisierung verursachen Verzerrungen dieses Felds, sogenannte Anomalien.

Die stärksten Anomalien in Magnetogrammen werden stets von eisenhaltigen Objekten erzeugt, die in der Regel neuzeitlicher Herkunft sind. Es handelt sich dabei einerseits um offensichtliche Objekte an und über der Oberfläche wie Zäune, Masten und Schächte. Weiterhin können unbekannte Leitungen oder eisenhaltige Auffüllungen (z.B. Bauschutt) im Boden verborgen sein. Bild 1C zeigt links zwei Magnetogramme mit Beispielen für isolier-

¹ genauer: magnetische Flussdichte [Tesla]

te Eisenobjekte mit charakteristischer Dipolanomalie (oben) und einer Wasserleitung aus Eisen (unten). Entlang von Straßen und Wegen tritt fast immer eine Häufung von für Eisenteile typischen Anomalien auf. Treten diese Störungen moderner Ursache gehäuft auf, wird die Interpretation der Magnetogramme hinsichtlich archäologischer Objekte im Untergrund stark erschwert.

Archäologische Strukturen wie Mauern, verfüllte Gruben oder Gräben erzeugen in der Regel nur geringe Anomaliewerte von wenigen Nanotesla, mit der Ausnahme von Brandstellen und Schlacken. Je schwächer magnetisch der oberflächennahe Boden ist, desto schwächer sind auch die Anomalien, die durch Veränderungen hervorgerufen werden. Vulkanische Böden, wie sie z.B. in der Eifel vorkommen, sind oft stark magnetisch, Kalksteinböden wie auf der Schwäbischen und Fränkischen Alb sehr schwach magnetisch. Die Erfassungstiefe für archäologische Objekte beträgt, bedingt durch die geringe Magnetisierung, meist nicht mehr als einen Meter. Größere Objekte wie beispielsweise ein verfüllter Graben können unter günstigen Umständen auch in größerer Tiefe noch nachweisbar sein.

Positive Anomalien (dunkelgrau bis schwarz in unserer Darstellung) deuten abhängig von Größe und geometrischer Ausprägung auf ehemalige, heute verfüllte Gruben, Gräber, Gräben oder Rinnen hin (siehe Bild 1C). Ebenfalls möglich sind ehemalige Hochtemperaturbereiche (Herdstellen, Öfen, verziegelter Boden, Holzasche, etc.), Brunnen, Pfostenstellungen, Hausgrundrisse (bei ehemaligen Lehm- oder Holzwänden) oder auch Wallanlagen. Negative Anomalien (hellgrau bis weiß in unserer Darstellung) lassen steinige Einlagerungen im Boden vermuten, etwa Fundamente und Mauerzüge, befestigte Straßen, sowie steingefasste oder -bedeckte Gräber.

Anomalien können aber ebenso durch natürliche Variationen in der Bodenzusammensetzung (Schichtwechsel, Schwemmmaterial) oder geologische Strukturen (Verwerfungen, Schieferung, Mineralisierungen, Erosionsstrukturen) bedingt sein. Insbesondere dunkle vulkanische Gesteine wie Basalte und Gesteine mit einem hohen Anteil an Eisenoxiden (i.w. Magnetit) können sehr starke Magnetisierungen aufweisen. Zudem werden durch moderne Ablagerungen, Feuerstellen, Auffüllungen und Wege, sowie durch Drainage- und Leitungsrohre Anomalien im Magnetfeld erzeugt.

Im Idealfall lassen sich archäologische Objekte anhand einer charakteristischen Geometrie erkennen, beispielsweise rechtwinklige Gebäudegrundrisse oder kreisrunde Grabhügel. Sofern die Geometrie von Anomaliestrukturen und/oder Lesefunde keine eindeutige Interpretation vorgeben, müssen gezielte Sondagen unter archäologischer Betreuung zei-

gen, worum es sich bei aufgefundenen Anomalien im Einzelfall handelt.

Voraussetzung für den Nachweis von archäologischen Objekten und Strukturen im Untergrund ist grundsätzlich immer ein messbarer Kontrast in der Magnetisierung im Vergleich zum umgebenden Material. Ist dieser nicht gegeben, bleiben archäologische Strukturen dem Messverfahren verborgen. Kein Befund im Magnetogramm bedeutet im Umkehrschluss nicht zwangsläufig, dass auch keine archäologischen Befunde im Boden vorhanden sind. Sie können magnetisch keinen messbaren Kontrast zum umgebenen Bodenmaterial bilden oder unterhalb der Erfassungstiefe liegen.

3 Durchführung der Messungen

Die Messungen erfolgten am 05.-06.03.24. Das Wetter war wechselhaft mit leichtem Regen. Planungsgrundlage war der vom Auftraggeber erhaltene Plan [1].

Die geodätische Absteckung erfolgte mit einem GNSS Stonex S900 mit Sofortkorrektur über SAPOS in einer Genauigkeit im Freifeld von nominell ca. 3 cm. Die Vermessungsdaten mit zusätzlichen Angaben (Genauigkeit, Höhe, etc.) sind in der Excel-Tabelle »GPS_Dieblich.xlsx« im Datendownload enthalten.

Anlage 1 zeigt die Messfläche auf dem Luftbild mit hinterlegtem Katasterplan [2], **Bild 2** zeigt Aufnahmen der Arbeiten. Der Großteil des Messgebiets war eine ebene Wiese mit vereinzelt Bäumen. Entlang des südwestlichen Feldrandes zu den Häusern hin, gab es jedoch einige Hindernisse, darunter auch größere Metallgegenstände, die sich lokal störend auf die Messungen auswirkten. Dort konnte ein Teil der vorgegebenen Fläche nicht prospektiert werden.

Insgesamt wurde eine Fläche von 2,2 Hektar prospektiert.

Die geomagnetischen Messungen wurden durchgeführt mit einem Fluxgategradiometer FEREX 4.032 DLG mit vier für den archäologischen Einsatz geprüften Sonden CON 650 der Firma FOERSTER GMBH. Es wurden Teilflächen von jeweils 50 m x 40 m oder kleiner aufgenommen. Die abzuschreitenden Profile innerhalb der Teilflächen wurden mit Leinen ausgelegt. Auf den Leinen befinden sich im Abstand von 5 Metern Markierungen, an welchen beim Passieren ein Taster am Messgerät zu betätigen ist, wodurch die Messwerte positioniert werden. Der Linienabstand (Sondenabstand) beträgt 0,5 m, auf den Profilen wurde alle 0,125 m ein Messpunkt aufgenommen. Dies ergibt eine Datendichte von 16 Messpunkten / m².



Bild 2: Aufnahmen während der Messung

4 Datenbearbeitung, Darstellung und Bewertung

4.1 Plan- und Abbildungserstellung

Die Plan- und Anlagenerstellung erfolgte mit der CAD-Software MICROSTATION POWERDRAFT im DGN-Modus. Die CAD-Dateien können bei Bedarf angefordert werden.

Zur Übergabe wurde die QGIS-Datei »1399_Geomagnetik_Dieblich.qgz« erstellt, die die Magnetogramme als GeoTiff-Bilddateien und einer GeoTiff-Grid-Datei in der Projektion ETRS89/UTM32N (EPSG: 25832) enthält sowie die Umrandung der Messfläche als Shape-Datei. Ebenso enthalten sind das Luftbild und der Katasterplan als GeoTiff-Bilder.

4.2 Datenverarbeitung und Darstellung

Die Auswertung der geomagnetischen Messungen erfolgte mit der auf Archäogeophysik spezialisierten Software GEOPLOT. Die Messwerte wurden in mehreren Prozessingschritten bearbeitet (i. w. *zero mean grid*, *zero mean traverse*, *lowpass filter*, *interpolate*), um Störeffekte zu eliminieren und mögliche archäologische Strukturen herauszuarbeiten. Unsere Vorgehensweise zur Bearbeitung und Darstellung beruht auf jahrelanger Erfahrung und hat sich in technischer und visueller Hinsicht bewährt. Durch den abschließenden Verarbeitungsschritt „*interpolate y, expand*“ und „*interpolate x, shrink*“ werden die im Raster 0,125 x 0,5 m gemessenen Werte auf ein regelmäßiges Raster von 0,25 x 0,25 m gebracht. Die damit verbundene Glättung ergibt ein optisch ausgeglicheneres Bild, wobei die Zahl der Datenpunkte pro Quadratmeter (16/m²) gleich bleibt.

Anschließend wurden die prozessierten Messdaten ins ASCII-Format exportiert, mittels der GNSS-Vermessung georeferenziert, im Programm SURFER zu einer Grid-Tiff-Datei interpoliert und als Farb- und Graustufenbild dargestellt (Raster 0,1 x 0,1 m). Diese Grid-Tiff-Datei lässt sich direkt ins QGIS einbinden, wobei hier im Unterschied zu statischen Tiff-Bildern Wertebereich und auch Farbpalette frei anpassbar sind.

Die abschließende Erstellung der Magnetogramme als statische GeoTiff-Dateien mit unterschiedlichen Farbpaletten erfolgte im QGIS.

Für die Anlagen des Berichts wurden die Magnetogramme der prozessierten Messdaten zunächst in unterschiedlicher Dynamik betrachtet. Zur Darstellung ausgewählt wurden die Magnetogramme in der Dynamik -100 / +100 nT, -40 / +40 nT und -20 / +20 nT. Werte unterhalb bzw. oberhalb sind jeweils auf die genannten Randwerte begrenzt. Die Magnetogramme sind in den **Anlagen 2A bis 2C** dargestellt.

Auf Anlage 2A (-100 / +100 nT) sind besonders stark magnetische Objekte, im wesentlichen Eisenteile, an den grünen und orangen Farben erkennbar. Am Südwestrand entlang der Häuser treten vermehrt starke Anomalien auf, die durch die Gebäude bzw. dort gelagerte Metallgegenstände verursacht sind.

4.3 Datenanhang als Download-Link

Dem Auftraggeber und der *Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz* werden alle relevanten Dateien von Bericht und Anlagen, die Magnetogramme als GeoTiff's im QGIS und die georeferenzierten ASCII-Dateien der Rohdaten und prozessierten Daten per Download-Link zur Verfügung gestellt. Die Daten werden außerdem bei uns dauerhaft archiviert.

Neuwied, den 25.03.2024



Dr. Arno Patzelt / Diplom-Geophysiker



Orange Umrandung: Messfläche Vorgabe
 Schwarze Umrandung: Messfläche wie ausgeführt
 Rote Punkte: Absteck-/Vermessungspunkte GNSS
 Blaue Rechtecke: Einzelne Messfelder

Messgerät: Fluxgategradiometer FEREX 4.032 DLG
 mit vier Sonden Con 650, Messpunkt-Raster 0,125 x 0,5 m
 Einmessung mit GNSS Stonex S900
 Koordinaten: ETRS89/UTM32
 Kataster/Luftbild: ©GeoBasis-DE / LVermGeoRP (2023)

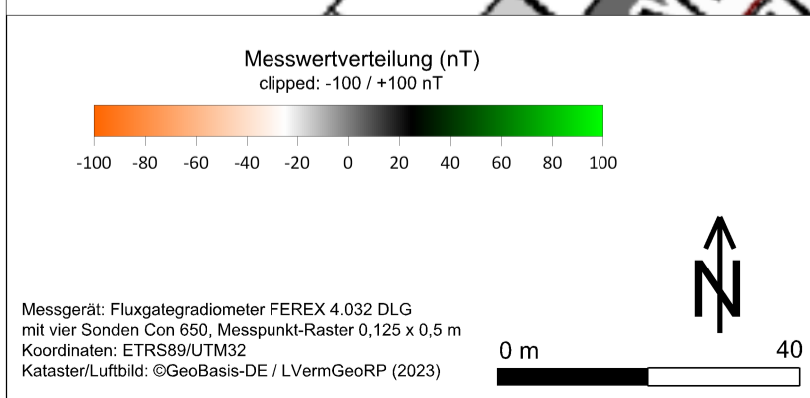


0 m 40

Auftraggeber		Verbandsgemeinde Rhein-Mosel	
Projekt		Geomagnetik - Dieblich, An den zwei Kreuzerchen	
Inhalt	Lageplan	Anlage-/Abb.-Nr.	Anlage 1
 Geotomographie GmbH Am Tonnenberg 18 56567 Neuwied Tel. 02631-778135 info@geotomographie.de		Proj.-Nr.	1399-24
		Datum	25.03.24
		Bearb.	Dr. Patzelt
		Maßstab	1:1.000
		Format	A3



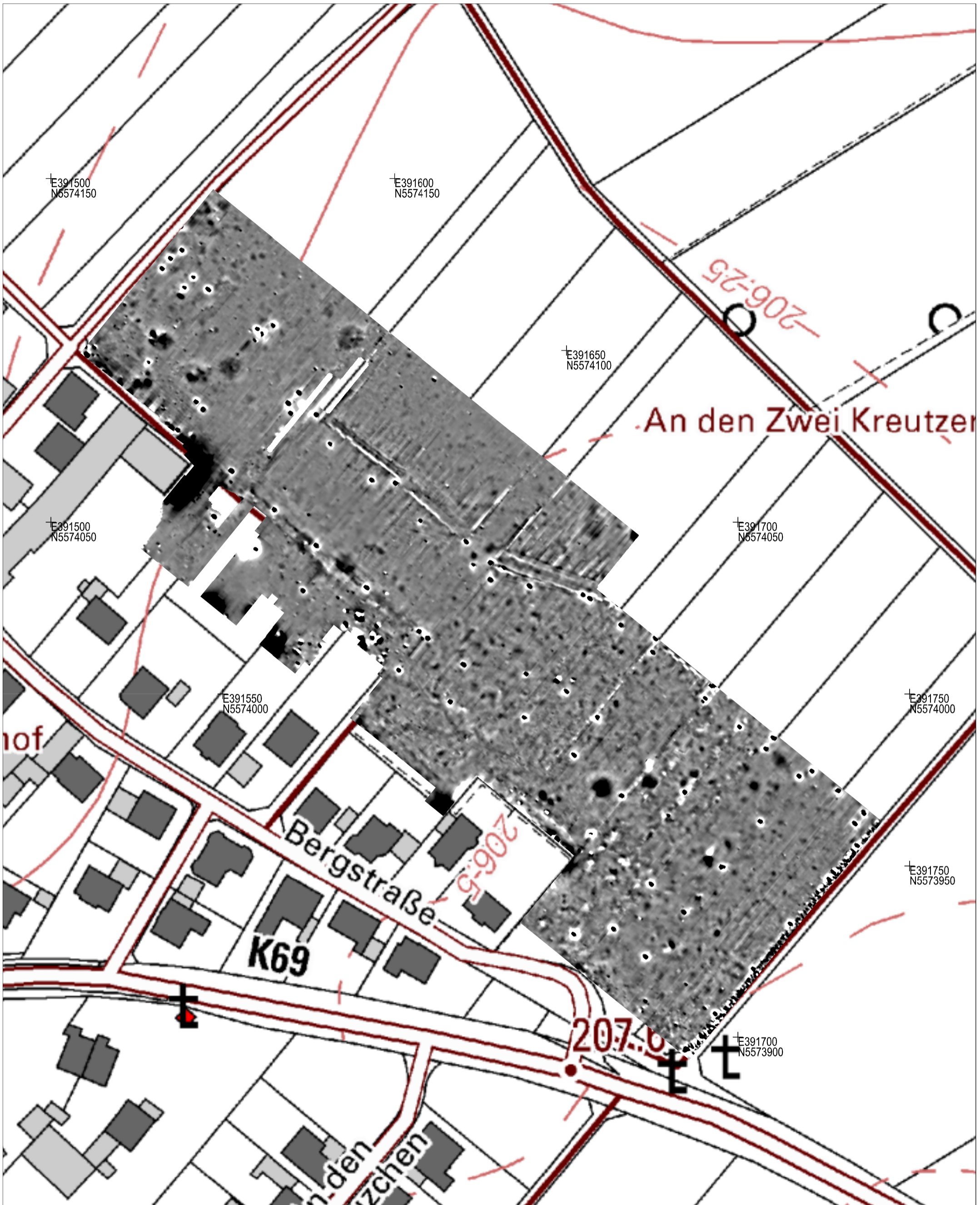
An den Zwei Kreuzer



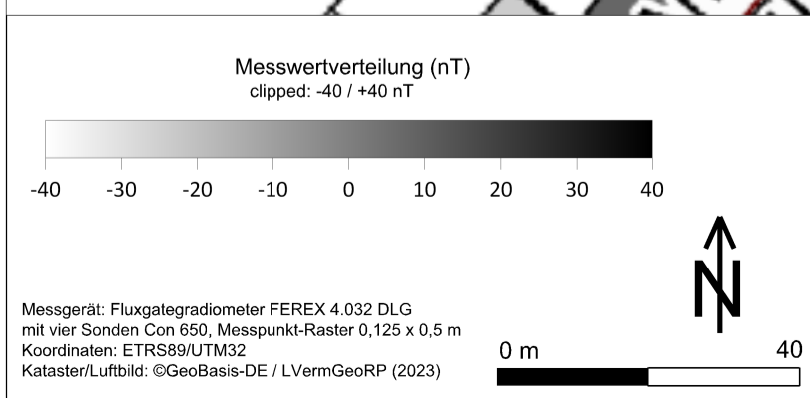
Auftraggeber		Verbandsgemeinde Rhein-Mosel	
Projekt		Geomagnetik - Dieblich, An den zwei Kreuzerchen	
Inhalt		Magnetogramm +/- 100nT	
Anlage-/Abb.-Nr.		Anlage 2A	
Proj.-Nr.	1399-24	Datum	25.03.24
Bearb.	Dr. Patzelt		
Geprüft			
Maßstab	1:1.000	Format	A3

geotomographie

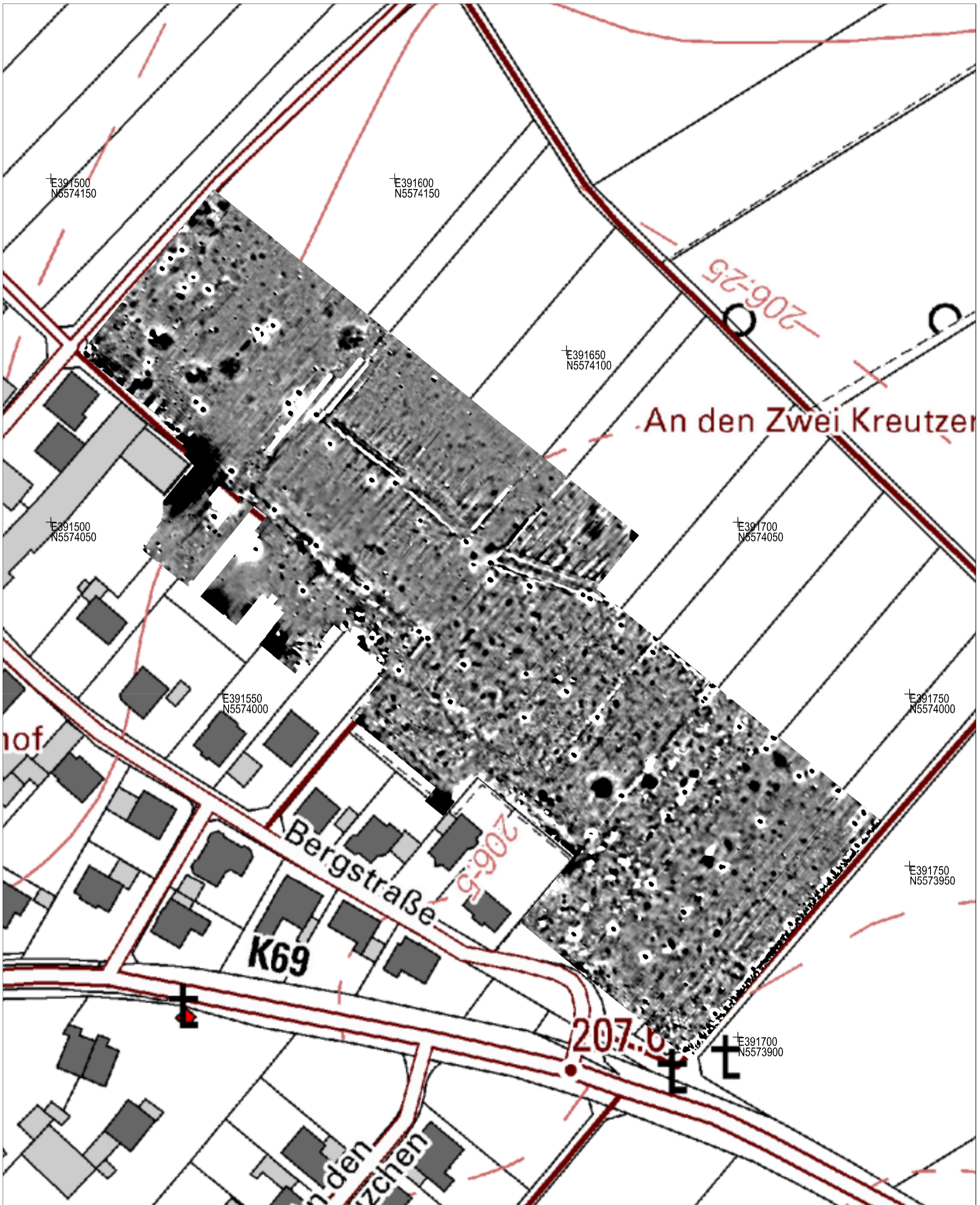
Geotomographie GmbH
Am Tonnenberg 18
56567 Neuwied
Tel. 02631-778135
info@geotomographie.de



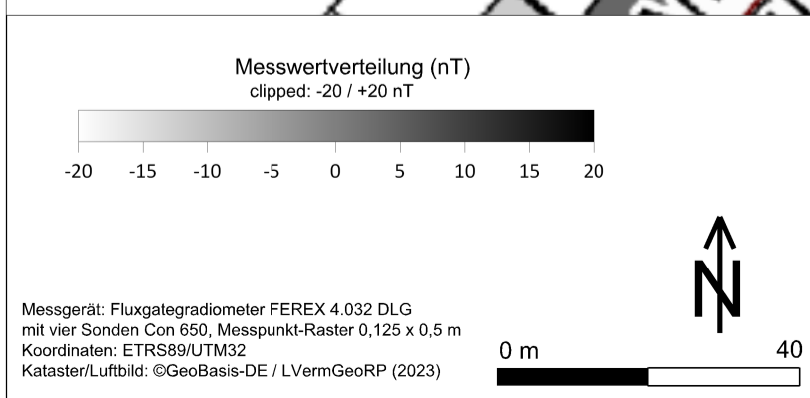
An den Zwei Kreuzer




Auftraggeber		Verbandsgemeinde Rhein-Mosel	
Projekt		Geomagnetik - Dieblich, An den zwei Kreuzerchen	
Inhalt	Magnetogramm +/- 40nT		Anlage-/Abb.-Nr.
			Anlage 2B
 Geotomographie GmbH Am Tonnenberg 18 56567 Neuwied Tel. 02631-778135 info@geotomographie.de	Proj.-Nr.	1399-24	Datum
	Bearb.	Dr. Patzelt	
	Geprüft		
Maßstab	1:1.000	Format	A3



An den Zwei Kreuzer



Auftraggeber		Verbandsgemeinde Rhein-Mosel	
Projekt		Geomagnetik - Dieblich, An den zwei Kreuzerchen	
Inhalt	Magnetogramm +/- 20nT		Anlage-/Abb.-Nr.
			Anlage 2C
 Geotomographie GmbH Am Tonnenberg 18 56567 Neuwied Tel. 02631-778135 info@geotomographie.de	Proj.-Nr.	1399-24	Datum
	Bearb.	Dr. Patzelt	
	Geprüft		
Maßstab	1:1.000	Format	A3