
Untersuchungsbericht

Geomagnetische Archäoprospektion auf den Erweiterungsflächen der Tongrube Doris, 67304 Eisenberg

Auftraggeber:	Sibelco Deutschland GmbH, Sälzerstraße 20, 56235 Ransbach-Baumbach, vertreten durch Herrn Gerhard Klemmer
Datum des Auftrags:	26.11.18
Bearbeiter: Messung Bericht	Dipl.-Geol. Dr. Martin Waldhör, Dipl.-Geol. Harald Scherzer Dipl.-Geol. Dr. Martin Waldhör
Datum der Messungen:	28.-29.11. und 11.-12.12.2018
Datum Bericht:	21.01.19
Bericht-Nr.:	TG1004-18
Anzahl der Seiten:	14
Anlagen:	Anlagen 1, 2A bis 2E, 3A bis 3C CD-ROM mit Bericht und allen relevanten Daten



Inhalt

1	Aufgabenstellung, Zweck der Erkundung und Vorgehensweise	4
2	Die Geomagnetische Prospektion in der Archäologie	4
2.1	Das Prinzip der magnetischen Ortung	4
2.2	Das Messverfahren für die Archäologie	6
2.3	Magnetogramme und Anomalien	6
3	Durchführung der Messungen	8
4	Datenbearbeitung, Darstellung und Bewertung.....	10
4.1	Plan- und Abbildungserstellung.....	10
4.2	Datenverarbeitung und Darstellung.....	10
4.3	Datenanhang als Download-Link	11
5	Interpretation	11
6	Zusammenfassung.....	14

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lage der Messflächen
Anlage 2A	Magnetogramm ± 10 nT, Rohdaten
Anlage 2B	Magnetogramm ± 100 nT
Anlage 2C	Magnetogramm ± 10 nT
Anlage 2D	Magnetogramm ± 5 nT
Anlage 2E	Magnetogramm ± 3 nT
Anlage 3A	Interpretation auf Magnetogramm ± 5 nT
Anlage 3B	Interpretation auf Luftbild
Anlage 3C	Interpretation auf topographischer Karte
CD-ROM	PDF-Datei mit Bericht und Anlagen, DWG-Plan mit GeoTIFF-Dateien (Magnetogramme), QGis-Datei mit georeferenzierten Magnetogrammen (TIFF), ASCII-Dateien der Roh- und prozessierten Daten

Verwendete Messtechnik und Software

<u>Geomagnetik</u>	FEREX DLG 4.032 mit vier Sonden CON 650
<u>Vermessung</u>	GNSS TRIMBLE R4 mit SAPOS-RTK-Korrektur
<u>Prozessing Messdaten:</u>	DATALOAD (Foerster GmbH), GEOPLOT (Geoscan Research Ltd.)
<u>Darstellung:</u>	Magnetogramm-Bilderstellung: SURFER 16 (Golden Software) CAD: MICROSTATION v8 (Bentley Systems) QGis: Vers. 2.18.20

Planungsgrundlagen

Pläne digital:

< Doris Erweiterung.pdf >

Luftbild und topographische Karte von LANIS (<http://map1.naturschutz.rlp.de>)

1 Aufgabenstellung, Zweck der Erkundung und Vorgehensweise

Die Tongrube Doris südlich von 67304 Eisenberg soll um ca. 17 Hektar nach Norden und Westen erweitert werden. Aufgrund eines im Norden angrenzenden römischen Vicus wurden wir beauftragt, eine geomagnetische Archäoprospektion einschließlich Interpretation durchzuführen. Zweck dabei ist die Erfassung möglicher archäologischer Strukturen und Objekte im oberflächennahen Untergrund.

2 Die Geomagnetische Prospektion in der Archäologie

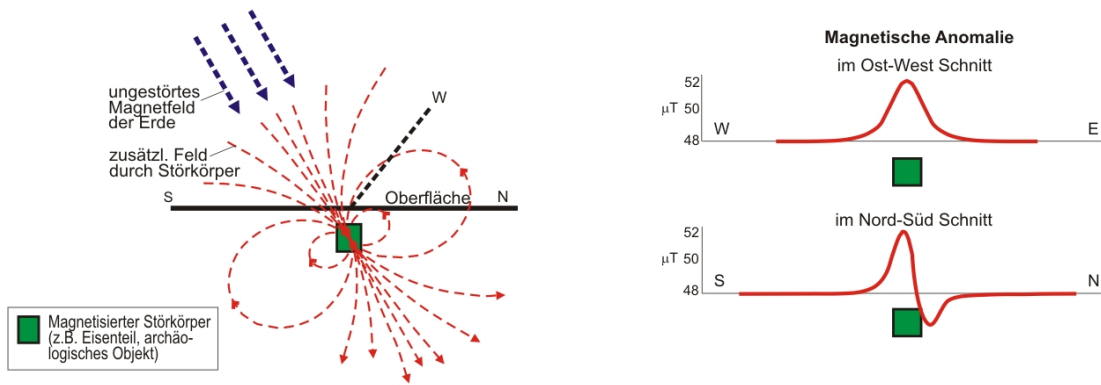
2.1 Das Prinzip der magnetischen Ortung

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.

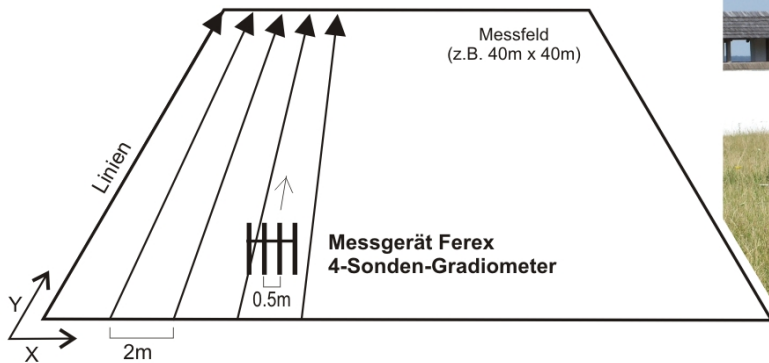
Archäologische Objekte im Boden wie Mauer- und Fundamentreste aus Stein, ehemalige, heute verfüllte Gräben und Gruben oder Brandstellen weisen im Vergleich zum umgebenden Boden meist eine geringfügig abweichende Magnetisierung auf (Bild 1A). Dadurch entsteht eine lokale Anomalie im Erdmagnetfeld an der 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 Hundert bis Tausend Nanotesla an der Oberfläche. Archäologische Strukturen hingegen bestehen zumeist aus Steinen, organischem Material oder 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.

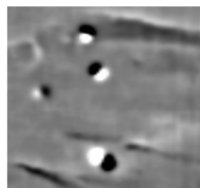


- B)** Die Messung der Stärke des Erdmagnetfeldes bzw. seines Vertikalgradienten erfolgt über Spulensysteme (sog. Fluxgatesonden). Mit unserem 4-Sondensystem nehmen wir quadratische Teilflächen von 40 m x 40 m auf, mit einer Datendichte von 0,5 m x 0,125 m.

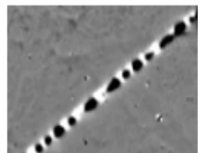


Vier-Kanal-Gradiometer FEREX bei der Messung

- 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)



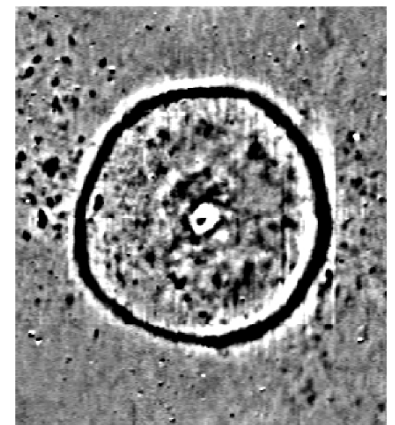
Wasserleitungsrohr aus Eisen (Dynamik $-/+50$ nT), Bildbreite 30 m



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*¹ der Firma FOERSTER GMBH (wird häufig in der archäologischen Prospektion verwendet (Bild 1B)). Es misst die magnetische Feldstärke² 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 Teilflächen von 40 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. In der Regel 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.

¹ Manual: https://www.foerstergroup.de/fileadmin/user_upload/downloads/Broschueren/FOERSTER_SYSTEMS_FOR_UXO_AND_LANDMINE_DETECTION_EN.pdf

² Genauer: magnetische Flussdichte [Tesla]

Weiterhin können unbekannte Leitungen oder eisenhaltige Auffüllungen (z.B. Bauschutt) im Boden verborgen sein. Bild 1C zeigt links zwei Magnetogramme mit Beispielen für isolierte 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 meist 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 Grabhü-

gel. Sofern die Geometrie von Anomaliestrukturen und/oder Lesefunde keine eindeutige Interpretation vorgeben, müssen gezielte Sondagen unter archäologischer Betreuung zeigen, 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 28.-29.11. und 11.-12.12.2018. Planungsgrundlage war der vom Auftraggeber erhaltene PDF-Plan mit eingezeichneter Erkundungsfläche. Die geodätische Absteckung der Fläche erfolgte mit einem geodätischen GNSS TRIMBLE R4 mit differenzieller Sofortkorrektur über SAPOS in einer nominalen Genauigkeit im Freifeld von besser als 5 cm. Die eingemessenen Absteckpunkte (Projektion ETRS89/UTM32N) sind im beiliegenden CAD-Plan eingetragen und in der Datei *GPS.x/s* enthalten.

Anlage 1 zeigt die Lage der drei untersuchten Flächen (schwarz umrandet). Die geomagnetisch prospektierte Gesamtfläche beträgt 13,1 Hektar. Das Messraster wurde nach Möglichkeit parallel zu der Pflugrichtung angelegt, um den Störeinfluss der Pflugspuren mittels des Prozessings minimieren zu können.

Bild 2 zeigt Aufnahmen der Messfläche. Es handelte sich um abgeerntete und zum Teil wieder eingesäte Äcker. Während der Messtage herrschte trockenes Wetter, der Ackerboden war erdfeucht.

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 GMBH³. Es wurden Teilflächen von jeweils 40 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

³ Dieses Gerät wird sehr häufig für die Archäoprospektion verwendet. Details zum Messgerät siehe: www.foerstergroup.de/fileadmin/user_upload/downloads/Broschueren/FOERSTER_SYSTEMS_FOR_UXO_AND_LANDMINE_DETECTION_EN.pdf

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 pro Quadratmeter. Die Profillinien wurden bidirektional abgeschritten. Ein vor jedem neuen Messfeld durchgeführter Nullabgleich der Sonden minimiert die temperaturbedingte Drift der Sonden und damit Versätze zwischen den einzelnen Spuren und auch den Messfeldern.



Bild 2: Aufnahmen der Messflächen zum Zeitpunkt der Messungen. Oben Fläche 1, unten Fläche 2

4 Datenbearbeitung, Darstellung und Bewertung

4.1 Plan- und Abbildungserstellung

Die Planerstellung erfolgte mit der CAD-Software MICROSTATION POWERDRAFT im DGN-Modus⁴. Mit der Datei < *Geomagnetik_Eisenberg_1218.dgn* > wurde ein georeferenzierter CAD-Plan erstellt, der alle relevanten Objekte enthält. Die Vermessungspunkte, Magnetogramme ebenso wie alle anderen Zeichnungselemente befinden sich auf entsprechend benannten Ebenen. Luftbild, Katasterplan und die Magnetogramme sind als extern vorliegende GeoTiff-Dateien eingebunden. Die Anlagen des Berichts liegen als Druckzusammenstellungen (Layouts/ Viewports) in der DGN-Datei vor. Die Datei wurde zusätzlich auch im DWG-Format gespeichert.

Weiterhin wurde die QGis-Datei < *Geomagnetik_Eisenberg_1218.qgs* > erstellt, die die Magnetogramme als GeoTiff-Dateien enthält sowie das Luftbild und die Umrandung des Messgebiets.

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 (im Wesentlichen: zero mean grid, clip ± 100 nT, zero mean traverse, despiking), um Störeffekte zu eliminieren und mögliche archäologische Strukturen herauszuarbeiten. Unsere Vorgehensweise beruht dabei auf jahrelanger Erfahrung.

Anschließend wurden die Messdaten im ASCII-Format (Leerwert = -111) exportiert, um sie als Graustufenbilder im Programm SURFER 16 darzustellen. Sie wurden dort im gemessenen Raster 0,125 x 0,5 m interpoliert und als sogenanntes *Image* in der Farbtiefe 32-bit color w/alpha dargestellt. Leerwerte haben den RGB-Farbwert 255, 254, 253, um sie damit im CAD / QGIS transparent zu machen. Danach erfolgte der Export der Magnetogramme als Tiff-Dateien mit unterschiedlicher Graustufendynamik. Diese Bilder wurden georeferenziert in die DGN-Datei eingepasst und anschließend als GeoTiff-Dateien abgespeichert, um sie in GIS-Systeme laden zu können.

Für die Anlagen wurden die Magnetogramme der Rohdaten und prozessierten Messdaten zunächst in unterschiedlicher Dynamik betrachtet. Anschließend wurden Darstellungen in

⁴ DGN-Dateien können von Autocad und anderen CAD-Programmen geöffnet werden.

der Dynamik ± 10 nT für die Rohdaten und ± 100 , ± 10 , ± 5 und ± 3 nT für die prozessierten Daten ausgewählt. Werte unterhalb bzw. oberhalb sind jeweils auf diese Randwerte begrenzt. Die entsprechenden Magnetogramme sind in den **Anlagen 2A bis 2E** dargestellt.

Alle Magnetogramme sind in zweifacher Form im CAD-Plan enthalten, einmal in einer Darstellung mit einem Pixel pro Messpunkt (Pixelgröße 0,125 x 0,5m) und dann in geglätteter Darstellung, die optisch gleichmäßiger erscheint. Für die Anlagen wurde jeweils die geglättete Darstellung gewählt.

4.3 Datenanhang als Download-Link

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

5 Interpretation

Üblicherweise zeichnen sich in derartigen Böden Siedlungsgruben, Vorrats- oder Abfallgruben, Gräber, Brunnen, Feuerstellen, ehemalige Palisaden und Gräben als positive Anomalien (hier dunkelgrau bis schwarz) mit entsprechender Geometrie ab. Mauern, Steingebäude oder steinbefestigte Straßen sollten dagegen als negative Anomalien (hellgrau bis weiß) in entsprechender geometrischer Ausbildung auftreten.

Gemäß geologischer Karte⁵ und dem Grubenaufschluss stehen im Untersuchungsgebiet tertiäre Tone an, nach Norden hin geringmächtig überdeckt von Löss. Es handelt sich um einen mittelmäßig magnetischen Boden, in dem sich archäologische Strukturen im Regelfall noch relativ gut abzeichnen können⁶.

Anlage 2A zeigt die Magnetogramme als Rohdaten vor dem Processing in der Dynamik ± 10 nT. Die insgesamt nur schwach erkennbaren Streifenmuster belegen die hochauflösende Messung mit geringen Werteverhältnissen zwischen den einzelnen Sonden und Feldern.

Anlage 2B zeigt die Magnetogramme in der Dynamik ± 100 nT mit farblich erweiterter

⁵ mapclient.lgb-rlp.de

⁶ Je stärker magnetisch ein Boden ist, desto stärker sind auch die Anomalien ehemaliger Bodeneingriffe. Böden auf Vulkangestein sind stark, Böden auf Kalkstein sehr schwach magnetisch.

Darstellung. Hier können magnetisch starke Eisenteile erkannt werden, die in Form charakteristischer Dipolanomalien mit Farbgebung auftreten. Sie sind im Regelfall zumeist neuzeitlicher Herkunft. Auf den Flächen 1 und 3 treten fünf sehr starke Anomalien (in den Anlagen 3A - 3C mit **X** gekennzeichnet) auf, die von im Boden verborgenen, größeren Eisenobjekten verursacht sind. Nach Auskunft von Herrn Klemmer (Sibelco) gab es auf diesen Flächen Altbergbau. Die Anomalien könnten auf Reste von Schachtanlagen oder Grubenbahnen zurückgehen.

Die Flächen 1 und 3 liegen topographisch niedriger als Fläche 2. Laut geologischer Karte liegt dort Löß. Es könnte sein, dass dort teilweise ein Abbau der oberen Meter stattgefunden hat (Ziegelrohstoff). Das Magnetogramm ± 3 nT (siehe Anlage 2E) der Fläche 2 ist zudem im Hintergrundbild viel ruhiger als die Flächen 1 und 3. Diese zeigen ein sehr unruhiges Bild mit vielen kleinräumigen positiven und negativen Anomalien, was typisch für einen "Materialschleier" aufgrund von Umarbeitung oder Umlagerung an der Oberfläche ist.

Die **Anlagen 2C bis 2E** zeigen die Magnetogramme in zunehmend höherer Auflösung. Archäologische Objekte und Strukturen haben zumeist nur schwache magnetische Anomalien, die erst in den hoch auflösenden Darstellungen erkennbar werden.

Die **Anlagen 3A bis 3C** zeigen die Interpretation auf den Magnetogrammen ± 5 nT, dem Luftbild und der topographischen Karte.

Anomalien, die anhand ihrer geometrischen Ausprägung und Anomalienstärke unmittelbar als archäologische Strukturen zu erkennen sind, wie z.B. rechteckige Hausgrundrisse römischer Gebäude, sind nicht gegeben. Bei den im Folgenden ausgewiesenen Anomalien besteht jedoch die Vermutung auf eine archäologische Relevanz.

Auf der Fläche 2 sind zahlreiche deutlich ausgeprägte, zumeist rundliche, positive Anomalien erkennbar, mit Ausdehnungen von wenigen Quadratmetern. Derartige Anomalien wurden in den Anlagen 3A bis 3C rot umrandet, die Anomaliebereiche sind mit Ziffern **1** und **2** gekennzeichnet. Im Süden der Fläche 2 sind die Anomalien (Bereich **1**) dabei linear ausgerichtet, im Norden (Bereich **2**) ist eine flächige Verteilung gegeben, zudem ist die Anzahl der Anomalien hier höher. Die einzelnen Anomalien könnten allgemein Siedlungs- und Abfallgruben oder auch Grabgruben entsprechen. Zur Zeitstellung der Anomalien (z.B. römisch, eisenzeitlich, bronzezeitlich) ist nur anhand der Geomagnetik keine Aussage möglich.

Die Flächen 1 und 3 zeigen im Vergleich hierzu im Magnetogramm deutlich weniger Ano-

malien, die auf archäologische Strukturen hindeuten. Am Nordrand der Fläche 3 liegt eine rundliche, leicht gestreckte, flächig schwach negative Anomalie (**3**) mit einer Flächengröße von 58 m². Die Anomalie zeigt zudem eine schwach positive Umrandung. Die archäologische Relevanz ist unklar. Es könnte sich hierbei um Reste eines Gebäudes handeln. Auf der Fläche 1 finden sich vereinzelt ebenfalls rundliche, positive Anomalien von wenigen Quadratmetern Ausdehnung. An den mit **4** und **5** markierten Lokationen finden sich dabei Häufungen bzw. auffällige geometrische Anordnungen. Auch hier sind die einzelnen Anomalien typisch für Siedlungs-, Abfall- oder Grabgruben. Am Nordostrand der Fläche 2 entlang eines Feldwegs befindet sich der Anomaliebereich **6**, bestehend aus mehreren schwach negativen Linearen, parallel West-Ost ausgerichtet und mit Längen bis 14,5 m. Es könnte sich um Mauerreste handeln.

Der Anomaliebereich **7** liegt am Südrand der Fläche 3. Er handelt sich um zwei U-förmige, schwach positive Lineare mit einer Längserstreckung von 11 bzw. 17 m und zwei kleineren flächig positiven Anomalien. Die Anomalien könnten Siedlungsresten entsprechen, ihre Ausprägung ist aber insgesamt schwach.

Es ergeben sich weiterhin auf den Flächen 1 und 3 zahlreiche, langgestreckte, lineare positive Anomalien. Diese sind zumeist relativ breit (im Nordwesten der Fläche 1 bis über 5 m Breite) und zeigen oftmals verwaschene, nicht klar begrenzte Ränder. Sie sind vermutlich auf ehemalige Bachläufe, Gräben oder Erosionsrinnen zurückzuführen. Im Osten der Fläche 3 fällt dabei ein Nord-Süd verlaufendes Linear mit einer Flurgrenze zusammen (ehemaliger Graben entlang der Feldgrenze?). Schmalere und gerade verlaufende Lineare (z.B. südöstlich der Anomalie 4) könnten zudem auch auf Kanäle oder Wege hinweisen. Zur Zeitstellung dieser Strukturen und ihrer potenziellen archäologischen Relevanz ist keine Aussage möglich.

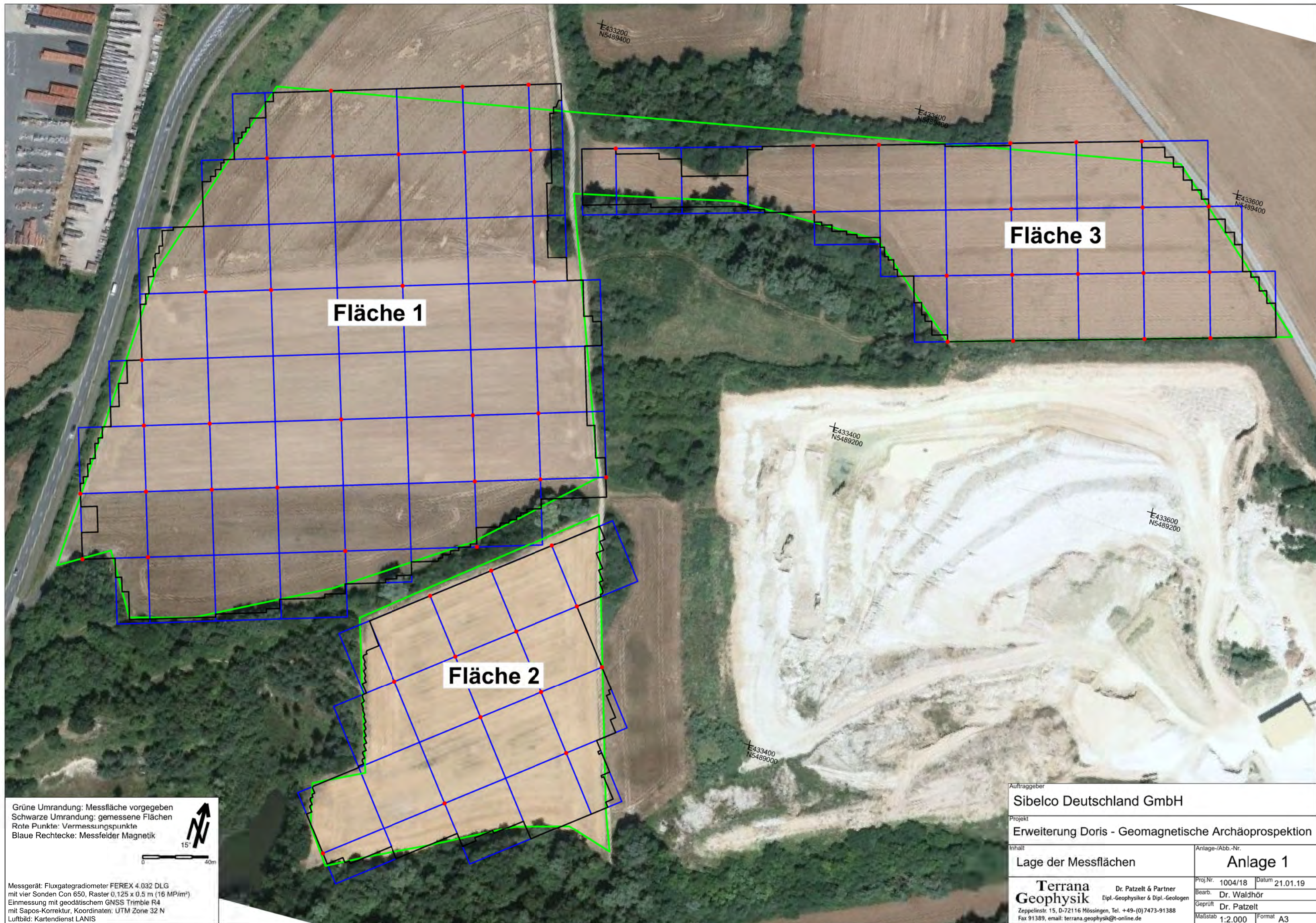
6 Zusammenfassung

- Die geplanten Erweiterungsflächen der Tongrube Doris wurden in Hinblick auf archäologische Strukturen und Objekte im flachen Untergrund geomagnetisch prospektiert. Es wurde eine Gesamtfläche von 13,1 Hektar erkundet.
- Anomalien, die anhand ihrer geometrischen Ausprägung und Anomaliestärke unmittelbar als archäologische Strukturen zu erkennen sind, sind nicht gegeben.
- Auf der Fläche 2 sind zahlreiche deutlich ausgeprägte, zumeist rundliche, positive Anomalien erkennbar, mit Ausdehnungen von wenigen Quadratmetern. Sie sind zum Teil linear angeordnet, zum Teil auch großflächig verteilt. Auch auf der Fläche 1 finden sich, wenn auch in deutlich geringerer Anzahl, derartige Anomalien. Die einzelnen Anomalien könnten Siedlungs- und Abfallgruben oder auch Grabgruben entsprechen.
- Am Nordrand der Fläche 3 liegt eine rundliche, leicht gestreckte, flächig schwach negative Anomalie mit einer Flächengröße von 58 m². Die Anomalie zeigt eine schwach positive Umrandung. Es könnte sich dabei um Reste eines Gebäudes handeln.
- Am Nordostrand der Fläche 2 finden sich mehrere, parallel West-Ost ausgerichtete, schwach negative Lineare mit Längen bis zu 14,5 m. Die negativen Lineare könnten auf Mauerreste hindeuten.
- Auf den Flächen 1 und 3 treten mehrere, langgestreckte, lineare positive Anomalien auf. Sie sind vermutlich auf ehemalige Bachläufe, Gräben oder Erosionsrinnen zurückzuführen. Schmalere und gerade verlaufende Lineare könnten zudem auch auf Kanäle oder Wege hinweisen.

Mössingen, den 21.01.2019



Dr. Martin Waldhör



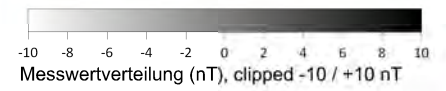
Grüne Umrandung: Messfläche vorgegeben
 Schwarze Umrandung: gemessene Flächen
 Rote Punkte: Vermessungspunkte
 Blaue Rechtecke: Messfelder Magnetik

15°

0 40m

Messgerät: Fluxgategradiometer FEREX 4.032 DLG
 mit vier Sonden Con 650, Raster 0,125 x 0,5 m (16 MP/m²)
 Einmessung mit geodätischem GNSS Trimble R4
 mit Sapos-Korrektur, Koordinaten: UTM Zone 32 N
 Luftbild: Kartendienst LANIS

Auftraggeber Sibelco Deutschland GmbH	
Projekt Erweiterung Doris - Geomagnetische Archäoprospktion	
Inhalt Lage der Messflächen	Anlage-/Abb.-Nr. Anlage 1
Terrana Geophysik Dr. Patzelt & Partner Eipl.-Geophysiker & Dipl.-Geologen Zeppelinstr. 15, D-72116 Mössingen, Tel. +49-(0)7473-91388 Fax 91389, email: terrana.geophysik@t-online.de	
Proj.Nr. 1004/18	Datum 21.01.19
Bearb. Dr. Waldhör	
Geprüft Dr. Patzelt	
Maßstab 1:2.000	Format A3

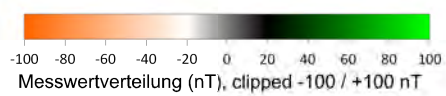


Rohdaten

Messgerät: Fluxgategradiometer
 FEREX 4.032 DLG
 mit vier Sonden Con 650
 Raster 0,125 x 0,5 m (16 MP/m²)



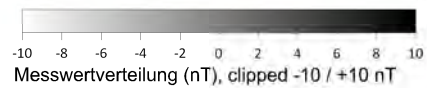
Auftraggeber		Sibelco Deutschland GmbH	
Projekt			
Erweiterung Doris - Geomagnetische Archäoprospktion			
Inhalt		Anlage-/Abb.-Nr.	
Magnetogramm Rohdaten ±10 nT		Anlage 2A	
Proj.Nr.	1004/18	Datum	21.01.19
Bearb.	Dr. Waldhör		
Geprüft	Dr. Patzelt		
Maßstab	1:2.000	Format	A3
Terrana Geophysik Dr. Patzelt & Partner Eipl.-Geophysiker & Dipl.-Geologen Zeppelinstr. 15, D-72116 Mössingen, Tel. +49-(0)7473-91388 Fax 91389, email: terrana.geophysik@t-online.de			



Messgerät: Fluxgategradiometer
 FEREX 4.032 DLG
 mit vier Sonden Con 650
 Raster 0,125 x 0,5 m (16 MP/m²)

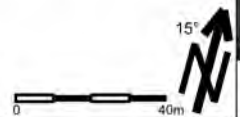


Auftraggeber Sibelco Deutschland GmbH	
Projekt Erweiterung Doris - Geomagnetische Archäoprospektion	
Inhalt Magnetogramm ±100 nT	Anlage-/Abb.-Nr. Anlage 2B
Terrana Geophysik Zeppelinstr. 15, D-72116 Mössingen, Tel. +49-(0)7473-91388 Fax 91389, email: terrana.geophysik@t-online.de	Dr. Patzelt & Partner Eipl.-Geophysiker & Dipl.-Geologen Geprüft Dr. Patzelt
Proj.Nr. 1004/18	Datum 21.01.19
Bearb. Dr. Waldhör	
Maßstab 1:2.000	Format A3

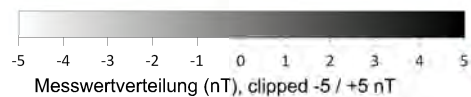


Messwertverteilung (nT), clipped -10 / +10 nT

Messgerät: Fluxgategradiometer
 FEREX 4.032 DLG
 mit vier Sonden Con 650
 Raster 0,125 x 0,5 m (16 MP/m²)



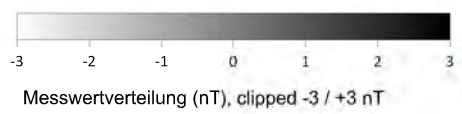
Auftraggeber Sibelco Deutschland GmbH	
Projekt Erweiterung Doris - Geomagnetische Archäoprospektion	
Inhalt Magnetogramm ±10 nT	Anlage-/Abb.-Nr. Anlage 2C
Terrana Geophysik Dr. Patzelt & Partner <small>Eipl.-Geophysiker & Dipl.-Geologen</small> Zeppelinstr. 15, D-72116 Mössingen, Tel. +49-(0)7473-91388 Fax 91389, email: terrana.geophysik@t-online.de	
Proj.Nr. 1004/18	Datum 21.01.19
Bearb. Dr. Waldhör	
Geprüft Dr. Patzelt	
Maßstab 1:2.000	Format A3



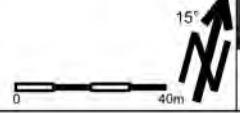
Messgerät: Fluxgategradiometer
 FEREX 4.032 DLG
 mit vier Sonden Con 650
 Raster 0,125 x 0,5 m (16 MP/m²)



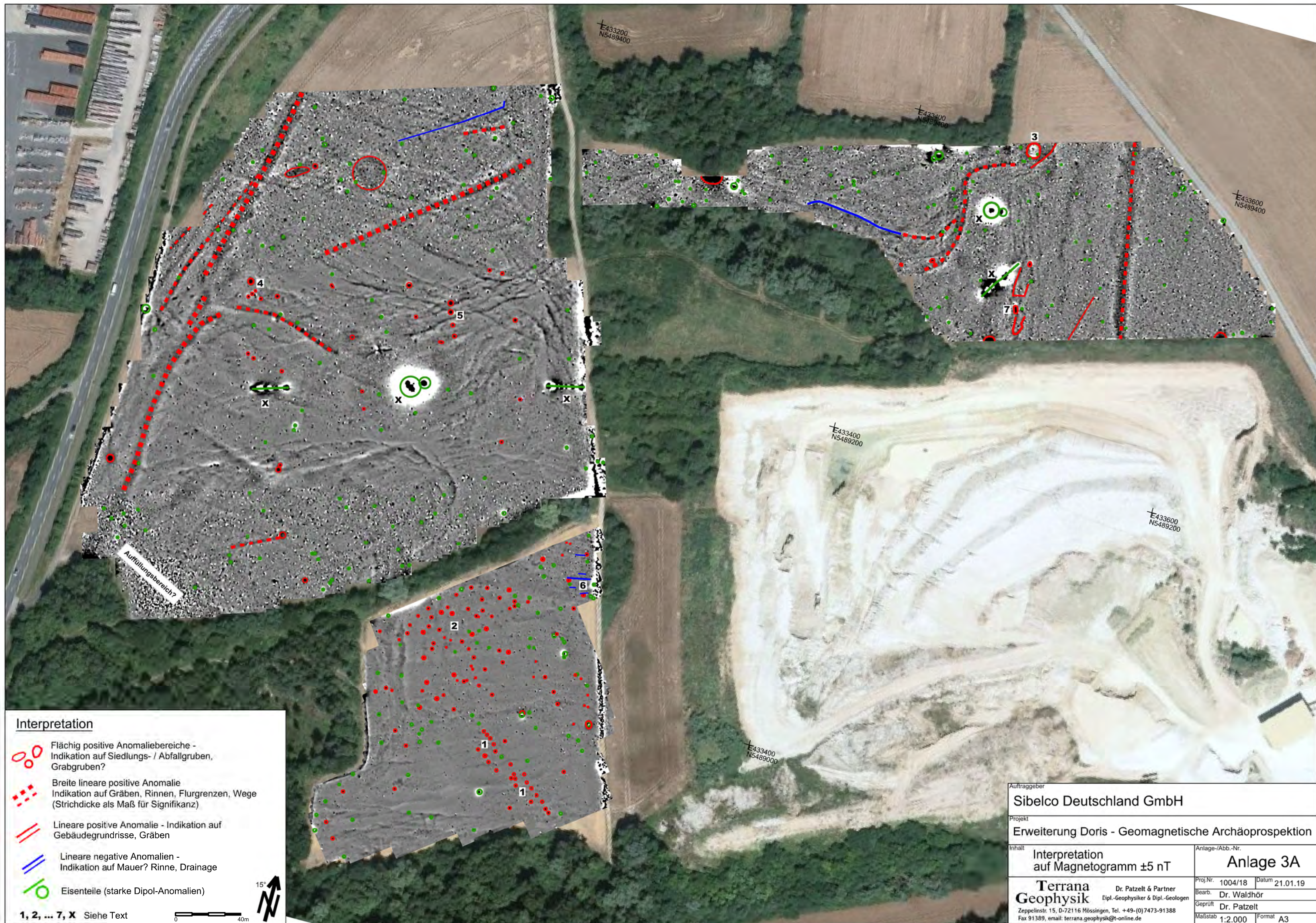
Auftraggeber		Sibelco Deutschland GmbH	
Projekt			
Erweiterung Doris - Geomagnetische Archäoprospektion			
Inhalt		Anlage-/Abb.-Nr.	
Magnetogramm ±5 nT		Anlage 2D	
Terrana Geophysik		Dr. Patzelt & Partner	
Zeppelinstr. 15, D-72116 Mössingen, Tel. +49-(0)7473-91388		Eipl.-Geophysiker & Dipl.-Geologen	
Fax 91389, email: terrana.geophysik@t-online.de		Proj.Nr. 1004/18 Datum 21.01.19	
		Bearb. Dr. Waldhör	
		Geprüft Dr. Patzelt	
		Maßstab 1:2.000 Format A3	








Messgerät: Fluxgategradiometer
 FEREX 4.032 DLG
 mit vier Sonden Con 650
 Raster 0,125 x 0,5 m (16 MP/m²)



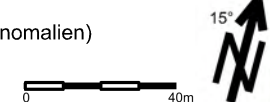
Auftraggeber Sibelco Deutschland GmbH	
Projekt Erweiterung Doris - Geomagnetische Archäoprospktion	
Inhalt Magnetogramm ±3 nT	Anlage-/Abb.-Nr. Anlage 2E
Terrana Geophysik Dr. Patzelt & Partner <small>Eipl.-Geophysiker & Dipl.-Geologen</small> Zeppelinstr. 15, D-72116 Mössingen, Tel. +49-(0)7473-91388 Fax 91389, email: terrana.geophysik@t-online.de	
Proj.Nr. 1004/18	Datum 21.01.19
Bearb. Dr. Waldhör	
Geprüft Dr. Patzelt	
Maßstab 1:2.000	Format A3



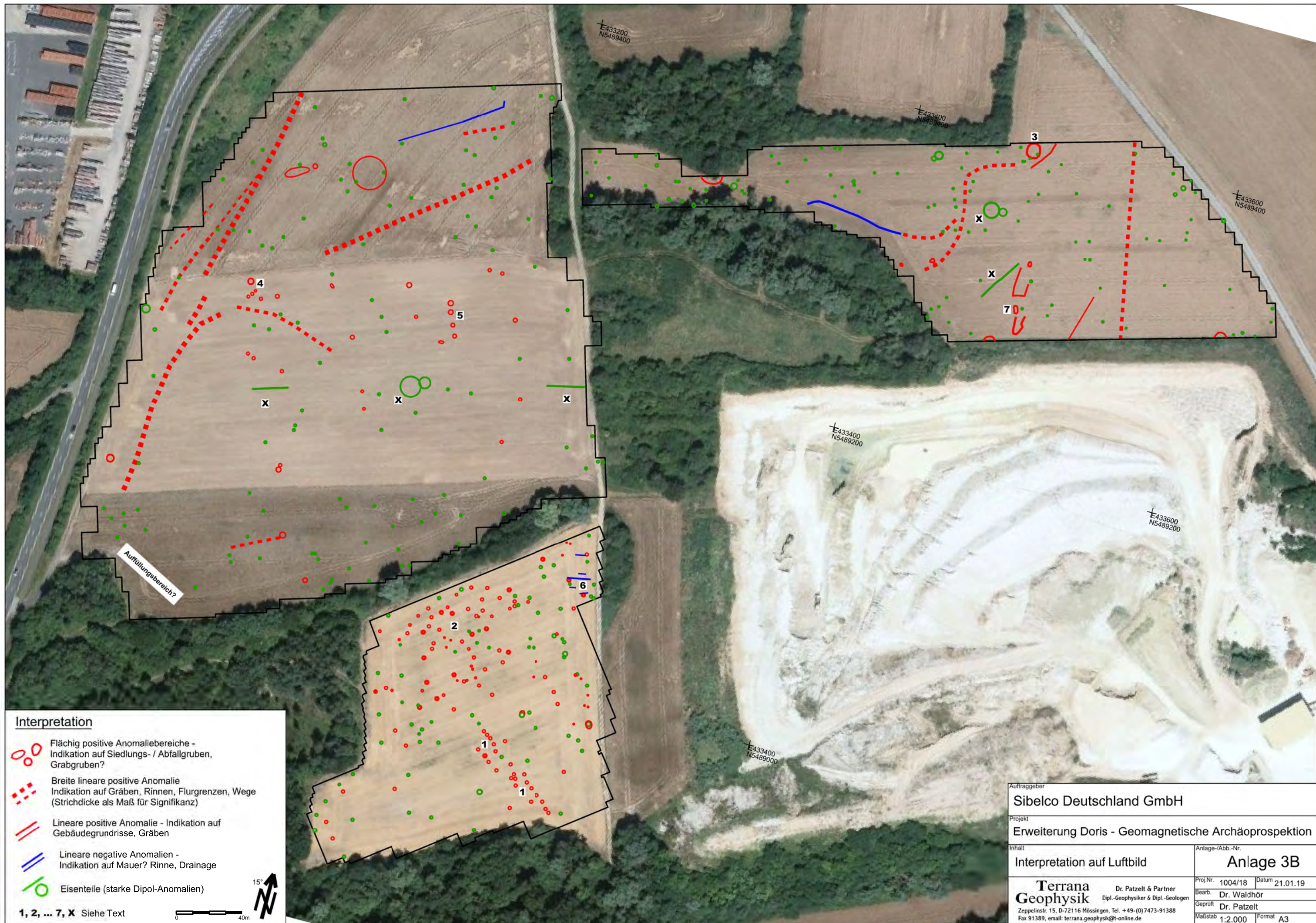
Interpretation

-  Flächig positive Anomaliebereiche - Indikation auf Siedlungs- / Abfallgruben, Grabgruben?
-  Breite lineare positive Anomalie - Indikation auf Gräben, Rinnen, Flurgrenzen, Wege (Strichdicke als Maß für Signifikanz)
-  Lineare positive Anomalie - Indikation auf Gebäudegrundrisse, Gräben
-  Lineare negative Anomalien - Indikation auf Mauer? Rinne, Drainage
-  Eisenteile (starke Dipol-Anomalien)

1, 2, ... 7, X Siehe Text



Auftraggeber		Sibelco Deutschland GmbH	
Projekt		Erweiterung Doris - Geomagnetische Archäoprospktion	
Inhalt	Interpretation auf Magnetogramm ± 5 nT	Anlage-/Abb.-Nr.	Anlage 3A
Terrana Geophysik Dr. Patzelt & Partner Eipl.-Geophysiker & Dipl.-Geologen Zeppelinstr. 15, D-72116 Mössingen, Tel. +49-(0)7473-91388 Fax 91389, email: terrana.geophysik@t-online.de		Proj.Nr. 1004/18 Datum 21.01.19 Bearb. Dr. Waldhör Geprüft Dr. Patzelt	Maßstab 1:2.000 Format A3



Interpretation

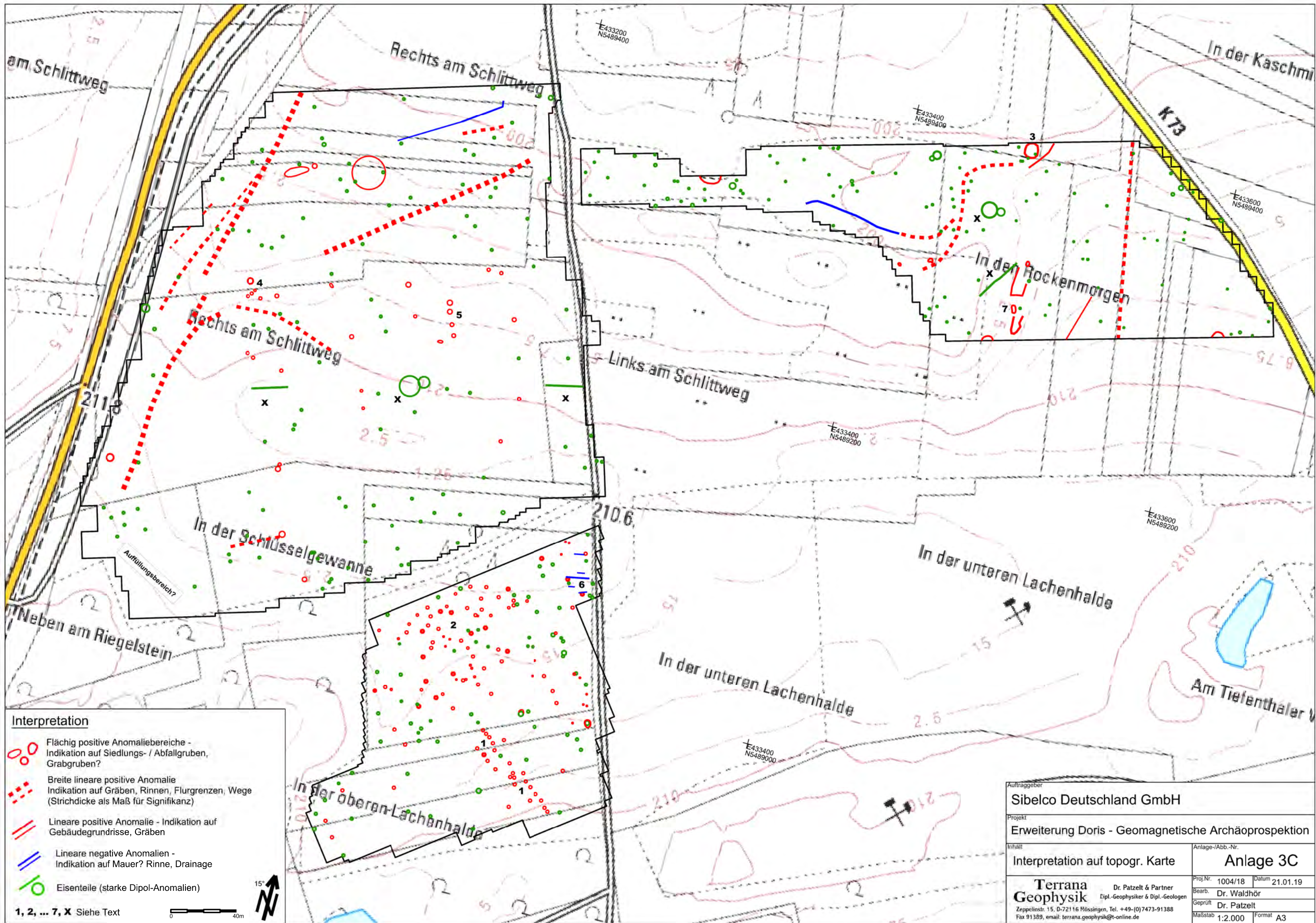
- Flächig positive Anomaliebereiche - Indikation auf Siedlungs- / Abfallgruben, Grabgruben?
- Breite lineare positive Anomalie - Indikation auf Gräben, Rinnen, Flurgrenzen, Wege (Strichdicke als Maß für Signifikanz)
- Lineare positive Anomalie - Indikation auf Gebäudegrundrisse, Gräben
- Lineare negative Anomalien - Indikation auf Mauer? Rinne, Drainage
- Eisenteile (starke Dipol-Anomalien)

1, 2, ... 7, X Siehe Text

0 40m

15°

Auftraggeber Sibelco Deutschland GmbH	
Projekt Erweiterung Doris - Geomagnetische Archäoprospktion	
Inhalt Interpretation auf Luftbild	Anlage-/Abb.-Nr. Anlage 3B
Proj.Nr. 1004/18	Datum 21.01.19
Bearb. Dr. Waldhör	
Geprüft Dr. Patzelt	
Maßstab 1:2.000	Format A3
Terrana Geophysik Dr. Patzelt & Partner Eipl.-Geophysiker & Dipl.-Geologen Zeppelinstr. 15, D-72116 Mössingen, Tel. +49-(0)7473-91388 Fax 91389, email: terrana.geophysik@t-online.de	



Interpretation

- Flächig positive Anomaliebereiche - Indikation auf Siedlungs- / Abfallgruben, Grabgruben?
- - - Breite lineare positive Anomalie - Indikation auf Gräben, Rinnen, Flurgrenzen, Wege (Strichdicke als Maß für Signifikanz)
- = Lineare positive Anomalie - Indikation auf Gebäudegrundrisse, Gräben
- = Lineare negative Anomalien - Indikation auf Mauer? Rinne, Drainage
- Eisenteile (starke Dipol-Anomalien)

1, 2, ... 7, X Siehe Text

0 40m



Auftraggeber Sibelco Deutschland GmbH	
Projekt Erweiterung Doris - Geomagnetische Archäoprospktion	
Inhalt Interpretation auf topogr. Karte	Anlage-/Abb.-Nr. Anlage 3C
Terrana Geophysik Dr. Patzelt & Partner Dipl.-Geophysiker & Dipl.-Geologen Zeppelinstr. 15, D-72116 Mössingen, Tel. +49-(0)7473-91388 Fax 91389, email: terrana.geophysik@t-online.de	
Proj.Nr. 1004/18	Datum 21.01.19
Bearb. Dr. Waldhör	
Geprüft Dr. Patzelt	
Maßstab 1:2.000	Format A3