



ERCAN ERKUL, TIM KARBERG, HARALD STÜMPEL UND CHRISTINA KLEIN

## W.A.D.I. 2012 – DIE GEOPHYSIKALISCHEN PROSPEKTIONEN

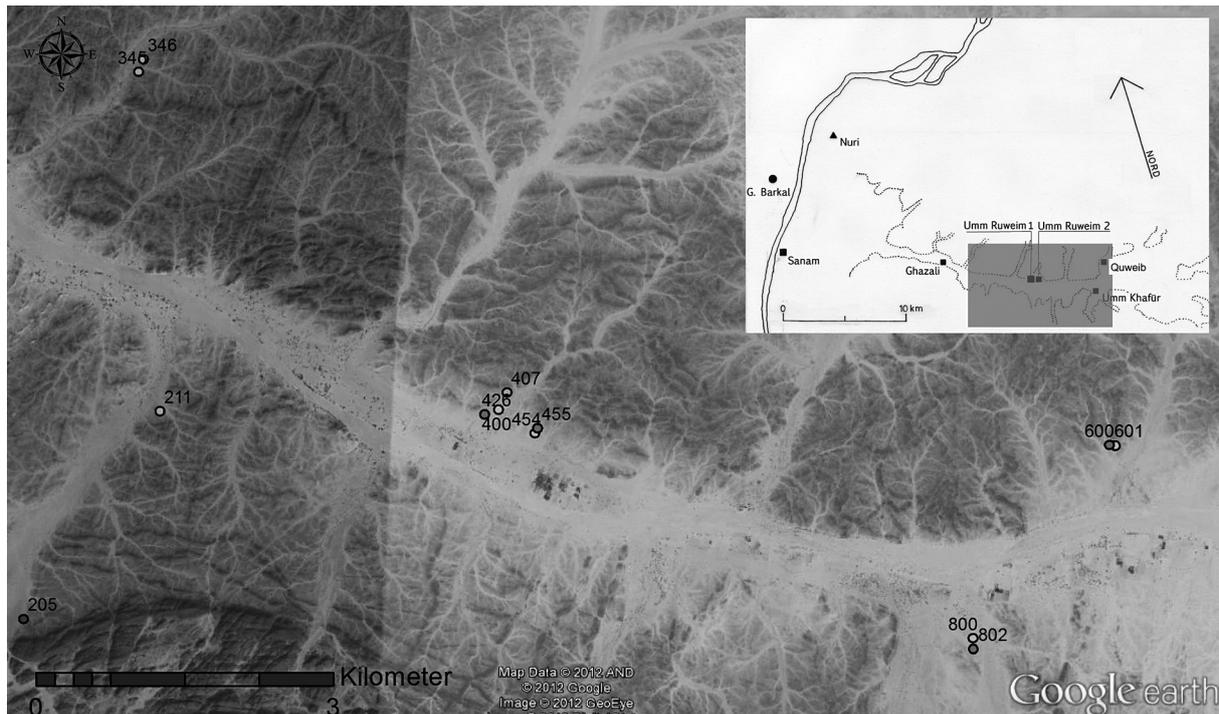


Abb. 1: Lage der mit geophysikalischen Methoden prospektierten Sites im unteren Wadi Abu Dom.

Geophysikalische Prospektionen waren Arbeitsschwerpunkt des ersten Drittels der Feldkampagne 2012<sup>1</sup> des Projektes Wadi Abu Dom Itinerary.<sup>2</sup> Vom 13.1. bis zum 27.1. war ein Team von Experten des Institutes für Geophysik der Christian-Albrechts-Universität Kiel vor Ort, mehrere bereits in den Vorjahren dokumentierte Fundplätze mittels der Methoden Geomagnetik und Bodenradar (GPR) zu prospektieren. Die Fragestellungen und Ziele der Prospektionen waren zunächst, weiteres Datenmaterial für die bis heute unklare Funktionszuweisung (und teilweise auch Datierung) der Ruinenkomplexe von Umm Ruweim 1 und 2, Quweib und Umm Khafour zu gewinnen,<sup>3</sup> sowie ihre Einbindung in

landschaftsarchäologische Zusammenhänge näher zu klären. Außerdem sollte die Untersuchung einiger exemplarischer Campsites und eines gemischten Sites mit Siedlungsanteilen Aufschluss darüber geben, ob unter den vorliegenden Bodenbedingungen geophysikalische Prospektionsmethoden (z. B. durch Erfassung von Brandlinsen im magnetischen Befund) in der Lage wären, im Oberflächenbefund heute nicht mehr sichtbare Camp-Befunde aufzufassen (zur Lage der prospektierten Sites s. Abb.1).

Da bislang kaum geophysikalische Prospektionen unter den spezifischen Bodenbedingungen des Wadi Abu Dom und seiner Uferterrassen durchgeführt werden konnten, hatten die Arbeiten stark experimentellen Charakter. Die Böden, die hierbei untersucht wurden, reichen von stärkeren Sedimenten (z. B. in den Innenbereichen der Ruine von Umm Ruweim 1) über schwächer sedimentierte Bereiche

1 Allgemeines zur diesjährigen Feldkampagne siehe den Beitrag von A. Lohwasser & T. Karberg in diesem Heft.

2 Zu Konzeption und Zielsetzungen des Projektes Wadi Abu Dom Itinerary (W.A.D.I.) siehe Lohwasser (2009), 101ff.

3 Zur Lage und Architektur dieser Komplexe siehe Chittick, (1955), 86-92; Lenoble (2004), 132f.; Eigner & Karberg (2011), 67ff. (zu Umm Ruweim 1); sowie den Beitrag von

D. Eigner und T. Karberg in diesem Heft (zu Umm Ruweim 2, Quweib und Umm Khafour).



Abb. 2: Messwagen mit 6 Magnetiksonden (Mitte), Navigationsrechner (vorne) und Datenlogger (hinten).

(wie z. B. in den übrigen Ruinen) hin zu den Oberflächen der Fluterrassen des Wadis und seiner Seitenhorns mit wenig bis keinem Sedimentanteil (wie bei den Campsites 211, 345, 346 und 407 und dem gemischten Site 205).<sup>4</sup>

Zur Anwendung kamen die geophysikalischen Methoden Geomagnetik und Georadar (GPR), die folgend eingesetzt worden sind:

#### GEOMAGNETISCHE MESSUNGEN

Für die geomagnetische Kartierung wurde ein Magnetometer-Array mit 6 Fluxgate-Sonden der Firma Dr. Förster eingesetzt (Sondentyp Ferrex CON650). Auf den Messwagen (Abb. 2) sind die einzelnen Sonden im Abstand von 0.5 m so montiert, dass bei den Feldmessungen mit parallelen Profilen eine Breite von 2.5 m abgedeckt wird. In Profilrichtung werden ca. 10 Messwerte pro Sekunde aufgezeichnet. Der Messwagen wurde etwa mit 0.6

m/s im Gelände bewegt. Während der Messungen werden die Koordinaten mit einem Differential-GPS-System bestimmt. Dabei liefert die feststehende Basis-Station (Abb. 3) Korrekturwerte zu der Rover-Station, die auf dem Messwagen angebracht ist. Somit werden die Positionen mit einer Genauigkeit von 2 cm an die Aufzeichnungs- sowie Navigationsapparatur gesendet.

Die einzelnen Fluxgate-Magnetometer messen die Vertikalkomponente des Erdmagnetfeldes. In jedem Sondenstab sind zwei dieser Magnetometer im Abstand von 0.65 m übereinander angebracht. Als Messgröße wird die Differenz beider Signale mit einer Auflösung von 0.02 nT digital in einem 8-Kanal Datenlogger aufgezeichnet. Die Auflösung der Magnetometersonden beträgt etwa 0.5 nT. Die Differenzbildung bewirkt, dass unerwünschte Störsignale, wie z. B. von tief liegenden geologischen Anomalien oder von seitwärts an der Oberfläche befindlichen Körpern, abgeschwächt bzw. ausgelöscht werden. Die effektive Eindringtiefe hängt von der Größe der gesuchten Objekte ab. Größere Anomalien können auch noch in größerer Tiefe erkannt werden. Für eine genaue Tiefenabschätzung müssen Modellrechnungen mit vorgegebenen Randbedingungen durchgeführt werden.

<sup>4</sup> Der Siedlungs-/Campsite 205 sowie die Campsites 211, 345 und 346 wurden ursprünglich in der Feldkampagne 2010 dokumentiert, siehe hierzu Lohwasser (2010), S. 37ff.; Campsite 407 wurde in der Feldkampagne 2011 erforscht, siehe hierzu Lohwasser (2011), S. 59ff.



Abb. 3: In der Nähe des Meßfeldes aufgebaute GPS-Basis-Station.

Die Ergebnisse werden in den folgenden Abbildungen als Graustufenbilder dargestellt. Niedrige Messwerte, die einer geringeren Magnetisierung des Untergrundes entsprechen, werden mit hellen Graustufen dargestellt, während hohe Messwerte mit dunklen Graustufen korrespondieren. Die flächenhafte Bildauflösung beträgt 0.20 m x 0.20 m.

#### GEORADAR-MESSUNGEN

Neben der Prospektionsmethode Geomagnetik wurde auch das Georadar eingesetzt. Das Georadar liefert die höchste vertikale Auflösung, da es sich im Gegensatz zu der vorhergehend beschriebenen Potentialmethode Geomagnetik um ein Reflexionsverfahren handelt. Dabei wird ein kurzer hochfrequenter elektromagnetischer Impuls in den Untergrund abgestrahlt und anschließend werden mögliche Reflexionsantworten über einen gewissen Zeitraum aufgezeichnet.

Reflexionen entstehen im Untergrund an Horizonten, an denen ein genügend hoher Kontrast elektrischer Eigenschaften vorliegt. Aus der Laufzeit kann bei bekannter Ausbreitungsgeschwindigkeit die Tiefe solcher Horizonte abgeleitet werden. Für

die Messungen wurde die Meßapparatur SIR-3000 der Firma GSSI eingesetzt und eine 400 MHz Antenne verwendet (Abb. 4). Die Koordinaten wurden mit dem Diff-GPS erfasst (s. Abb. 3).

Die unterschiedlichen Laufzeitbereiche ermöglichen auch die Abschätzung der Tiefe. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Welle im Boden wurde aus Diffraktionshyperbeln in den Profilen berechnet und liegt etwa bei 12 cm/ns. Diese Geschwindigkeit ist für Sandschichten typisch. Da hier die Zwei-Weg-Laufzeiten (Hin- und Rückweg) angegeben sind, muss die Laufzeit der gezeigten Zeitscheiben halbiert werden.

Aufgrund der Tatsache, dass mittels Geomagnetik umfangreiche Flächen relativ schnell untersucht werden können, die Ergebnisse der Georadarprospektion hingegen bei einem mehrfachen Aufwand und geeigneter Bodenbeschaffenheit meist präziser sind, wurde folgendermaßen vorgegangen: Zunächst wurden die Ruinen und ihre jeweiligen Vorplätze und Umgebungen großflächig mittels Magnetometer begangen. Daraufhin wurden Bereiche, die aufgrund der dabei erzielten geomagnetischen Ergebnisse, speziellen archäologischen Interesses und geeigneter Oberflächenbeschaffenheit ausgewählt wurden, kleinräumig mittels GPR erforscht.



Abb. 4: Georadar-Antenne (400 MHz) im Hintergrund und Georadarapparatur SIR-3000 im Vordergrund.

Im Vordergrund der Arbeiten standen dabei zunächst die ausgedehnten Ruinenkomplexe. Insbesondere innerhalb der jeweiligen Ruinen konnten mit Hilfe der geophysikalischen Befunde eine Vielzahl neuer und zum Teil überraschender Erkenntnisse gewonnen werden.

Zunächst wurde die Ruine Umm Ruweim 1 (Site 400) und ihre nähere Umgebung (Site 426) geomagnetisch vermessen. Hierbei zeigte sich, dass sich in den Höfen bzw. Korridoren zwischen den jeweiligen Raumkränzen, insbesondere im unteren Hofumgang, eine Vielzahl unterschiedlicher Anomalien erhöhter Magnetisierung befinden. Vor allem im nördlichen Korridor konnten zwei kreisrunde Anomalien aufgefasst werden, die wahrscheinlich als verfüllte Gruben zu interpretieren sind – die sehr regelmäßige Form und Anordnung dieser Gruben macht die Annahme, dass sie intentional angelegt wurden, zumindest möglich (Abb. 5).

Die Georadmessungen wurden im nördlichen, südlichen und westlichen Korridor sowie im zentralen Hof durchgeführt. Die Ergebnisse der Messungen vom südlichen Korridor sind in einer ausgewählten Zeitscheibe (Abb. 6) und einem Radargramm (Abb. 7) dargestellt, da eine Interpretation aus den

Radargrammen allein nicht möglich ist. Um die Verteilung der Reflexionen in der Fläche zu erkennen, werden die Meßdaten in Zeitscheiben umsortiert. Dies entspricht einem Planum in der archäologischen Grabung. Die Amplitude des reflektierten Signals wird für einen bestimmten Zeitbereich, hier 2 ns, aufaddiert. Dabei zeichnet sich vermutlich eine Grube im südlichen Korridor ab. Umgeben ist diese Grube von zwei kreisförmigen, konzentrischen Ringen, bei denen es sich eventuell um Reste einer Ziegeinfassung handeln könnte (Abb. 6 und Abb. 7).

Charakter und Funktion dieser Gruben liegen zunächst noch völlig im Dunklen, aber sowohl eine regelmäßige Anordnung in linearen Reihen als auch die teilweise Einfassung durch einen Ziegelring drängen den Vergleich zu Pflanzgruben und damit zusammenhängender Installationen in meroitischen Gartenanlagen auf.<sup>5</sup> Ob es sich bei den in Umm Ruweim aufgefassten Anomalien jedoch tatsächlich um eine vergleichbare Gartenanlage gehandelt haben könnte, oder ob hier doch eher Baurelikte oder völ-

<sup>5</sup> Zu Pflanzgruben allgemein s. Wenig & Wolf 1999, 29 ff. & 43, sowie Mucha & Scheibner 2001, 29; zu ziegelgefassten Pflanzgruben s. Macadam 1955, 58 & 226; Karberg 2004, 68.

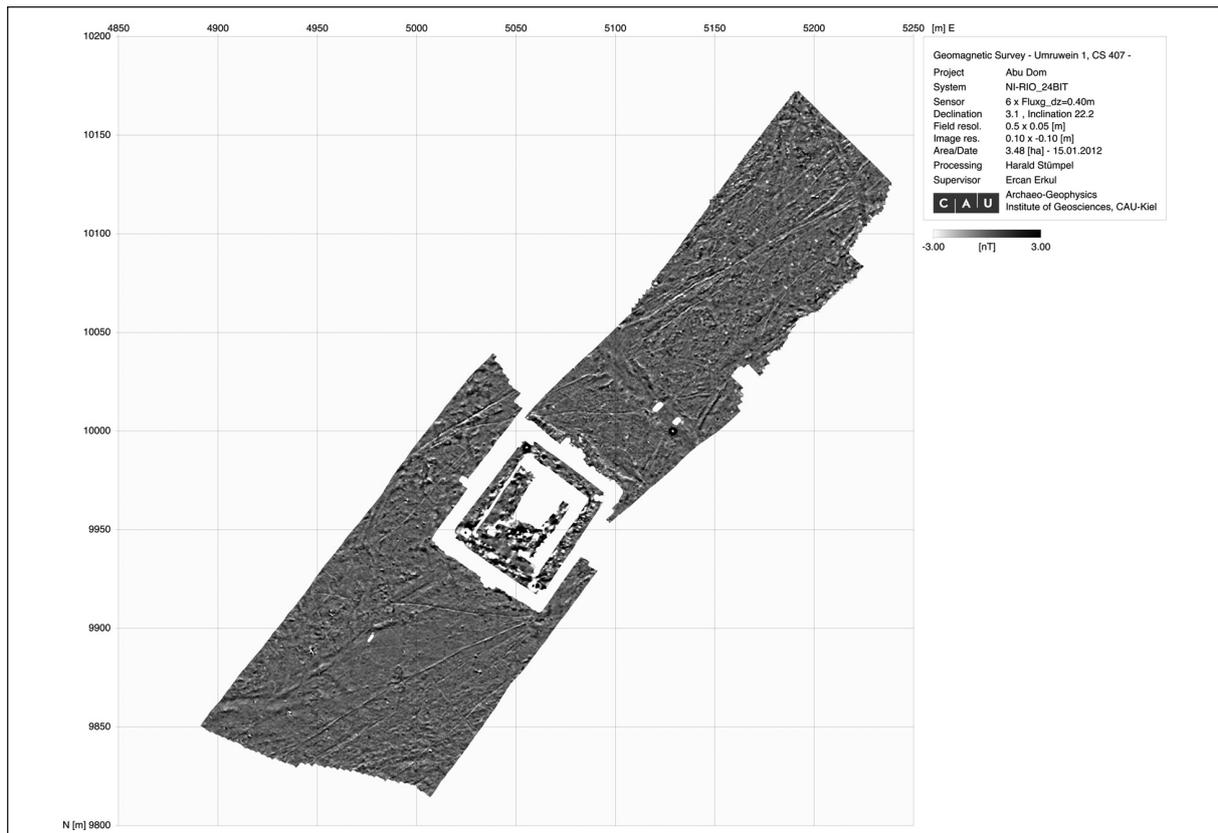


Abb. 5: Geomagnetische Karte der Ruine Umm Ruweim 1 und ihrer näheren Umgebung. (dunkle Grautöne stellen Bereiche höherer Magnetisierung dar).

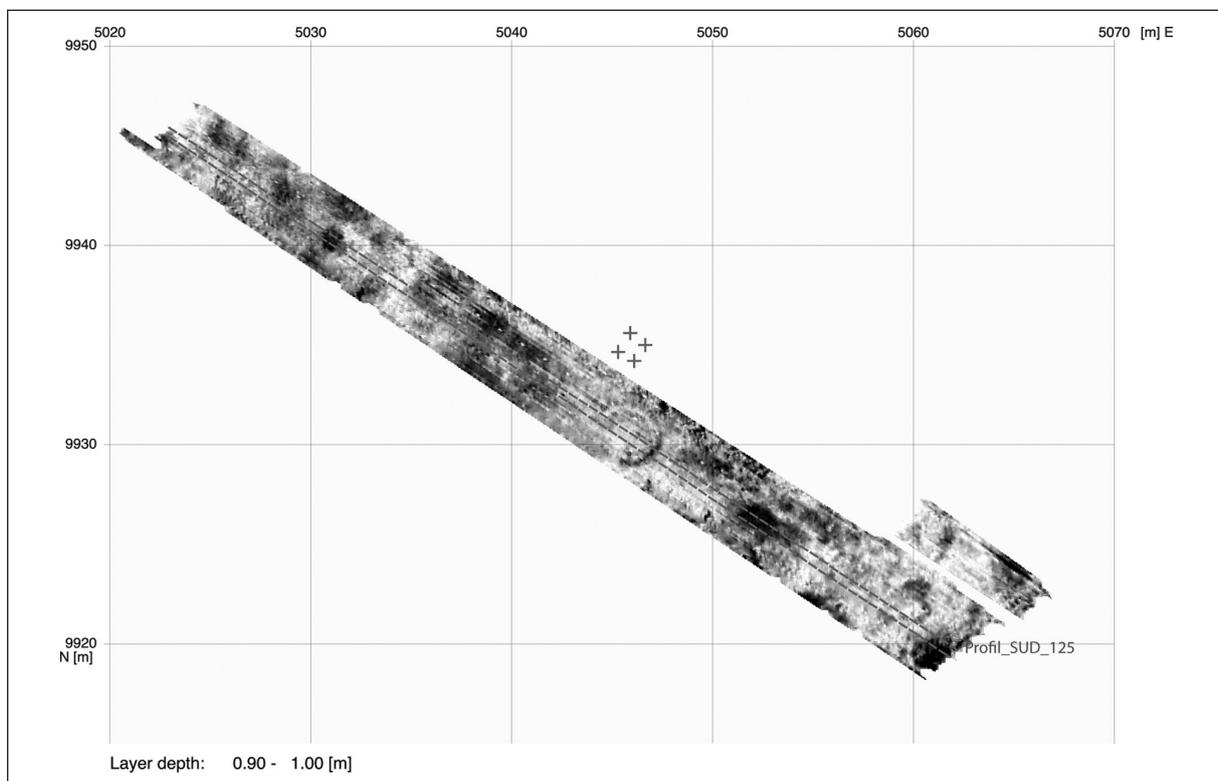


Abb. 6: Georadar-Tiefenscheibe von 90 cm bis 100 cm Tiefe im südlichen Korridor der Ruine Umm Ruweim 1. Rote Kreuze markieren früheren Grabungsschnitt und rote Linien die Lage von Georadarprofilen (dunkle Grautöne stellen Bereiche stärkerer Reflexionsenergie dar).

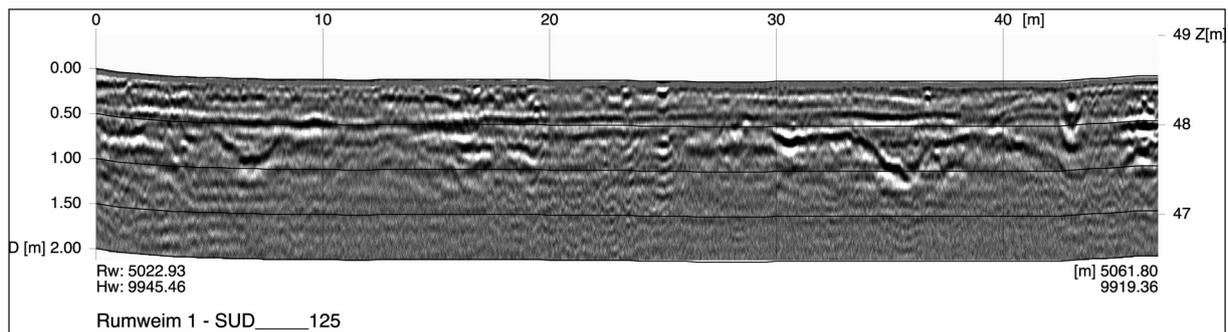


Abb. 7: Radargramm SUD\_125 im südlichen Korridor der Ruine Umm Ruweim 1 (dunkle Grautöne stellen Bereiche stärkerer Reflexionsenergie dar).

lig andersgestaltige Befunde vorliegen, könnte nur durch eine nähere Erforschung mittels konventioneller archäologischer Grabungsmethoden erfolgen, welche für die Zukunft geplant ist.

Besonders aufschlussreiche Befunde ergaben die geophysikalischen Prospektionen innerhalb der Einfriedungen Umm Ruweim 2 (Site 454) sowie Umm Khafour (Site 800). Diese wurden in der bisherigen Forschung und Literatur bislang nur sehr kurzfristig behandelt, verglichen mit den wesentlich besser erhaltenen und auf den ersten Blick komplexer wirkenden Ruinen von Umm Ruweim 1 und Quweib. Die beiden Einfriedungen wurden hin und wieder

als Tierpferche interpretiert, da sie in ihrem heutigen Zustand keinerlei Innenbebauung aufweisen. Wie die geomagnetischen und Bodenradar-Befunde zeigen, täuscht dieser Eindruck jedoch. Vielmehr wies der umbaute Raum von Umm Ruweim 2 eine auf quadratischer Grundform aufbauende Struktur auf, die wahrscheinlich als eine Raumanordnung aus Lehmziegelmauerwerk zu interpretieren ist (Abb. 8, 9). Im Zentrum der Anlage befinden sich zwei kreisrunde Strukturen, verbunden durch weitere Mauerzüge ähnlich einem Kral. Vor allem der Radarbefund deutete darauf hin, dass diese vermuteten Reste von Lehmziegelmauerwerk nur in einer Stärke

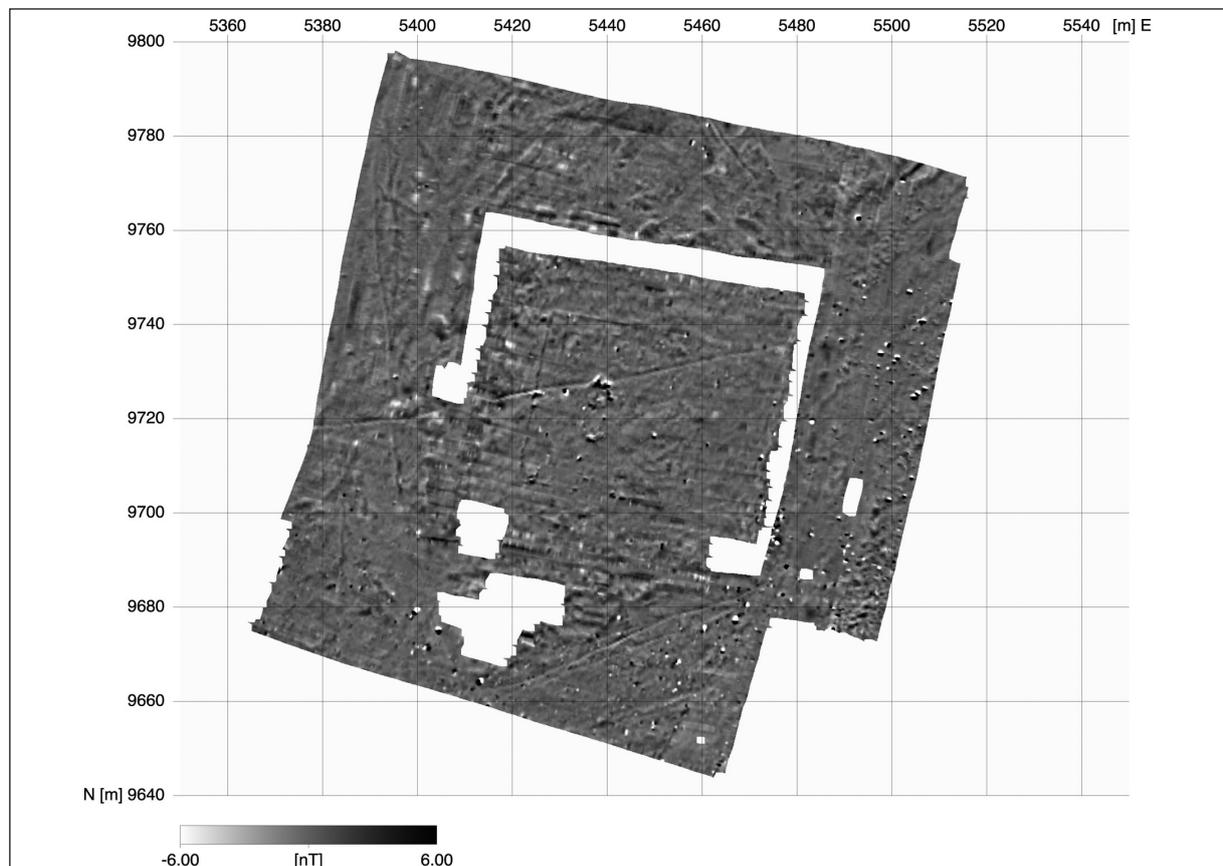


Abb.8: Geomagnetische Karte der Ruine Umm Ruweim 2 und ihrer näheren Umgebung (dunkle Grautöne stellen Bereiche höherer Magnetisierung dar).

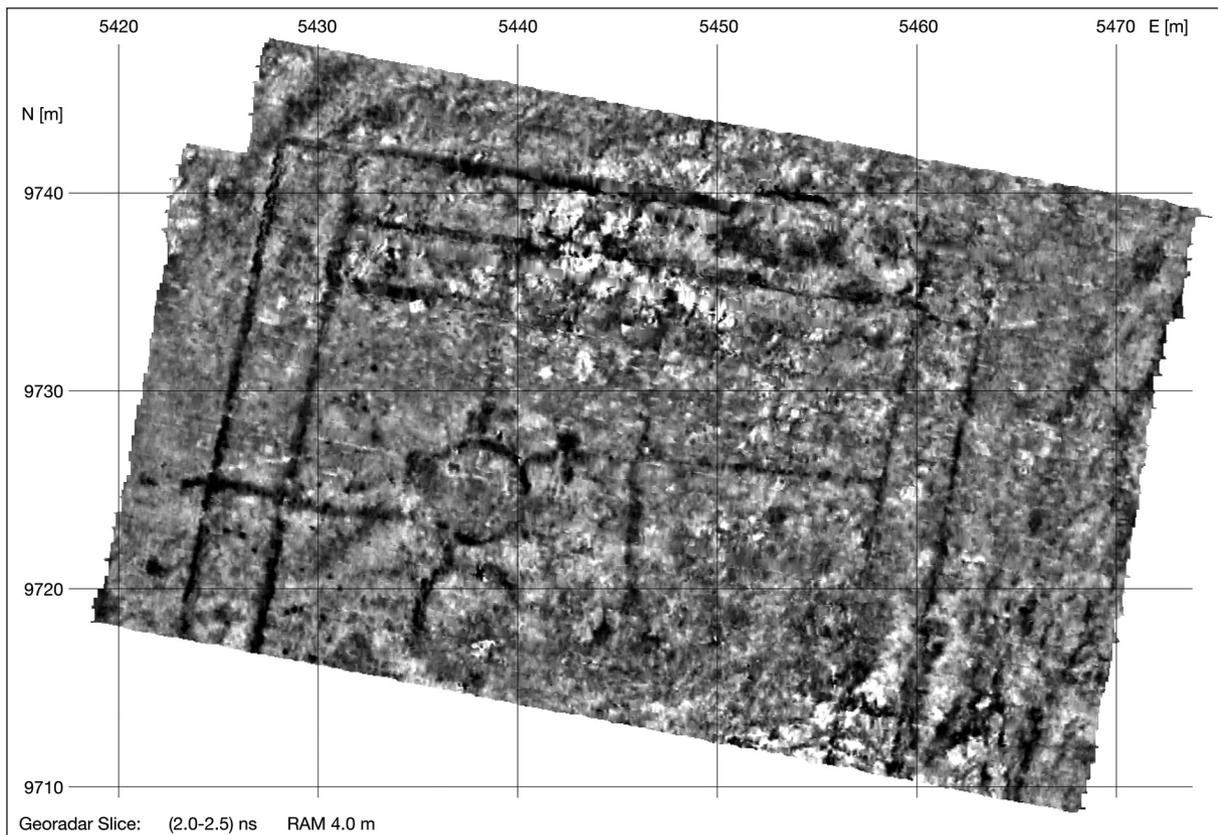


Abb. 9: Georadar-Zeitscheibe von 2.0 ns bis 2.5 ns im innen Bereich der Ruine Umm Ruweim 2 (dunkle Grautöne stellen Bereiche stärkerer Reflexionsenergie dar).

von wenigen Zentimetern erhalten sein dürften – dennoch erfordert der Nachweis einer komplexen Innenbebauung, den Charakter der Ruine von Umm Ruweim 2 grundsätzlich neu zu überdenken.

In Umm Khafour waren die Befunde weniger eindeutig; magnetische Anomalien lagen hier nur vereinzelt und unregelmäßig vor. Das Bodenradar hingegen zeigte einige schwache, aber regelmäßige Befunde, die auf eine ähnliche Innenbebauung aus Lehmziegelmauerwerk zurück gehen könnten wie in Umm Ruweim 2. Die geringere Intensität der Radarreflexionen weist jedoch darauf hin, dass der Erhaltungszustand dieser Lehmziegelarchitektur hier noch viel fragmentarischer sein dürfte als dort.

Weniger aufschlussreich blieb leider die Prospektion der Ruine von Quweib. Zwar konnten auch hier insbesondere in den Ergebnissen der geomagnetischen Messungen einige Anomalien entdeckt werden, diese waren jedoch zu kleinräumig und unstrukturiert, um daraus Erkenntnisse über eine mögliche Innenbebauung oder sonstige archäologische Befunde gewinnen zu können. Die Georadarzeitscheiben beinhalten Strukturen höherer Reflektionsenergie, welche ohne in-situ Informationen noch nicht interpretiert werden können.

Bei den Campsites 211, 345, 346 und 407, dem gemischten Site 205 sowie den unmittelbaren Vorplätzen der Ruinen von Umm Ruweim (Sites 426 & 455), Quweib (Site 601) und Umm Khafour (Site 602), wurden geomagnetische Messungen durchgeführt. Dabei wurden auch Oberflächenbefunde mit einem Diff.-GPS-Empfänger eingemessen und in die geomagnetischen Karten eintragen. Abbildungen 10 bis 12 stellen die Arbeitsweise und das Ergebnis an dem gemischten Site 205 dar.

Leider konnte die Geophysik bisher an den Campsites wenig aussagekräftige Befunde gewinnen. Zwar wurden auch an der Erdoberfläche sichtbare Features in den gemessenen geomagnetischen Karten ebenfalls abgebildet, jedoch konnten keine darüber hinausgehenden, zuvor unbekannt Strukturen aufgefasst werden. Auch ehemalige Feuerplätze konnten im geomagnetischen Befund nicht nachgewiesen werden – was offensichtlich der besonderen Bodenstruktur der Fluterrassen des Wadi Abu Dom geschuldet ist. Auf der anderen Seite konnten spektakuläre Erkenntnisse im Bereich der Ruinen von Umm Ruweim, Quweib und Umm Khafour gewonnen werden, die den Erfolg der geophysikalischen Methoden widerspiegeln.



Abb. 10: Geomagnetische Messungen am Site 205.



Abb. 11: Einmessung der Oberflächenbefunde am Site 205

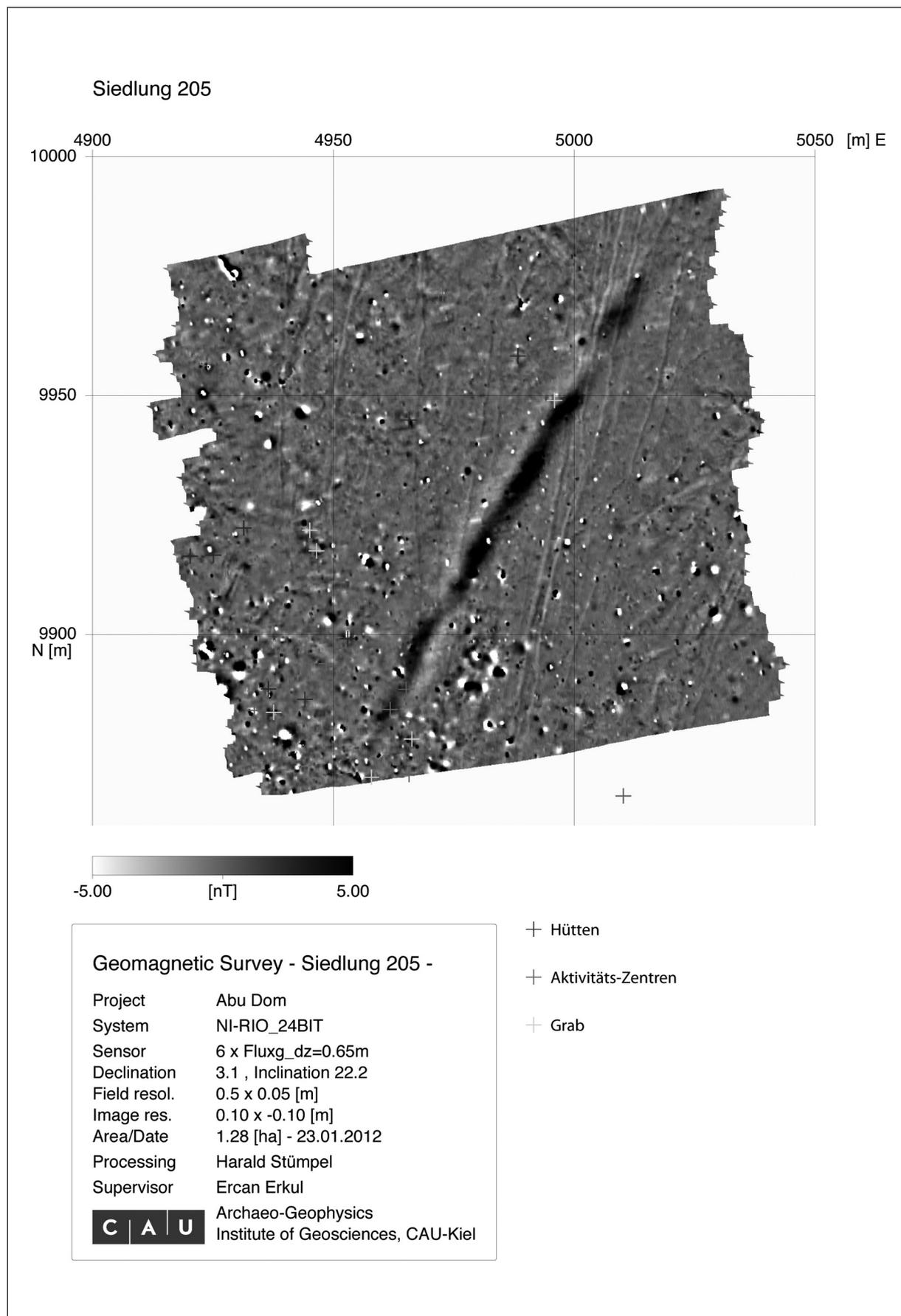


Abb. 12: Geomagnetische Karte, gemessen auf der Fläche des Site 205, mit eingemessenen Oberflächenbefunden.



## LITERATUR:

- Chittick, H.N. (1955). *An Exploratory Journey in the Bayuda Region*. *Kush* 3, 86-92.
- Eigner, D. & T. Karberg (2011). *W.A.D.I. 2011: Die Bauaufnahme der Ruine Umm Ruweim 1. Der antike Sudan*. *MittSAG* 22, 67-82
- Karberg, T. (2004). *Bericht über die archäologischen Untersuchungen in Hof 120 der Großen Anlage von Musawwarat es Sufra. Der antike Sudan*. *MittSAG* 15, 65-68
- Lenoble, P. (2004). *Un habitat sahélien préchrétien : le Hosh el-Kafir à el-Hobage (Soudan central), A.M.S Ne-36-O/7-O-6. Cahiers de recherches de l'Institut de Papyrologie et Égyptologie de Lille* 24, 115-141
- Lohwasser, A. (2009). *Ein archäologischer Survey an der Mündung des Wadi Abu Dom, Bayuda. Der Antike Sudan*. *MittSAG* 20, 101-116
- Lohwasser, A. (2010). *Das Projekt Wadi Abu Dom Itinerary (W.A.D.I.) Kampagne 2010. Der antike Sudan*. *MittSAG* 21, 37-50
- Lohwasser, A. (2011). *Das Projekt Wadi Abu Dom Itinerary (W.A.D.I.), Kampagne 2011. Der antike Sudan*. *MittSAG* 22, 59-68
- Macadam, M.F.L. (1955). *The Temples of Kawa II. History and Archaeology of the Site*. London
- Mucha, R. & T. Scheibner (2001): *Untersuchungen in den Höfen 115, 116, 117 und 120 der Großen Anlage von Musawwarat es Sufra. Der antike Sudan*. *MittSAG* 11, 24-29
- Wenig, St. & P. Wolf (1999): *Feldarbeiten des Seminars für Sudanarchäologie und Ägyptologie der Humboldt-Universität in Musawwarat es Sufra – Dritte Hauptkampagne, 13.1.1997 – 11.4.1997*. *MittSAG* 9, 24-43

## SUMMARY

This year, at several sites of the lower Wadi Abu Dom geophysical prospection was carried out, using an array of 6 geomagnetic fluxgate probes, and a ground penetrating radar device with a 400 MHz antenna.

At Umm Ruweim 1, the prospection showed several anomalies maybe to be interpreted as filled pits within the outer courtyard. At Umm Ruweim 2 and Umm Khafour, revealed the fact that inside the enclosures some complex arrangements of rectangular room alignments and round buildings, most probably made of mud brick, have existed, but are not visible at all at today's ground surface.

At Quweib, the prospection revealed no structures other than those still visible at the surface today.

At several camp sites and settlement structures, the anomalies documented during the prospection proved to be indifferent – maybe due to the specific geological structure of the soil not supporting especially geo-magnetic prospection methods. Further research would be necessary to develop more successful strategies of geophysical prospection under these circumstances.